

Lagerstyrning vid korta ledtider

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

De metoder för lagerstyrning som för närvarande används i tillverkande och distribuerande företag är nästan undantagslöst utvecklade för mer än fyrtio år sedan. Det gäller exempelvis beställningspunktssystem, täcktidsplanering och materialbehovsplanering. När dessa metoder utvecklades talade man om ledtider på flera veckor och månader. Sedan dess har ledtider reducerats avsevärt och handlar allt oftare om dagar eller ensstaka veckor. Av olika skäl medför kortare ledtider att en del av de antaganden som modellerna i våra lagerstyrningsmetoder bygger på blir mindre och mindre giltiga. Modellernas förmåga att avbilda verkligheten har därmed försämrats. Detta gäller exempelvis antagandet om att uttag från lager avser 1 styck åt gången och antagandet om att efterfrågan under ledtiden är normalfördelad.

För att förbättra metodernas användbarhet och effektivitet har ett forskningsprojekt genomförts. Syftet har varit att vidareutveckla och komplettera existerande metoder så att de bättre svarar upp mot dagens ledtider. Utgångspunkten för utvecklingen har varit att kompletteringarna inte skall öka komplexiteten på ett sådant sätt att de av det skälet inte kan utnyttjas i användarledet. Kompletteringarna skall också vara av ett sådant slag att de endast kräver tillgång till sådan information som normalt finns tillgänglig i affärssystem. I den här artikeln presenteras den utvecklade metoden. En utvärdering av metoden med hjälp av simulering redovisas också. Dessa simuleringar visar att traditionellt använda lagerstyrningsmetoder inte säkerställer att önskade servicenivåer överensstämmer med erhållna servicenivåer. De visar också att man genom att använda den utvecklade modellen kan förbättra överensstämmelsen så att skillnaderna ligger inom ramen för vad man i praktisk tillämpning kan acceptera för att säkerställa en effektiv och konkurrenskraftig lagerstyrning.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

De metoder för lagerstyrning som för närvarande används i tillverkande och distribuerande företag är nästan undantagslöst utvecklade för mer än fyrtio år sedan. Exempelvis härrör formeln för beräkning av ekonomisk orderstorlek från 1913, beställningspunktssystemet från 1934, täcktidsplanering från 1958 och materialbehovsplanering från början av sextiotalet. De modeller som dessa metoder bygger på är givetvis lika teoretiskt riktiga i dag som de var när de utvecklades. Förutsättningarna för att använda dem och för att uppnå en effektiv lagerstyrning med hjälp av dem har emellertid ändrats genom att förhållandena i den planeringsmiljö de används är påtagligt annorlunda än de som

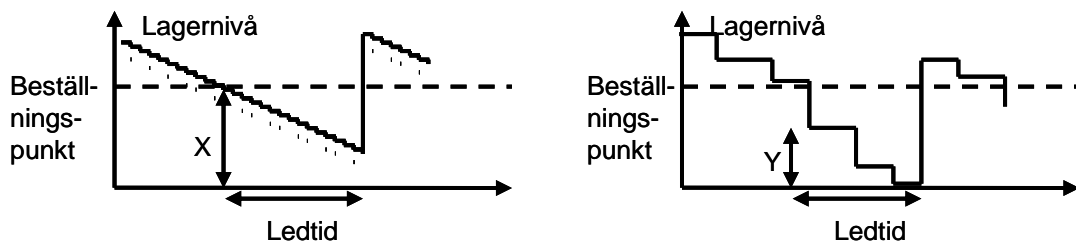
gällde när de utvecklades. Man talade då om ledtider på flera veckor och månader och om orderkvantiteter som täckte åtskilliga månaders förbrukning. Sedan dess har både ledtider och orderkvantiteter reducerats avsevärt och ledtiderna handlar allt oftare om dagar eller enstaka veckor och orderkvantiteter om veckors eller någon enstaka månads förbrukning.

Genom kortare ledtider har många av de förutsättningar och antaganden som i industrin använda lagerstyrningsmodeller bygger på blivit mer och mer orealistiska och modellernas förmåga att avbilda verkligheten försämrats. Konsekvensen av den försämrade avbildningsförmågan är att modellerna och motsvarande lagerstyrningsmetoder blir mindre effektiva att använda som stöd för att styra materialflöden. Förhållandena är i stort sett desamma vid styrning av artiklar med oberoende behov oavsett om man använder beställningspunktssystem, täcktidsplanering eller materialbehovsplanering. För att förenkla framställningen i denna rapport behandlas därför problemställningar, lösningsmetoder och tester endast med utgångspunkt från beställningspunktssystem.

