

Konsekvenser av att använda förenklade lagerstyrningsmetoder

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

I svensk industri används i stor utsträckning mycket förenklade modeller och tillvägagångssätt vid lagerstyrning. Enligt den PLAN-studie som genomfördes 2005 i svenska företag använde endast något mer än en tredjedel någon form av beräkningar som tog hänsyn till kostnadskonsekvenser vid bestämning av orderstorlekar. Övriga uppskattade orderstorlekarna baserat på intuition, erfarenhet, tradition eller andra former av subjektiva bedömningar. Förhållandena är likartade vid bestämning av säkerhetslager. Endast en tredjedel av företagen dimensionerade sina säkerhetslager med utgångspunkt från en önskad leveransförmåga i form av servicenivå. Resterade två tredjedelar uppskattade säkerhetslagrens storlek baserat på intuitiva och erfarenhetsmässiga bedömningar utan koppling till önskad leveransförmåga, ledtidslängder och efterfrågevariationer.

Erfarenhetsmässigt har det visat sig att orderstorlekar och säkerhetslager ofta uppskattas i proportion till efterfrågans storlek. Exempelvis gäller detta om man utgår från ett manuellt uppskattat antal dagars behov för att bestämma orderstorlekar och en manuellt uppskattad säkerhetstid att beräkna säkerhetslager. Man kan kalla de använda metoderna för proportionalitetsmetoder. Att använda sådana metoder ger resultat som mer eller mindre avviker från de resultat som erhålls med mer kvalificerade metoder. Det projekt som redovisas här belyser effekterna av att använda lagerstyrningsmodeller som har proportionalitetssegenskaper, dels med avseende på vilken påverkan man får i form av kapitalbindning och erhållna servicenivåer och dels med avseende på i vilken utsträckning efterfrågesvängningar förstärks och bullwhipeffekter uppstår jämfört med användning av mer kvalificerade tillvägagångssätt. Utvärderingarna baseras på simulering av ett artikelsortiment med hjälp av Excel.

1 Inledning

Lagerstyrning är ett sedan länge etablerat område inom logistiken och en viktig tillämpning för både tillverkande och distribuerande företag. Med effektiva metoder, processer och styrande system för lagerstyrning kan både kostnader, kapitalbindning och leveransförmåga påverkas på ett avgörande sätt och skapa konkurrensfördelar för företaget. Detta gäller bland annat bestämning av orderstorlekar och säkerhetslager.

För att bestämma någon form av optimala orderstorlekar och säkerhetslager finns det sedan tidigt 1900-tal ett stort antal olika metoder till förfogande, de flesta av praktiskt

intresse beskrivna i merparten av alla grundläggande läroböcker i logistik. Det finns också en omfattande erfarenhet av att använda dem i praktisk tillämpning, framför allt i stora företag. Den absoluta merparten av alla affärssystem som finns på marknaden stöder på olika sätt också användning av sådana metoder. Trots detta tillämpas i mycket stor utsträckning ett mycket förenklat förfaringssätt i de flesta företag, tillvägagångssätt som bygger på att orderstorlekar såväl som säkerhetslager uppskattas manuellt utan att några kvantitativa beräkningar av kostnads- och kapitalbindningskonsekvenser eller av konsekvenser för leveransförmåga görs. Oftast rubriceras tillvägagångssätten som att orderstorlekar och säkerhetslager sätts baserat på erfarenhet. Detta är ett påstående som nog i de flesta sammanhang kan ifrågasättas. Eftersom man aldrig får möjligheter att följa upp konsekvenserna av beslutade kvantiteter för enskilda artiklar i form av resulterande kostnader och kapitalbindning kan man knappast tala om att man kan lära sig av erfarenhet. Även om man gjorde sådana uppföljningar skulle det ta åtskilliga år av experimenterande för att kunna underbygga sina slutsatser vilket naturligtvis inte är vare sig möjligt eller lämpligt. Man kan av uppenbara skäl inte tillåta sig att experimentera med så avgörande företeelser som exempelvis företagets leveransförmåga. Det är inte heller en framkomlig väg av den anledningen att den miljö företaget verkar i ständigt förändras, exempelvis vad gäller produkter och efterfrågestrukturer.

Wilkinson (1996) bedömer med utgångspunkt från omfattande erfarenheter från brittisk industri att endast 10 % av alla företag baserar sina säkerhetslager på matematiska beräkningar. En liknande uppfattning har Sandvig (1998) om förhållandena i amerikansk industri. Han anser att en förvånansvärt stor andel använder otidsenliga och överförenklade metoder för att beräkna säkerhetslagerdelen av sina beställningspunkter och menar att de flesta inte ens är medvetna om att de gör det. Enligt en surveyundersökning i amerikanska företag beräknade endast 32 % av företagen sina säkerhetslager med utgångspunkt från en specificerad servicenivå (Davis, 1994). En motsvarande undersökning i svenska företag visade att storleksordningen 35 % använde sig av beräkningsmodeller som utgick från en önskad servicenivå (Jonsson och Mattsson, 2005). Samma undersökning visade också att endast cirka 41 % använde sig av beräkningsmodeller för att bestämma orderstorlekar.

