

# Konsekvenser av sju vanliga fel vid lagerstyrning

Stig-Arne Mattsson

## Sammanfattning

*Lagerstyrning är sedan länge ett centralt ämnesområde inom logistiken. Dess rötter kan spåras ända till tidigt nittonhundratal. Mot denna bakgrund skulle man kunna föreställa sig att de mest betydelsefulla teorierna om lagerstyrning är väl kända och att man tillämpar dem på ett rimligt korrekt och effektivt sätt i praktiken. Erfarenheter från konsultuppdrag under många år och från genomförd forskning om vilka lagerstyrningsmetoder som används och hur de används har emellertid visat att så inte särskilt ofta är fallet. Åtskilliga felaktiga, eller i varje fall tveksamt korrekta, sätt använda de teoretiska modellerna förekommer. Använda modeller är dessutom i många fall tveksamt korrekta i de sammanhang de används.*

*Av förekommande felaktigheter i modeller och modellanvändning som har observerats har konsekvenser ur effektivitetssynpunkt analyserats i sju fall i den här forskningsrapporten. Analys och utvärdering har genomförts med hjälp av simulering i Excel och makroprogram skrivna i Visual Basic. Simuleringarna har baserats på efterfrågehistorik från 250 olika artiklar från vart och ett av fyra olika företag. Samtliga fallföretag är stora internationellt verksamma verkstadsföretag.*

*Resultaten från analyserna visar att man i samtliga fall av förekommande felaktig tillämpning av vanligt använda lagerstyrningsmodeller erhåller servicenivåer som påtagligt avviker från dem som man önskat och som lagerstyrningssystemet dimensionerats för. Man får också en större variation mellan erhållna servicenivåer för olika artiklar och en högre kapitalbindning jämfört med om mer korrekta modeller används och om de används på ett korrekt sätt.*

## 1 Inledning

Inom logistiken är lagerstyrning sedan länge ett centralt ämnesområde. Dess rötter kan spåras ända till tidigt nittonhundratal. Ett av de första utvecklingsstegen togs 1915 då amerikanen Harris härledde en formel för beräkning av ekonomiska orderkvantiteter, den så kallade kvadratrotsformeln som i stor utsträckning används än i dag. Ett annat stort utvecklingssteg togs 1934 då amerikanen Wilson utvecklade beställningspunktsteorin och publicerade sina resultat i Harvard Business Review.

Mot denna bakgrund skulle man kunna föreställa sig att de mest betydelsefulla teorierna om lagerstyrning är väl kända och att man tillämpar dem på ett rimligt korrekt och effektivt sätt i praktiken. Erfarenheter från konsultuppdrag under många år och från genomförd forskning om vilka lagerstyrningsmetoder som används och hur de används

har emellertid visat att så inte särskilt ofta är fallet. Ett antal felaktiga, eller i varje fall tveksamt korrekta, sätt att använda de teoretiska modellerna förekommer. Använda modeller är dessutom i många fall tveksamt korrekta i de sammanhang de används.

För att studera vilka konsekvenser de identifierade användningstveksamheterna kan få ur effektivitetssynpunkt har ett forskningsprojekt genomförts. Projektet har omfattat en teoretisk genomgång av vad som krävs för att vanligt använda lagerstyrningsmodeller skall vara användbara och en analys och utvärdering av konsekvenser av sättet att använda dem.

## 2 Angreppssätt

Analys och utvärdering av lagerstyrningsmodeller och användningssätt har genomförts med hjälp av simulering i Excel och makroprogram skrivna i Visual Basic. Som materialstyrningsmodell har ett beställningspunktssystem av typ periodinspekterat (s,S)-system använts. Med hjälp av simuleringsmodellen har dagliga uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo gjorts. Nya beställningspunkter har beräknats vid varje månadsskifte. Förbrukningen under ledtid har prognostiserats med hjälp av glidande medelvärde-metoden med tolv månadsvärden och den standardavvikelse som ligger till grund för säkerhetslagerberäkning beräknats med utgångspunkt från efterfrågan per dag ett år tillbaka i tiden. Uppkomna brister antas restnoteras för senare leverans. Simuleringarna har omfattat 6000 dagar.