1.2 Problembeskrivning

Merparten av alla de lagerstyrningsmodeller som används i industrin bygger på antagandet att varje lageruttag avser ett styck. Detta är praktiskt taget aldrig fallet i verkliga lager. Om lageruttagen är större än ett i ett beställningspunktssystem kommer lagret när beställningspunkten underskrids och nya inleveransorder planeras in att ligga mer eller mindre under beställningspunkten. Så kallade överdrag uppstår. Den kvantitet som återstår för att täcka efterfrågan under ledtid och som beställningspunkten är dimensionerad för, kommer följaktligen att bli för liten vilket medför att man får fler brister och lägre servicenivå än vad som avsetts. Om ledtiderna är långa har dessa överdrag förhållandevis liten betydelse. Ju kortare ledtiderna är, desto större betydelse kommer emellertid överdragen att få och desto större kommer skillnaderna mellan önskad och erhållen servicenivå att bli. Vid ledtider under 5 – 10 dagar är skillnaderna i många fall avsevärda.

Vad som händer när lageruttagen är större än ett illustreras i figur 1. De streckade linjerna avser beställningspunkter. I båda fallen, dvs både i figuren till vänster och i figuren till höger, går lagret under beställningspunkten och följaktligen skall en lagerpåfyllnadsorder läggas ut. I fallet till vänster med uttagskvantiteter lika med 1 återstår kvantiteten X för att täcka efterfrågan under tiden fram till nästa inleverans eftersom det uttag som utlöste en ny order endast medfört att beställningspunkten nås. I fallet till höger återstår endast kvantiteten Y för att täcka samma efterfrågan eftersom det uttag som utlöste en ny order medfört att beställningspunkten underskridits.

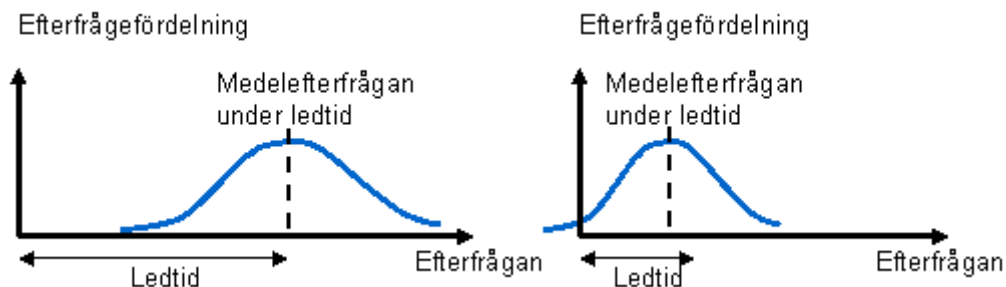


Figur 1 Beställningspunktssystem med överdrag

Det i företag helt dominerande sättet att använda lagerstyrningssystem är att jämföra saldon med beställningspunkter eller motsvarande en gång per dag, dvs planera lagerpåfyllnad dagligen. De teoretiska modellerna bygger emellertid på ett antagande om kontinuerlig jämförelse. Effekten av att endast göra dagliga jämförelser och att planera in lagerpåfyllnadsorder en gång per dag blir då att beställningspunkten underskrids med en dagsefterfrågan innan nya lagerpåfyllnadsorder kan planeras in. Man får med andra ord samma typ av överdragsproblematik som ovan. Även i det här fallet blir effekterna på erhållna servicenivåer måttliga om ledtiderna är långa eftersom överdragskvantiteten då utgör en mindre del av beställningspunktskvantiteten, men tämligen avsevärda om ledtiderna är korta.