De tillvägagångssätt som används vid bestämning av orderstorlekar och säkerhetslager innebär ofta att kvantiteterna i stor utsträckning sätts i proportion till historisk efterfrågan. Man skulle med ett gemensamt namn kunna kalla dessa vanliga förenklade tillvägagångssätt för proportionalitetsmetoder. Erfarenhetsmässigt har det visat sig vara ett sätt att tänka när man rent bedömningsmässigt fastställer orderstorlekar och säkerhetslagerkvantiteter. Använder man andra förenklade beräkningsmetoder som i grunden också bygger på bedömningar är situationen densamma. Exempelvis gäller detta när man fastställer orderstorlekar som ett visst antal veckors behov, dvs. när man använder metoder som bygger på önskad behovstäckningstid, eller från ett visst antal order per år. Enligt ovan refererade undersökning om materialplaneringsmetoder i svensk industri användes en rent erfarenhetsmässig uppskattning av orderstorlekar i 29 % av företagen och en beräkning baserad på uppskattat antal veckors efterfrågan i 30 % av företagen.

Motsvarande proportionalitetstänkande förekommer vid bestämning av säkerhetslager. Här är det exempelvis fråga om regler av typ ”tre veckors efterfrågan”, ”procent av årsbehov” eller ”ett procentuellt tillägg på ledtidsbehov”. Enligt undersökningen om materialplaneringsmetoder ovan använde 44 % av företagen tidsrelaterade beräkningar av det

här slaget och 21 % lät säkerhetslagret ingå som en tilläggskvantitet i beställningspunkten.

En ytterligare konsekvens av användningen av förenklade tillvägagångssätt, utöver att erhållna kvantiteter kan ifrågasättas ur kostnads- och leveransservicesynpunkt, är att de bidrar till att de uppskattade värdena uppdateras väldigt sällan. Baseras bestämningen av orderstorlekar och säkerhetslager på någon form av optimerande beräkningar kan värdena enkelt hållas aktuella genom återkommande datorkörningar, dvs utan nämnvärda arbetsinsatser. Med manuellt satta värden blir situationen helt annorlunda eftersom all uppdatering måste ske manuellt. Enligt den refererade undersökningen uppdateras både orderstorlekar och säkerhetslager en gång per år eller mer sällan i storleksordningen två tredjedelar av företagen.

Med anledning av dessa förhållanden kan man ställa sig två frågor. Den ena är varför en övervägande andel företag använder sig av sådana starkt förenklade tillvägagångssätt för att styra sina lager och den andra är vilka konsekvenser detta kan få för lönsamhet, konkurrensförmåga och kapitalbindning. Trots allt kan man med tämligen lättförståeliga men ändå teoretisk relevanta beräkningsmodeller uppnå påtagligt effektivare materialstyrning. Detta är de flesta lagerstyrningsexperten överens om och det har bland andra påvisats av Sandvig och Reistad (2000).

Det är den senare frågan som det projekt som avrapporteras här skall försöka besvara i några olika avseenden. Mera konkret har följande forskningsfrågor studerats inom ramen för projektet

Hur påverkas kapitalbindningen av användning av proportionalitetsmetoder jämfört med optimerande metoder för bestämning av orderstorlekar vid lika antal inleveranser per år?

Hur påverkas bullwhipeffekten av användning av proportionalitetsmetoder jämfört med optimerande metoder för bestämning av orderstorlekar?

Hur påverkas kapitalbindningen i säkerhetslager av användning av proportionalitetsmetoder jämfört med servicenivåbaserade beräkningsmetoder vid samma önskad servicenivå?

Hur mycket påverkas kapitalbindning och servicenivå av att orderstorlekar, ledtider och säkerhetslager inte uppdateras i takt med förändringar som sker?

2 Angreppssätt

För att besvara de olika forskningsfrågorna har en analys och utvärdering genomförts med hjälp av simulering i Excel och makroprogram skrivna i Visual Basic. Som lagerstyrningsmetod har ett beställningspunktssystem av traditionell typ använts. Att beställningspunktssystem valts beror på att det är användarvänligt i simuleringssammanhang. Samma resultat skulle erhållits om andra lagerstyrningsmetoder använts. Med hjälp av simuleringen har dagliga uttag, kontroller av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldon och disponibelt saldon gjorts. Simuleringarna har omfattat 6000 dagar motsvarande 25 år.

Simuleringarna har baserats på 100 olika artiklar med olika efterfrågestrukturer. Efterfrågan per dag för en viss artikel 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 generera kundorderkvantiteter. Inga trender eller säsongvariationer förekommer utan endast slumpmässiga variationer. Karakteristiska data för de olika artiklarna framgår av följande sammanställning.