De användningstveksamheter som behandlats förekommer oavsett vilken metod för lagerstyrning som används, dvs. oavsett om man exempelvis använder beställningspunktssystem, täcktidsplanering eller materialbehovsplanering. Konsekvenserna av felaktigheterna är också i huvudsak de samma. Därför har den analys och utvärdering som genomförts inom projektets ram av praktiska skäl begränsats till att omfatta beställningspunktssystem.

Simuleringarna har baserats på efterfrågehistorik från 250 olika artiklar från vart och ett av fyra olika företag. Samtliga fallföretag är stora internationellt verksamma verkstadsföretag. De fyra företagens lager kan kort beskrivas enligt följande.

Företag A's lager är ett reservdelslager. Utöver unika reservdelar lagerförs också reservdelskit. Totalt finns det storleksordningen 10 000 artiklar i lagret, egentillverkade såväl som inköpta från utomstående leverantörer. Lagret försörjer dels slutkunder på den Europeiska marknaden och dels ett regionalt lager i Sydostasien och ett i Nordamerika.

Lagret hos företag B innehåller enbart färdigvaror, varav 90 % är egentillverkade. Sammanlagt lagerhålls storleksordningen 700 artiklar. Lagret är ett centrallager som försörjer 15 lokala lager med drygt 200 av artiklarna. Det försörjer även slutkunder i Norden samt distributörer i Östeuropa och Afrika med dessa 200 artiklar samt dessutom övriga 500.

Även lagret hos företag C avser färdigprodukter. Lagret är ett distributionslager som försörjer kunder på en lokal marknad. Lagret försörjs i sin tur av ett centralt lager vilket

gör att ledtiderna för lagerpåfyllnad endast är enstaka dagar. Antalet artiklar är cirka 1 500 stycken.

Företag D's lager utgör ett virtuellt lager bestående av summan av lagertillgångar i tre regionala lager, ett i Europa, ett i Sydostasien och ett i Nordamerika. De lagerpåfyllnadsorder som skapas vid materialstyrningen baseras på den sammanlagda efterfrågan på samtliga marknader. Vid leverans från produktionen fördelas tillverkade kvantiteter till de olika regionala lagren i proportion till den aktuella behovssituationen. Det lagerförda sortimentet är slutprodukter och består av över 20 000 egentillverkade artiklar.

### 3 Servicenivådefinition vs sätt att beräkna säkerhetslager

Med servicenivå menas allmänt sannolikheten att en lagerförd produkt finns i lager och utgör ett mått på leveransberedskap från lager. Det är därför naturligt att dimensionera säkerhetslager med utgångspunkt från en önskad servicenivå. De teoretiska modeller som används för lagerstyrning är i huvudsak baserade på två olika servicenivåbegrepp, cykelservice och fyllnadsgradsservice. Cykelservice definieras som sannolikheten att brist inte uppstår under en lagercykel och fyllnadsgrad som andel av efterfrågan som kan levereras direkt från lager. Båda är användbara även om fyllnadsgradsbegreppet av ett antal skäl är att föredra, bland annat för att det i motsats till cykelservice ganska väl motsvarar orderradsservice som uppföljningsmått på leveransförmåga och att cykelservice ger lägre servicenivåer för högomsatta artiklar än för lågomsatta. Det viktigaste i sammanhanget är emellertid att de olika servicenivåbegreppen är kopplade till var sitt sätt att beräkna säkerhetslager.

Om cykelservice används som servicenivåbegrepp måste säkerhetslagret beräknas med hjälp av formeln  $SL = k \cdot \sigma$ , där  $k$  är säkerhetsfaktorn och  $\sigma$  efterfrågans standardavvikelse under ledtid. Säkerhetsfaktorn svarar mot en viss servicenivå och kan bestämmas med hjälp av en normalfördelningstabell. Används i stället fyllnadsgradsservice som servicenivåbegrepp beräknas säkerhetslagret med samma formel men säkerhetsfaktorn bestäms på ett annat sätt. Först beräknas den så kallade servicefunktionen med hjälp av formeln  $g(k) = Q \cdot (1 - SERV/100)/\sigma$ , där  $g(k)$  är servicefunktionens värde,  $Q$  orderkvantiteten vid lagerpåfyllning och  $SERV$  önskad servicenivå (Mattsson – Jonsson, 2003). Med hjälp av en tabell över servicefunktionen bestäms därefter det  $k$  som motsvarar den fastställda servicenivån.