I ERP-system använda lagerstyrningsmodeller bygger nästan uteslutande på ett antagande om att efterfrågan är normalfördelad och symmetriskt fördelad i förhållande till sitt medelvärde. Med undantag för artiklar med mycket få uttag per tidsenhet och som därmed har så kallade klumpade behov (lumpy demand) är detta antagande rimligt, speciellt vid långa ledtider. Att så är fallet är en konsekvens av centrala gränsvärdessatsen som innebär att när ett antal oberoende slumpmässiga variabler summeras tenderar den summerade variabeln att vara normalfördelad även om de bakomliggande variablerna inte är det (Meek m fl, 1989, sid 199). Ju fler ingående variabler, desto bättre överensstämmelse med normalfördelningen. En lång ledtid innebär att ett större antal dagars slumpmässiga efterfrågan ingår i summa efterfrågan under ledtid än om ledtiden är kort. Följaktligen blir ledtidens efterfrågefördelning mer normalfördelningslik när ledtiden är lång än när den är kort.

Korta ledtider innebär också större sannolikhet för att den vänstra delen av normalfördelningen representerar negativ efterfrågan. Eftersom negativ efterfrågan inte existerar innebär detta att verkliga efterfrågefördelningar är osymmetriska och skeva åt höger jämfört med normalfördelningen. Verkliga efterfrågefördelningar får därigenom mer inslag av mycket höga efterfrågevärden än av mycket låga efterfrågevärden. Ur lagerstyrningssynpunkt är detta detsamma som att bristsannolikheten blir högre och därmed servicenivån lägre för den verkliga efterfrågefördelningen jämfört med vad den skulle blivit om fördelningen varit normalfördelad. Följaktligen får man en lägre servicenivå än man dimensionerat systemet för. Ju längre ledtiderna är desto mindre inslag av negativa efterfrågevärden och desto mindre inslag av skevhet i fördelningen och därmed desto mindre skillnader mellan verklig fördelning och normalfördelning.



Figur 2 Illustration av vad som händer med normalfördelningsfunktionen för efterfrågan under ledtid när ledtiden är lång respektive kort.

Figur 2 illustrerar vad som händer när ledtiden reduceras. Den vänstra delen av figuren representerar fallet med långa ledtider. Medelefterfrågan under ledtid är då större än åtskilliga standardavvikelser och sannolikheten för negativ efterfrågan liten. Om i stället ledtiden är kort enligt den högra delen av figuren blir förhållandet annorlunda. Ju kortare ledtid, desto större sannolikhet för negativa efterfrågevärden. Exempelvis blir sannolikheten för negativ efterfrågan 2,5 % om medelefterfrågan under ledtid är lika med 1,96 gånger standardavvikelsen under ledtid. Antalet standardavvikelser mellan noll och medelefterfrågan är kritisk med avseende på hur väl en normalfördelning kan förväntas representera en verklig efterfrågefördelning. Måttet används därför som ett kriterium för när det är rimligt att approximera en efterfrågefördelning med normalfördelningen. Exempelvis hävdar Flagan (1984) att normalfördelningen kan användas om medelefterfrågan är större än 1,7 gånger standardavvikelsen och Schönsleben (2004) att normalfördelningen kan användas om medelefterfrågan är större än 2,5 gånger standardavvikelsen.

1.3 Syfte och avgränsningar

Om man bortser från förekomst av överdrag och att efterfrågan inte på ett rimligt sätt kan approximeras med en normalfördelning som även innehåller negativa efterfrågevärden kommer erhållen servicenivå att bli lägre än den servicenivå som lagerstyrningssystemet dimensioneras för, speciellt vid korta ledtider. Syftet med det forskningsprojekt som redovisas i denna rapport är att utveckla en metodik som kan komplettera valigt förekommande lagerstyrningsmetoder så att hänsyn till överdrag kan tas och så att man inte blir beroende av att den verkliga efterfrågan måste vara normalfördelad. Syftet är också att testa och utvärdera i vilken utsträckning den utvecklade metodiken kan bidra till att åstadkomma en större överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå.

Projektets inriktning har primärt varit att studera modeller som går att tillämpa praktiskt i industrin och som kan förväntas ge tillfredsställande resultat. Det är inte fråga om att söka någon form av teoretiskt optimala lösningar. Eftersom den information om efterfrågan och efterfrågevariationer som finns tillgänglig i affärssystem i huvudsak är begränsad till transaktionshistorik, medelvärden och standardavvikelser har endast metoder som bygger på tillgång till dessa datauppgifter inkluderats i studien. Studien avser fallet att efterfrågan inte går förlorad när bristsituationer uppstår.