Efterfrågan per år från 200 st till 12.000 st
Efterfrågevariationer per månad från +/- 10 % till +/- 50 %
Ledtider från 5 till 20 dagar
Pris per styck från 10 till 200 kr

En volymvärdeanalys på det använda artikelsortimentet visar att cirka 22 % av artiklarna svarar för cirka 80 % av omsättningen.

För de forskningsfrågor som berör orderstorlekar har erhållen kapitalbindning vid användning av proportionalitetsmetoder jämförts med den kapitalbindning som skulle erhållits om man i stället använt ekonomisk orderstorlek.

För de forskningsfrågor som berör säkerhetslager har användning av proportionalitetsmetoder jämförts med en metod som bygger på säkerhetslagerberäkning från en given servicenivå. Denna har satts till 97 % definierad som fyllnadsgrad, dvs. som andelen av efterfrågan som kan levereras direkt från lager utan fördröjning. Beräkningarna har baserats på hänsyn till överdrag och användning av verklig efterfrågefördelning i stället för normalfördelning eller någon annan standardfördelning (Mattsson, 2007). Två proportionalitetsmetoder har använts

3 Proportionalitetsmetoder vid bestämning av orderstorlekar

Baserat på erfarenheter från ett antal företag förefaller det finnas en tendens till att vid bedömningsmässig uppskattning av lämplig orderstorlek tänka proportionellt, dvs att i större eller mindre utsträckning välja orderstorlekar i proportion till efterfrågans storlek. Sådana beteenden har också observerats vid genomförande av lagerstyrningskurser för praktiskt verksamma personer. När deltagare på dessa kurser intuitivt fått uppskatta orderstorlekar med utgångspunkt från givna efterfrågedata har resultaten ofta motsvarat ett sådant proportionalitetstänkande. Ett annat typiskt tänkesätt som också medför proportionalitet mellan orderstorlek och efterfrågans storlek är att utgå från orderfrekvens, exempelvis att beställa 6 gånger per år. Likaså uppstår proportionalitetsförhållanden när man använder metoder som bygger på bedömningsmässigt önskad behovstäckningstid, exempelvis ett visst antal veckors behov. Som framgick ovan använder nästan trettio procent av svenska tillverkande företag denna metod för att bestämma orderstorlekar.

Proportionalitetsförfarandet innebär att orderstorleken i större eller mindre utsträckning sätts proportionell mot efterfrågan medan användning av metoder som bygger på ekonomiska beräkningar innebär att orderstorleken blir proportionell mot kvadratroten av efterfrågan. Vid användning av proportionalitetsmetoder kommer med andra ord högomsatta artiklar att få en för stor orderstorlek och lågomsatta en för liten. Eftersom

högomsatta artiklar representerar större värden riskerar resultatet att bli en onödigt hög kapitalbindning och onödigt höga kostnader.

Givetvis tar man i många fall när bedömningsmetoder används också hänsyn till andra faktorer än efterfrågans storlek, exempelvis priset på respektive artikel. Detta kan förväntas ge ett mer korrekt utfall och man kan därför betrakta metoden att sätta orderstorlekar helt proportionella mot efterfrågans storlek som något av "worst case". Genom att jämföra den kapitalbindning som erhålls med en sådan metod med den som erhålls genom användning av ekonomisk orderstorlek kan man få en uppfattning om den maximala förbättringspotentialen av att använda beräkningsmetoder för bestämning av ekonomiska orderstorlekar.

I det här projektet har jämförelserna baserats på det i föregående avsnitt redovisade artikelsortimentet och på att en order per månad använts som proportionalitetsmetod. Val av ordersärkostnad spelar en stor roll vid sådana jämförelser. För att undvika detta problem har i stället antalet order med båda beräkningsalternativen satts lika och därmed innebära samma total ordersärkostnad per år. Genom att använda proportionalitetsmetoden med en orderstorlek motsvarande en behovstäckningstid på en månad blir antalet order per år sammanlagt 1200 st per år för det studerade artikelsortimentet. Ordersärkostnaden vid användning av ekonomisk orderstorlek blev då 225 kr med utgångspunkt från samma antal order.

Resultaten av jämförelserna visas i tabell 1. Som framgår av tabellen blir kapitalbindningen 75 % högre om man använder den valda proportionalitetsmetoden jämfört med att använda ekonomisk orderstorlek.

Tabell 1 Jämförelse mellan erhållen kapitalbindning vid användning av ekonomisk orderstorlek och användning av en behovstäckningstid på 20 dagar

<i>Kapitalbindning med ekonomisk orderstorlek i tusen kr</i>	<i>Kapitalbindning med proportionalitetsmetod i tusen kronor</i>	<i>Skillnad</i>
1.080'	1.892'	+ 75 %

Ett beteende som observerats när orderstorlekar bestäms baserat på manuella bedömningar är att man också beaktar en artikels pris när orderfrekvens eller behovstäckningstid väljs. Exempelvis beställs dyra artiklar oftare än billiga artiklar vilket också är teoretiskt. För att också studera konsekvenserna av ett sådant beteende har artikelsortimentet delats in i tre prisgrupper vardera med en tredjedel av artiklarna; grupp I för artiklar med priser högre än 120 kr, grupp II för artiklar med priser mellan 60 och 120 kr samt grupp III med artiklar med priser lägre än 60 kr. Antal order per år för grupp III har anpassats så att det totala antalet order per år fortfarande blir 1.200 stycken för att få jämförbarhet med användning av ekonomisk orderstorlek. Kapitalbindningsskillnaderna för några olika fall av differentierade orderfrekvenser för var och en av dessa prisgrupper framgår av tabell 2.

Tabell 2 Kapitalbindningsskillnader vid användning av olika orderfrekvenser per prisgrupp

<i>Antal order per år för olika prisgrupper</i>	<i>Kapitalbindning med proportionalitetsmetod i tusen kronor</i>	<i>Skillnad jämfört med ekonomisk orderstorlek</i>
I: 20, II:10, III:3	2.221'	+ 166 %
I: 18, II:12, III:4	1.958'	+ 81 %
I: 18, II:10, III:6	1.868'	+ 73 %

Resultaten enligt tabellen visar att ett sådant beteende i vissa fall är likvärdigt jämfört med att inte ta någon hänsyn alls till priset medan det i andra fall kan leda till klara försämringar i form av ytterligare högre kapitalbindning.

Ett annat beteende som observerats och som också kan motiveras teoretiskt är att respektive artikels efterfrågan beaktas när orderfrekvens eller behovstäckningstid väljs, exempelvis att artiklar med högre efterfrågan beställs oftare än artiklar med lägre efterfrågan. För att studera vad ett sådant beteende kan innebära har artikelsortimentet delats in i tre lika stor grupper, grupp I avseende artiklar med en årsefterfrågan större än 3.000 stycken, grupp II avseende artiklar med en årsefterfrågan på mellan 700 och 3.000 stycken samt grupp III avseende artiklar med en årsefterfrågan på mindre än 700 stycken. Olika orderfrekvenser har sedan använts för var och en av grupperna. Orderfrekvensen för grupp I-artiklar har satts så att antalet order per år blir oförändrat 1.200 stycken. Resulterande kapitalbindning för tre fall av differentierade orderfrekvenser visas i tabell 3.

Tabell 3 Kapitalbindningsskillnader vid användning av olika orderfrekvenser per grupp av artiklar

<i>Behovstäckningstider för olika volymvärdeklasser i dagar</i>	<i>Kapitalbindning med proportionalitetsmetod i tusen kronor</i>	<i>Skillnad jämfört med ekonomisk orderstorlek</i>
I: 15, II:12, III:9	1.574'	+ 46 %
I: 18, II:12, III:6	1.397'	+ 29 %
I: 24, II:8, III:3	1.276'	+ 18 %

Som framgår av tabellen blir skillnaderna mellan den kapitalbindning som ekonomisk orderstorlek ger upphov till och den kapitalbindning som proportionalitetsmetoden ger upphov till betydligt mindre om orderfrekvensen sätts i förhållande respektive artikels omsättning. Även om hänsyn till omsättning ger en klart lägre kapitalbindning, är skillnaderna relativt de som erhålls med ekonomisk orderstorlek fortfarande på intet sätt försumbara.

Man kan visa att optimal orderfrekvens är proportionell mot roten ut artikelpriset och roten ur efterfrågan om ordersärkostnaderna och lagerhållningskostnaderna i procent är lika för alla artiklar. Man skulle då förvänta sig att effekterna på kapitalbindningen av att ta hänsyn till pris respektive efterfrågan vid val av orderfrekvenser skulle vara likartade. Att så inte är fallet här beror på att efterfrågans storlek i styck avser mycket större tal än vad priserna gör. Hade artikelpriserna varit mycket höga och efterfrågan i styck mycket låg hade det motsatta utfallet erhållits. Minimal kapitalbindningsskillnad får

man om orderfrekvensen differentieras efter volymvärde, dvs efter pris och efterfrågan samtidigt.