2 Modeller för hantering av överdrag

Överdrag i lagerstyrningssystem med kontinuerlig övervakning är en stokastisk variabel som varierar mellan noll och den störst förekommande uttagskvantiteten. Några modeller för att beräkna överdrags medelvärden och standardavvikelser finns publicerade i litteraturen. Se exempelvis Heyman och Sobel (1982), Matheus och Gelder (2000) samt Baganha et al (1996). För att kunna ta hänsyn till överdrag utan att göra lagerstyrningsmodellerna mer komplexa än nödvändigt samt för att kunna utgå från data som finns tillgängliga i traditionella ERP-system har en approximativ modell som presenterats av Silver, Pyke och Peterson (1998) använts. Enligt den här modellen kan medelöverdraget beräknas med hjälp av följande uttryck.

$$m_{\text{överdrag}} = \frac{\sigma^2 + m^2}{2m} - \frac{1}{2} \dots\dots\dots(1)$$

där m = medeluttagskvantiteten
 σ = uttagskvantiteternas standardavvikelse

Som påpekades ovan förekommer oftast inte någon kontinuerlig övervakning och jämförelse mellan aktuellt lagersaldo och beställningspunkt i lagerstyrningssystem och även då det i en del fall sker transaktionsvisa jämförelser planeras ändå nya beställningar och inleveranser in på en daglig basis. I realiteten kan man därför praktiskt taget alltid i samband med hantering av överdrag tala om dagsuttag i stället för individuella lageruttag.

En enkel modell för att ta hänsyn till att jämförelser sker på dagsbasis vore att använda det så kallade periodinspektionssystemet, dvs. (R,s,Q)-systemet med ett inspektionsintervall på en dag i stället för det traditionella beställningspunktssystemet, dvs (s,Q)-systemet. Detta är emellertid en ganska grov approximation eftersom även detta system förutsätter enstycksuttag och därmed inte helt kompenserar för överdrag. Ett annat alternativ är att i ovanstående formel låta m stå för medeluttagskvantiteten per dag och σ dagsuttagskvantitetens standardavvikelse. Denna approximation har testats med hjälp av simulering och visat sig uppvisa en mycket god överensstämmelse med de verkliga överdragens medelvärde (Mattsson, 2005).

För att fullt ut kunna beakta överdrag vid dimensionering av beställningspunkter måste man också ta hänsyn till dess variation eftersom den påverkar säkerhetslagrets storlek. Silver, Pyke och Peterson (1998) har presenterat en approximativ modell för att beräkna denna standardavvikelse. Denna modell är emellertid tämligen komplicerad och har dessutom vid utvärdering med hjälp av simulering inte visat sig ge särskilt tillfredsställande värden, speciellt vid stora efterfrågevariationer (Mattsson, 2005). Det är inte orimligt att anta att det finns en viss likhet mellan standardavvikelsen för efterfrågan per dag och standardavvikelsen för överdrag vid daglig jämförelse av lagersaldo och beställningspunkt. Att så är fallet har visats med hjälp av simulering (Mattsson, 2005). Om man antar att efterfrågan under ledtid och överdrag är oberoende stokastiska variabler kan den kombinerade standardavvikelsen för de båda variablerna beräknas med hjälp av följande uttryck.

$$\sigma_{\text{kombinerad}} = \sqrt{\sigma^2 * lt + \sigma^2 * 1} = \sigma * \sqrt{lt + 1} \dots\dots\dots(2)$$

där σ = efterfrågans standardavvikelse per dag
 lt = ledtiden i dagar

3 Modeller för hantering av verklig efterfrågan

Som påpekades i föregående avsnitt ökar sannolikheten för att efterfrågans sannolikhetsfördelning inte på ett rimligt sätt motsvarar den symmetriska normalfördelningen vid korta ledtider. Även om normalfördelningen skulle motsvara den faktiska efterfrågefördelningen på ett rimligt sätt ökar andelen negativa efterfrågevärden ju kortare ledtiden är och ju mer efterfrågan varierar vilket också påverkar möjligheterna att på ett ef-

fektivt sätt använda normalfördelningen vid dimensionering av säkerhetslager. Ett sätt att lösa det första problemet vore att använda någon annan teoretisk standardfördelning som skulle kunna ge bättre överensstämmelse, exempelvis Poissonfördelningen eller Gammalfördelningen. De modeller som finns tillgängliga för detta ändamål bygger emellertid oftast på föga verklighetsnära antaganden och är mer komplexa och svårare att tillämpa med utgångspunkt från den kompetens som man kan förvänta sig finna hos personal som arbetar med lagerstyrning.