4 Bullwhipeffekter och proportionalitetsmetoder

Med bullwhipeffekt menas den förstärkning av efterfrågevariationer som uppkommer i varje led uppströms en försörjningskedja. Enligt Lee (1997) beror sådana förstärkningar av efterfrågevariationer i första hand på att prognoser baseras på order från företag nerströms försörjningskedjan, på stora orderstorlekar, på prisfluktuationer samt på psykologiska effekter och brist på informationsutbyte vid bristsituationer i försörjande lager. Eftersom proportionalitetsmetoder för bestämning av orderstorlek tenderar att medföra större orderstorlekar för högomsatta artiklar finns det också skäl att tro att de medför större bullwhipeffekter än metoder som bygger på någon form av ekonomisk optimering. För att studera i vilken utsträckning detta är fallet har simuleringar med den modell som beskrevs i avsnitt 2 genomförts. Med utgångspunkt från den genererade efterfrågan för de artiklar som inkluderats i studien har order för att fylla på lagret genererats med hjälp av ett beställningspunktssystem. Dessa order representerar efterfrågan i nästa led av försörjningskedjan, exempelvis efterfrågan på kapacitet i den verkstad som tillverkar produkterna. Orderna har genererats med partiformningsmetoderna ekonomisk orderstorlek, en behovstäckningstid på 20 dagar samt differentierade behovstäckningstider med 10 dagar för A-artiklar, 20 dagar för B-artiklar samt 32 dagar för C-artiklar. Standardavvikelsen för den totala efterfrågan före lagret och efter lagret har därefter beräknats för de tre alternativa partiformningsmetoderna.

Bullwhipeffekt brukar mätas och uttryckas som förhållandet mellan variansen på efterfrågan in till ett lager och variansen på efterfrågan ut från ett lager, dvs enligt följande formel. Se exempelvis Fransoo och Wouters (2006).

$$bwp = \frac{\sigma_{ut}^2}{\sigma_{in}^2}$$

där σ_{ut} = efterfrågans standardavvikelse ut från en lagerpunkt och

σ_{in} = efterfrågans standardavvikelse in till en lagerpunkt

Ett alternativt sätt att uttrycka skillnaderna i efterfrågevariationer in till en lagerpunkt och ut från en lagerpunkt är att beräkna den relativa variationsbredden för respektive efterfrågan som procent av medelefterfrågan. Praktiskt sett kan detta åstadkommas genom att beräkna hur stora två standardavvikelser är i procent av medelefterfrågan, i båda fallen uttryckta över en lika stor tidsperiod. Man täcker då in 95 % av hela den variationsbredd som efterfrågevariationerna representerar. Denna variationsbredd i +/- ett antal procent för efterfrågan in till företaget kan då, om det är frågan om ett tillverkande företag, tolkas som variationen i beläggning från exempelvis månad till månad om ingen partiformning sker utan att man tillverkar direkt mot inkomna kundorderkvantiteter. För efterfrågan ut från ett lager kan variationsbredden på motsvarande sätt tolkas som variation i beläggning från månad till månad om tillverkning sker mot lager med givna orderstorlekar.

Både bullwhipeffekt och relativ variationsbredd har använts för att studera skillnader mellan olika partiformningsmetoder. Resultaten framgår av tabell 4.

Tabell 4 Bullwhipeffekt och variationsbredd vid användning av olika partiformningsmetoder

<i>Partiformningsmetod</i>	<i>Bullwhipeffekt</i>	<i>Variationsbredd</i>
Ekonomisk orderstorlek	11,0	+/- 45 %
Gemensam behovstäckningstid	29,4	+/- 74 %
Differentierad behovstäckningstid	17,3	+/- 57 %

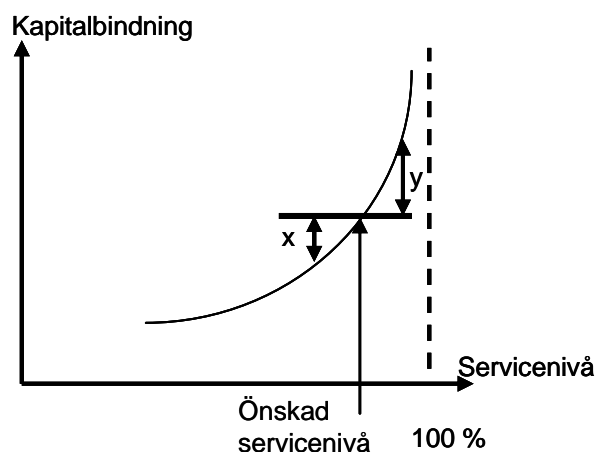
Av tabellen framgår att bullwhipeffekten blir nästan tre gånger så stor om man använder en gemensam behovstäckningstid på 20 dagar för alla artiklar, dvs en strikt tillämpning av proportionalitetsprincipen, och beläggningsvariationerna från månad till månad ökar från 45 % till 74 %. Det kan noteras att de beläggningsvariationer som skulle erhållits baserat på inboundefterfrågan, dvs. med en tillverka mot orderstrategi utan partiformning skulle bli cirka 13 %.

5 Proportionalitetsmetoder vid bestämning av säkerhetslager

Proportionalitetsmetoder används i minst lika stor utsträckning vid bestämning av säkerhetslager. Som nämndes i inledningen är exempelvis säkerhetslagerbestämning baserad på ”tre veckors efterfrågan”, ”procent av årsbehovet” och ”ett procenttillägg på ledtidens behovet” vanligt förekommande. Med sådana metoder blir säkerhetslagret i större eller mindre utsträckning proportionellt mot efterfrågans storlek. Ett säkerhetslager som kan ge en önskad servicenivå med så låg kapitalbindning som möjligt skall emellertid i stället snarast vara proportionellt mot efterfrågevariationerna under ledtid.

Även om det är tveksamt möjligt kan man i princip med enkla proportionalitetsmetoder successivt anpassa tids- respektive procentmåttens så att man i medeltal för alla artiklar kan komma i närheten av en målsatt servicenivå. Servicenivån för enskilda artiklar kommer emellertid alltid att i större eller mindre utsträckning avvika från den nivå man egentligen önskar. För vissa artiklar blir den erhållna servicenivån högre, för andra lägre än den önskade. Ju mindre tillfredsställande beräkningsmodellen är, desto mer kommer de erhållna servicenivåerna för enskilda artiklar att avvika från den önskade, dvs desto längre kommer den vågräta linjen i figur 1 att bli. Detta leder i sin tur till att mindre kvalificerade beräkningsmetoder medför en högre kapitalbindning vid samma medelservicenivå av följande skäl.

Eftersom kurvan som visar sambandet mellan servicenivå och kapitalbindning är progressiv kommer avståndet till kurvan att vara större för servicenivåer som är högre än den önskade, y i figuren, än avståndet till kurvan för servicenivåer som är lägre än den önskade, x i figuren. Detta är detsamma som att summan av de översäkerhetslager som uppstår för artiklar med för höga servicenivåer är större än summan av de undersäkerhetslager som uppstår för artiklar med för låga servicenivåer. Eftersom 100 procent servicenivå utgör en absolut gräns förekommer det vid höga önskade servicenivåer dessutom fler artiklar med servicenivåer högre än den önskade och motsvarande medelservicenivån än artiklar med servicenivåer lägre än den önskade.



Figur 1 Samband mellan kapitalbindning och servicenivå

Till en ökad kapitalbindning vid användning av mindre kvalificerade lagerstyrningsmetoder bidrar också att det i första hand är de högomsatta artiklarna som får för höga servicenivåer eftersom dessa är lättare att uppnå höga servicenivåer för därför att de tenderar att ha en jämnare efterfrågan. De högomsatta artiklarna bidrar dessutom relativt sett mer till kapitalbindningen i säkerhetslager än vad de lågomsatta gör.

Tabell 5 Effekter av att använda proportionalitetsmetoder vid beräkning av säkerhetslager jämfört med servicenivåbaserad beräkning

Beräkningsmetod	Ökad kapitalbindning	Andel artiklar med servicenivåer > 97 %	Andel artiklar med servicenivåer < 95 %
Beräknad från servicenivå		50 %	0 %
Beräknad som 3 dagars efterfrågan	+ 197 %	60 %	19 %
Beräknad som 25 % tillägg till efterfrågan under ledtid	+ 178 %	61 %	20 %

I den här studien har följande två proportionalitetsmetoder studerats och jämförts med en metod som direkt kan beräkna säkerhetslager med utgångspunkt från en given servicenivå; säkerhetslager lika med ett antal dagars efterfrågan samt säkerhetslager lika med ett procentpåslag på efterfrågan under ledtid. För att få jämförbarhet med avseende på kapitalbindning i säkerhetslager har antalet dagar respektive procentpåslag anpassats så att en medelservicenivå för hela artikelsortimentet på 97 % uppnås och därmed likvärdigt den servicenivå som erhålls med genom direkt beräkning. Antal dagar som medförde en medelservicenivå på 97 % var 3,1 och procentpåslaget 24,9. Resultaten från simuleringarna redovisas i tabell 5.

Som framgår av tabellen blir kapitalbindningen mer än dubbelt så hög vid användning av de analyserade proportionalitetsmetoderna för säkerhetslagerbestämning jämfört med om kvalificerade metoder som utgår från önskad servicenivå används. Det framgår också att andelen artiklar som får en onödigt hög servicenivå är klart högre än andelen som får för låg servicenivå i enlighet med resonemangen ovan. Dessutom kan noteras att

proportionalitetsmetoderna ger upphov till att åtskilliga artiklar får mycket låga servicenivåer. Vidare analyser har också visat att skillnaderna i kapitalbindning ökar med ökande servicenivå.

På motsvarande sätt som vid användning av volymvärdeklassificering vid bestämning av orderstorlekar kan en differentiering av antal dagar respektive procenttillägg efter hur mycket en planerare bedömer att efterfrågan varierar. För att efterlikna ett sådant beteende har efterfrågevariationerna här uttryckts som variationskoefficienter per månad och i analysen har artiklarna delats upp i tre olika klasser, I, II och III, vardera med en tredjedel av artiklarna. Klass III avser artiklar med högst efterfrågevariation. Endast fallet med procenttillägg har analyserats. Resultaten från simuleringarna sammanfattas i tabell 6.