För att lösa problemet med att normalfördelningen också omfattar negativa värden har några modeller utvecklats som bygger på att modifiera normalfördelningen, antingen genom att bortse från den del av efterfrågan som är negativ eller att öka den positiva efterfrågan med den negativa (Strijbosch och Moors, 2006). Dessa alternativ uppfyller emellertid inte de krav på datatillgång och låg komplexitet som valts för det här arbetet. Med tanke på detta och med tanke på att den kapacitet som finns tillgänglig i dagens affärssystem har skapat förutsättningar för att i stället utgå från faktiska efterfrågefördelningar.

Tre alternativ för att skapa en efterfrågefördelning och därmed säkerhetslagerberäkning från faktisk efterfrågan finns publicerade i litteraturen. Samtliga bygger på att skapa serier av tal som representerar efterfrågevärden under ledtid. Det som skiljer dem åt är hur dessa serier skapas. Ett alternativ innebär att man delar in den tid under vilken man har uppgifter om daglig efterfrågan i en sekvens av lika stora block som är en ledtid långa och summerar efterfrågan under dessa respektive ledtidsblock (Se exempelvis Brown, 1963). Ett annat alternativ är att låta de successiva ledtidsblocken vara överlappande så att varje ledtidsblock börjar en dag efter det föregående. Detta alternativ ger fler ledtidsefterfrågevärden och därmed större tillförlitlighet (Wilcox, 1970). Ett ännu större antal ledtidsefterfrågevärden kan fås genom att använda ett tredje alternativ, så kallad bootstrapping (Se exempelvis Willeman, Smart och Schwarz, 2004). Enligt det alternativet skapas ledtidsefterfrågevärden genom att från den dagliga efterfrågehistoriken slumpmässigt välja dagsvärden och summera dessa dagsvärden när lika många värden som motsvarar ledtiden i dagar valts ut.

Oberoende av vilken metod som används sorteras de erhållna ledtidsefterfrågevärdena efter stigande värden. Den ledtidsefterfrågan som motsvarar det n :te värdet i ordning från det lägsta efterfrågevärdet väljs som beställningspunkt. n dividerat med totalt antal ledtidsefterfrågevärden motsvarar sannolikheten att det inte skall uppkomma någon brist under en lagercykel. Säkerhetslagret beräknas därefter som den beräknade beställningspunkten minus medelefterfrågan under ledtid.

Samtliga alternativ bygger på att man använder Serv1 (cykelservice) som definition på servicenivå. Detta servicenivåmått har emellertid ett antal nackdelar, exempelvis att det inte tar hänsyn till hur ofta inleveranser sker vilket i sin tur medför att leveransförmågan blir sämre för högomsatta än för lågomsatta artiklar. Av detta skäl har en ny metod för att beräkna säkerhetslager med hjälp av verklig efterfrågefördelning som möjliggör användning av Serv2 som servicenivåmått utvecklats.

Beställningspunktsberäkningen går till på följande sätt. Skillnaden mellan var och en av de genererade ledtidsefterfrågevärdena och ett antal beställningspunkter beräknas. Om en skillnad är större än noll behålls dess värde, i annat fall sätts det till noll. Var och en av dessa differenser kan då tolkas som bristkvantiteten för motsvarande lagercykel för

respektive beställningspunkt och medelvärdet för varje beställningspunkt för genomsnittlig bristkvantitet. Genomsnittlig bristkvantitet per år är också lika med $(1 - \text{Serv2}) * \text{efterfrågan}$ per år dividerat med antalet lagercyklar per år. Den beställningspunkt vars genomsnittliga bristkvantitet närmst motsvarar denna från Serv2 beräknade bristkvantiteten per år är den beställningspunkt som ger en servicenivå motsvarande Serv2. Säkerhetslagret beräknas därefter som den beräknade beställningspunkten minus medelefterfrågan under ledtid.

Det totala säkerhetslagret för att både gardera sig mot variation i efterfrågan och överdragsvariation beräknas därefter approximativt med hjälp av följande formel.

$$sl(\text{totalt}) = sl(\text{efterfrågan}) + (k(1) * \sigma * \sqrt{lt+1} - k(2) * \sigma * \sqrt{lt}) \dots\dots\dots(3)$$

- där
- lt = ledtiden i dagar
 - $sl(\text{efterfrågan})$ = säkerhetslager avseende efterfrågevariationer beräknad från verklig efterfrågan
 - σ = standardavvikelsen för efterfrågan per dag
 - $k(1)$ = säkerhetsfaktor när både variation i efterfrågan och överdrag beaktas
 - $k(2)$ = säkerhetsfaktor när endast variation i efterfrågan beaktas

Termen inom parentes i formel 3 är en approximativ beräkning av hur mycket variationen i överdrag bidrar till det totala säkerhetslagret. Denna korrigeringsterm avser skillnaden mellan ett säkerhetslager beräknat med hänsyn till både efterfrågevariationer och överdragsvariationer och ett säkerhetslager beräknat enbart med hänsyn till efterfrågevariationer, i båda fallen med ett antagande om normalfördelad efterfrågan.

4 Analys och resultat

För att testa och utvärdera i vilken utsträckning de approximativa beräkningarna av säkerhetslagrets storlek förbättrat förutsättningarna för att nå en bättre överensstämmelse mellan önskad och uppnådd servicenivå har simulering använts. Simuleringarna har utförts i Excel och baseras på slumpgenererad efterfrågan per dag. För att den slumpgenererade efterfrågan skall vara så verklighetsnära som möjligt har den skapats genom att kombinera slumpmässigt genererade kundorderkvantiteter och slumpmässigt bestämda antal order per dag. Poissonfördelning har valts för generering av antal order per dag och rektangelfördelning för generering av orderstorlekar. Den genererade efterfrågefördelningen är följaktligen av compound Poisson typ.

Fem olika scenarier med olika medelantal order per dag och olika orderstorlekar enligt tabell 1 har analyserats. Scenario 1 avser en situation med relativt hög efterfrågan men låg efterfrågevariation, scenario 2 en situation med relativt hög efterfrågan och måttlig efterfrågevariation samt scenario 3 en situation med relativt hög efterfrågan och samtidigt hög efterfrågevariation. De två första scenarierna förekommer exempelvis i färdigvarulager i tillverkande och distribuerande företag medan det tredje snarast är vanlig i lager av komponenter för montering i tillverkande företag och i centrallager som försörjer ett begränsat antal lokala lager. Scenario 4 och 5 avser båda fall med låg efterfrågan. Skillnaden mellan dem är hur mycket efterfrågan varierar. De förekommer båda i exempelvis reservdelslager.

För varje efterfrågescenario har simuleringar genomförts för fyra olika ledtider, 1, 3, 5 och 10 dagar respektive. Olika inleveranskvantiteter har använts för var och en av dessa ledtider enligt tabellen, exempelvis orderkvantiteten 320 för scenario stor efterfrågan/låg efterfrågevariation vid ledtiden 3 dagar. I tabellen är också variationskoefficienterna presenterade i samma ordning som ledtiderna.

Simuleringar har genomförts med avseende på tre olika sätt att beräkna beställningspunkter, med traditionellt beräknade beställningspunkter, BP-1, med beställningspunkter beräknade med utgångspunkt från ett inspektionsintervall på en dag som ett periodinspektionssystem, BP-2, samt med beställningspunkter beräknade med utgångspunkt från ett beställningsintervall på en dag och baserad på de modeller för att ta hänsyn till överdrag och till faktisk efterfrågefördelning som redovisades i de båda föregående avsnitten, BP-3. De båda förstnämnda beställningspunktsberäkningarna baseras på normalfördelad efterfrågefördelning. Simuleringarna av de olika typerna av beställningspunktsberäkningar har genomförts för varje kombination av scenario och ledtid. Tjugo olika simuleringar med olika efterfrågedata och vardera omfattande tio år av dagliga in- och utleveranstransaktioner har genomförts för varje kombination. Från simuleringarna har erhållna servicenivåer beräknats och jämförts. T-fördelning har använts för att signifikantestera skillnaderna i resulterande servicenivå mellan de olika sätten att beräkna beställningspunkter. Beställningspunkterna har i samtliga fall dimensionerats med utgångspunkt från en önskad servicenivå på 98 %.