Tabell 6 Effekter av att använda differentierade proportionalitetsmetoder vid beräkning av säkerhetslager jämfört med servicenivåbaserad beräkning

<i>Procenttillägg för olika variationsklasser</i>	<i>Ökning av kapitalbindning jämfört med beräkning från önskad servicenivå</i>
I: 10, II:25, III:40	+ 40 %
I: 15, II:25, III:35	+ 81 %
I: 20, II:25, III:30	+ 129 %

Genom differentiering blir skillnaderna i kapitalbindning klart mindre men är fortfarande mycket påtagliga. Det är med säkerhet också mycket svårt att i praktiken på basis av manuella bedömningar välja variationsklasser och procenttillägg så att man kan uppnå de redovisade förbättringarna genom differentiering.

6 Effekter av lågfrekvent uppdatering på kapitalbindning och servicenivåer

En konsekvens av att använda manuella bedömningar för att fastställa orderstorlekar och säkerhetslager är att arbetet med att uppdatera parametrarna blir mycket arbetskrävande. Detta leder i sin tur till att uppdateringsinsatserna blir eftersatta och därmed inte utförda särskilt frekvent. Konsekvenserna i form av ökad kapitalbindning, fler order och försämrade servicenivå har också studerats med hjälp av den simuleringsmodell som redovisades i avsnitt 2.

Ett tänkbart worst case scenario i det här fallet kan vara att inga uppdateringar över huvud taget görs när efterfrågan respektive ledtiderna förändras, dvs att de är systematiskt fel för samtliga artiklar i sortimentet. Även förändringar i ordersärkostnader förekommer. Sådana förändringar är emellertid mer lågfrekvent förekommande och har därför inte inkluderats i den här studien. Studien har också begränsats med avseende på att inte heller förändringar i efterfrågevariationer har beaktats trots att förändringar i efterfrågan också för med sig förändringar i efterfrågevariationer.

Med hjälp av simuleringsmodellen har effekterna av att använda orderstorlekar, ledtider och säkerhetslager som inte motsvarar gällande efterfråge- och ledtidstorlekar studerats, dvs. av att använda parametrar som i olika utsträckning är för stora/långa eller för

låga/korta. De viktigaste resultaten från de genomförda simuleringarna sammanfattas i tabellerna 7 – 9.

Tabell 7 Förändring av antal order och medelservicenivå när den verkliga efterfrågan är för hög uttryckt i procent

<i>Efterfrågeförändring</i>	+10 %	+ 20 %	+ 30 %	+ 40 %	+ 50 %
Medelservicenivå	93,9 %	89,6 %	84,3 %	79,2 %	73,5 %
Ändring i antal order	+ 9 %	+ 18 %	+ 28 %	+ 37 %	+ 47 %

Tabellen visar till exempel att om den faktiska efterfrågan är 30 % större än den efterfrågan som orderstorlekar, prognoser och säkerhetslager dimensionerats för, kommer servicenivån att bli 84 % i stället för de 97 % som parametrarna dimensionerats för. Antalet order kommer att bli nästan 30 % fler. Det kan tilläggas att kapitalbindningen i omsättningslager inte påverkas av att efterfrågan ökar eller minskar. Påverkan från efterfrågeförändringar sker i stället i form av antal order.

Den snabba nedgången i servicenivå i takt med ökande efterfrågan är anmärkningsvärt stor. Det skall dock påpekas att analysen utgår från att efterfrågan på alla artiklar är lika mycket större. I verkliga fall är det sannolikare att efterfrågan för vissa artiklar ökar medan den minskar för andra över tiden. En viss försiktighet med att tolka resultaten med avseende på medelservicenivån för hela artikelsortimentet bör därför iaktas. Det bör emellertid också betonas att servicenivån faller mycket snabbare vid högre efterfrågan än vad den ökar vid för lägre. Det är uppenbart att parameteruppdateringar är mycket väsentliga för att kunna bibehålla en konkurrenskraftig och beslutad servicenivå. För enskilda artiklar blir nedgången i servicenivå i medeltal över hela sortimentet helt motsvarande den som visas i tabellen.

Påverkan på medelservicenivån från systematiska felaktigheter i ledtider visas i tabell 8.

Tabell 8 Förändring av medelservicenivå när den verkliga ledtiden blivit längre uttryckt i procent

<i>Ledtidsförändring</i>	+ 10 %	+ 20 %	+ 30 %	+ 40 %
Medelservicenivå	94,3 %	90,5 %	85,8 %	81,0 %

Enligt tabellen motsvarar förändringar i medelservicenivå när den verkliga ledtiden är längre än den som lagerstyrningssystemet dimensionerats för de medelservicenivåer som erhöles för förändrade efterfrågenivåer. Exempelvis kommer servicenivån att bli cirka 86 % i stället för 97 % om den faktiska ledtiden är 30 % längre än den ledtid som beställningspunkter och säkerhetslager dimensionerats för. Även i det här fallet skall resultatet tolkas med viss försiktighet vad gäller medelservicenivån för hela artikelsortimentet eftersom simuleringarna bygger på att leveranstiderna har blivit lika mycket längre för samtliga artiklar. Detta kan ifrågasättas, speciellt om det är fråga om inköpsartiklar där det är mer sannolikt att ledtiderna ökar för vissa artiklar medan de minskar för andra. Det gäller emellertid även här att servicenivån faller mycket snabbare vid för långa ledtider än vad de ökar vid för korta. På motsvarande sätt som för förändringar i efterfrågans storlek blir för enskilda artiklar nedgången i servicenivå i medeltal över hela sortimentet helt motsvarande den som visas i tabellen.