Tabell 1 Använda testdata vid simuleringarna

Scenario	Order per dag	Kvantitet per order	Inleveranskvantiteter	Variationskoefficient-ledtid
1 Stor efterfrågan - Liten variation	16	1 – 3	160/320/480/640	0,39 – 0,22 – 0,17 – 0,12
2 Stor efterfrågan - Medel variation	4	4 – 12	160/320/480/640	0,59 – 0,34 – 0,26 – 0,19
3 Stor efterfrågan - Stor variation	0,5	32 – 96	160/320/480/640	1,47 – 0,85 – 0,66 – 0,46
4 Liten efterfrågan - Medel variation	1	1 – 5	15/30/45/60	1,10 – 0,63 – 0,49 – 0,35
5 Liten efterfrågan - Stor variation	0,25	1 – 7	5/15/25/40	2,04 – 1,18 – 0,91 – 0,65

Resultaten av simuleringarna visas i tabell 2. Tabellen visar erhållna servicenivåer och skillnader mellan önskade och erhållna servicenivåer för olika sätt att beräkna säkerhetslager. Skillnaderna mellan önskade och erhållna servicenivåer är markerade med fet stil i de fall de är statistiskt signifikanta på 0,1 % nivån. Av resultaten framgår att det traditionella beställningspunktssystemet (BP-1) inte klarar av att säkerställa att erhållna servicenivåer på ett rimligt sätt överensstämmer med de servicenivåer som önskats och som systemet dimensionerats för. För samtliga efterfrågescenarier och ledtider är skillnaderna mellan önskade och erhållna servicenivåer signifikanta. De är också i nästan samtliga fall oacceptabelt stora. Av resultaten framgår dessutom att skillnaderna blir större ju kortare ledtiderna är och ju större efterfrågevariationerna är. Mot bakgrund av problemdiskussionerna ovan är detta ett förväntat resultat.

Även med ett periodinspektionssystem (BP-2) som tar hänsyn till att beställningspunktsjämförelser görs dagligen blir skillnaderna mellan önskad och erhållen servicenivå i de flesta fallen signifikanta. Endast för efterfrågefall med stor efterfrågan och liten efterfrågevariation blir skillnaderna försumbara. Periodinspektionsmetoden är emellertid klart bättre än den metod som bygger på kontinuerliga beställningspunktsjämförelser avseende skillnader mellan önskad och erhållen servicenivå. Detta är förväntat eftersom den är teoretiskt mer korrekt. Med undantag för fallen med långa ledtider är emellertid skillnaderna mellan önskade och erhållna servicenivåer även i detta fall större än vad som rimligtvis kan accepteras för att åstadkomma en effektiv och konkurrenskraftig lagerstyrning, speciellt med tanke på att även en skillnad så låg som en enstaka procentenhet är stor vad gäller servicenivåer. De erhållna resultaten, både med avseende på det traditionella beställningspunktssystemet och periodinspektionssystemet, stöder den generella hypotesen bakom forskningsprojektet, nämligen att de i industrin använda lagerstyrningsmetoderna blir mindre och mindre effektiva vid minskande ledtider.

Tabell 2 Erhållna servicenivåer och skillnader mellan önskade och erhållna servicenivåer för olika sätt att beräkna säkerhetslager

Scenario	Led Tid	Service-nivå BP-1	Skillnad BP-1	Service-nivå BP-2	Skillnad BP-2	Service-nivå BP-3	Skillnad BP-3
1	1	90,2	7,84	97,1	0,94	97,8	0,19
	3	94,7	3,29	97,7	0,28	98,0	-0,05
	5	95,8	2,19	97,9	0,15	98,1	-0,07
	10	96,7	1,27	98,1	-0,08	98,2	-0,24
2	1	90,1	7,86	96,5	1,53	98,2	-0,19
	3	94,8	3,17	97,4	0,60	98,3	-0,26
	5	95,7	2,33	97,4	0,58	98,0	-0,03
	10	96,6	1,41	97,7	0,33	98,0	-0,26
3	1	85,8	12,23	93,2	4,85	98,7	-0,66
	3	93,0	4,95	95,4	2,58	97,9	0,13
	5	94,8	3,24	96,2	1,83	98,2	-0,24
	10	96,1	1,93	96,9	1,14	98,2	-0,20
4	1	88,9	9,05	94,7	3,27	98,5	-0,48
	3	93,9	4,11	96,1	1,87	98,2	-0,16
	5	95,1	2,86	96,6	1,38	98,1	-0,09
	10	96,2	1,80	97,1	0,95	98,0	0,02
5	1	79,2	18,84	87,7	10,30	98,4	-0,38
	3	92,3	5,70	94,3	3,71	98,1	-0,08
	5	94,3	3,72	95,3	2,70	97,9	0,12
	10	95,7	2,31	96,2	1,82	97,8	0,24