Om ledtiden i stället minskar kommer kapitalbindningen i säkerhetslager att bli för stor och erhållen servicenivå onödigt hög. Resultaten från simuleringarna i detta fall visas i tabell 9.

Tabell 9 Förändring av medelservicenivå och säkerhetslager när den verkliga ledtiden blivit kortare uttryckt i procent

<i>Ledtidsförändring</i>	- 10 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %
Medelservicenivå	+ 98,4 %	99,1 %	99,4 %	99,6 %
Förändring i säk.lager	+ 110 %	+ 225 %	+ 334 %	+ 450 %

Säkerhetslagerökningen är som framgår av tabellen mycket påtaglig samtidigt som servicenivån ökar långt utöver den önskade på 97 %. Exempelvis blir säkerhetslagret mer än fyra gånger för stort om den verkliga ledtiden är 30 % kortare än den som beställningspunkter och säkerhetslager dimensionerats för. Samma resonemang som ovan vad gäller att vara försiktig med tolkning av resultatet gäller även i det här avseendet. Effekter av kortare ledtider än vad beställningspunkter och säkerhetslager dimensionerats för uppstår också endast i den utsträckning som nya order läggs med den aktuella ledtiden för att bestämma leveranstid och inte med utgångspunkt från den som finns i lagerstyrningssystemet.

7 Sammanfattning och slutsatser

I industrin är det vanligt att man använder olika former av bedömningsbaserade proportionalitetsmetoder för att bestämma orderstorlekar och säkerhetslager, dvs. i större eller mindre utsträckning sätter orderstorlekar respektive säkerhetslager proportionell mot efterfrågans storlek. Resultaten från de analyser och simuleringar som genomförts för att studera effekterna av ett sådant beteende kan sammanfattas enligt följande.

Erhållna orderstorlekar blir med proportionalitetsmetoder klart större än de som skulle erhållits om metoder för beräkning av ekonomisk orderstorlek skulle använts. Därmed blir kapitalbindningen i omsättningslager också klart större. Med den prisstruktur och efterfrågestruktur som det analyserade artikelsortimentet har, blir skillnaderna i kapitalbindning ytterligare större om man kompletterar proportionalitetsmetoderna med hänsyn till respektive artikels pris per styck medan skillnaderna blir mindre om metoderna kompletteras med hänsyn till efterfrågans storlek. Genom att proportionalitetsmetoderna ger större orderstorlekar bidrar de också till att förstärka bullwhipeffekten och efterfrågevariationerna ut från lagret.

Även när proportionalitetsmetoder används för att bestämma säkerhetslager får man åtskilligt för hög kapitalbindning vid en given önskad servicenivå jämfört med om säkerhetslagerdimensioneringen utgår från servicenivåbaserade beräkningar. Skillnaderna i erhållen kapitalbindning kan reduceras genom att proportionalitetsmetoderna kompletteras med differentiering på olika klasser av efterfrågevariationer.

Användning av bedömningsbaserade proportionalitetsmetoder medför också att parametrar av typ orderstorlekar och säkerhetslager blir mycket arbetskrävande att uppdatera i takt med att förändringar i verksamheten sker. Resultaten från studien visar bland annat att erhållen servicenivå snabbt blir mycket lägre än önskat om efterfrågan blir större

och ledtiden längre i verkligheten än de motsvarande värden som använts vid säkerhetslagerdimensioneringen.

Referenser

Davis, E. (1994) State of the Art Survey: A Preliminary Analysis, Production and Inventory Management, 4th Qtr.

Fransoo, J. – Wouters, M. (2000) Measuring the bullwhip effect in the supply chain, Supply Chain Management, Vol. 5 No. 2.

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

Lee, H. – Padmanabhan, V. – Wang, S. (1997) Information distortion in a supply chain: The Bullwhipeffect, Management Science, Vol. 42 No. 4.

Mattsson, S-A. (2007) Materialstyrningsmodeller med hänsyn tagen till överdrag och olika efterfrågefördelningar, Intern forskningsrapport. Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

Sandvig, J. C. (1998) Calculating safety stock, IIE Solutions, Vol. 30 No. 12.

Sandvig, J. C. – Reistad, A. (2000) Safety stock decision support tool, Production and Inventory Management Journal, 4th Qtr.

Wilkinson, S. (1987) Service level and safety stock based on probability, Control, April 1996.