Genom att komplettera det traditionella beställningspunktssystemet så att hänsyn kan tas till förekommande överdrag samt att basera säkerhetslagret på verklig efterfrågan (BP-3) blir skillnaderna mellan önskad och erhållen servicenivå påtagligt mindre. Endast i två av de analyserade fallen är skillnaderna signifikanta. De är dessutom genomgående mindre än vad som var fallet med de båda övriga studerade systemen och jämförelsevis helt acceptabla från ett användarperspektiv. Det kan också tilläggas att variationerna i erhållna servicenivåer blir klart mindre med den utvecklade lagerstyrningsmetoden än om man använder det traditionella beställningspunktssystemet eller periodin-

spektionssystemet. Servicenivåernas standardavvikelser med den utvecklade lagerstyrningsmetoden är i samliga fall mindre än hälften av motsvarande för de två andra metoderna och i åtskilliga fall så låga som en tredjedel. Även denna egenskap är av betydelse eftersom den innebär att det blir möjligt att upprätthålla en både jämn och önskad leveransförmåga från lager.

5 Slutsatser

En del av de antaganden som de teoretiska modellerna i traditionellt använda lagerstyrningsmetoder bygger på har på grund av successivt kortare ledtider blivit mindre och mindre giltiga. Följaktligen har modellernas förmåga att på ett tillfredsställande sätt avbilda verkliga förhållanden försämrats. Som en konsekvens av detta blir lagerstyrningsmetoder som bygger på dessa modeller i ökande utsträckning ineffektiva och möjligheterna att uppnå önskade servicenivåer försämrade. Att så är fallet under att antal efterfrågeförhållanden har visats i den studie som redovisats i den här rapporten. En uppenbar slutsats från de erhållna resultaten är att de i industrin vanligen använda lagerstyrningsmetoderna inte på ett tillfredsställande sätt kan säkerställa att uppnådda servicenivåer motsvarar de servicenivåer som man av konkurrensskäl önskar uppnå och som lagerstyrningssystemen dimensioneras för.

För att förbättra överensstämmelsen mellan önskad servicenivå och uppnådd servicenivå vid korta ledtider måste man i lagerstyrningsmetoderna också ta hänsyn till överdrag och till att efterfrågan i många fall inte låter sig approximeras med en normalfördelning. Med hjälp av de kompletteringar till existerande lagerstyrningsmodeller i de här avseendena som utvecklats och som beskrivits i denna artikel kan detta i stor utsträckning åstadkommas.

Referenser

Baganha, M. – Pyke, D. – Ferrer, G. (1996) The undershoot of the reorder point: Test of an approximation, *International Journal of Production Economics*, pp 311-320.

Bookbinder, J. – Lordahl, A. (1989) Estimation of inventory re-order levels using the bootstrap statistical procedure, *IIE Transactions*, December, pp 302-312.

Brown, R. (1963) Smoothing, forecasting and prediction of discrete times series, Prentice-Hall.

Fagan, M. (1984) Determination of safety stock: A practical approach for service industries, *APICS conference proceedings*, sid 84 – 88.

Heyman, D. – Sobel, M. (1982) *Stochastic models in operations research*, McGraw-Hill.

Matheus, P. – Gelders, L. (2000) The (R,Q) inventory policy subject to a compound Poisson demand pattern, *International Journal of Production Economics*, pp 307-317.

Mattsson, S-A. (2005) Överdrag i beställningspunktssystem, Arbetspapper, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

Meek, G. – Taylor, H. (1989) Business statistics, Allyn & Bacon.

Schönsleben, P. (2004) Integral logistics management, St Lucie Press.

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

Strijbosch, L. – Moors, J. (2006) Modified normal demand distributions in (R,S)-inventory control, European Journal of Operational Research, 172, sid 201-212.

Wilcox, J. (1970) How to forecast lumpy items, Production and Inventory Management, 1st Qtr.

Willemain, T. – Smart, C. – Schwarz, H. (2004) A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories, International Journal of Forecasting, pp 375-387.