Båda servicenivådefinitionerna förekommer i litteraturen. Ett stickprov på 50 slumpmässigt utvalda fackböcker och tidskriftsartiklar som behandlar beräkning av säkerhetslager visade att 46 dimensionerade säkerhetslager med hjälp av cykelservice och 14 med hjälp av fyllnadsgrad. Av de 46 böcker/artiklar som beräknade säkerhetslagrets storlek med hjälp av den beräkningsmetod som motsvarar cykelservice använde 10 st fyllnadsgradsdefinitionen. Av nio svenska böcker/artiklar som ingick i stickprovet har 5 en felaktig definition i förhållande till det sätt på vilket säkerhetslagret beräknades (Mattsson, 2002).

Baserat på egen erfarenhet förefaller det vara så att det i företag vanligast använda servicenivåbegreppet är fyllnadsgradsservice och att det samtidigt vanligast använda beräkningssättet är det som avser servicenivåbegreppet cykelservice. Detta kan leda till att man får helt andra servicenivåer än de man önskar. För att illustrera detta har erhållna

servicenivåer vid användning av respektive beräkningssätt studerats med hjälp av simulering på de efterfrågedata som erhållits från de fyra fallföretagen. Som mått på erhållen servicenivå har andel av efterfrågan som kan levereras direkt från lager använts eftersom detta mått bäst motsvarar den orderradsservice som är vanligast förekommande vid uppföljning av leveransförmåga i företag. För varje artikel har månatligt rullande årsmedelservicenivåer samt medelvärden av alla årsmedelvärden enligt denna definition beräknats under de tjugofem år som simuleringen omfattat. Medelvärdet för hela artikelsortimentet per fallföretag har därefter beräknats. För båda beräkningssätten har säkerhetslagret dimensionerats för att uppnå 96 % servicenivå. Erhållna resultat framgår av tabell 1.

Tabell 1 Erhållna servicenivåer vid användning av olika beräkningssätt för dimensionering av säkerhetslager

<i>Företag</i>	<i>Beräkning med hjälp av normalfördelning</i>	<i>Beräkning med hjälp av servicefunktionen</i>
A	97,1	92,7
B	96,7	90,7
C	93,7	87,3
D	98,2	93,7

Tabellen visar vilka servicenivåer man erhåller vid användning av respektive beräkningssätt. Som framgår av tabellen är det stora skillnader i erhållna servicenivåer mellan de båda sätten att beräkna. Genomgående gav beräkning med utgångspunkt från normalfördelning högre servicenivåer. Detta innebär emellertid inte att denna beräkningsmetodik därmed är lämpligare.

För att värdera i vilken utsträckning en beräkningsmetod är bra eller dålig måste man inte bara ta hänsyn till vilken servicenivå man uppnår i medeltal för hela artikelsortimentet. Önskad erhållen medelservicenivå kan alltid uppnås genom att successivt anpassa den för säkerhetslagerdimensioneringen sätta servicenivån oavsett vilket beräkningssätt man använder. Man måste också beakta hur nära önskad servicenivå den erhållna servicenivån är för varje individuell artikel i sortimentet och vilken kapitalbindning i säkerhetslagret som krävs för att uppnå den önskade medelservicenivån. För att också studera detta har den dimensionerande servicenivån anpassats för respektive beräkningssätt så att erhållen servicenivå i båda fallen blir 96 %. Därefter har kapitalbindningens storlek jämförts för de båda servicenivåalternativen. Resultaten för de fyra fallföretagen visas i tabell 2.

Tabell 2 Skillnader i kapitalbindning vid användning av olika beräkningsmetoder för dimensionering av säkerhetslager

<i>Företag</i>	<i>Skillnader i kapitalbindning i procent</i>	<i>Medelantal inleveransorder per år</i>
A	17,5	6,6
B	0,6	9,7
C	4,9	16,5
D	50,4	2,6

Tabellen visar skillnaden mellan den kapitalbindning som cykelservice ger jämfört med den kapitalbindning som fyllnadsgradsservice ger i procent av fyllnadsgradsservicens kapitalbindning. Som framgår av tabellen ger cykelservice upphov till högre kapitalbindning för alla de fyra fallföretagen. Speciellt är skillnaden stor i de fall antalet leveranser per år är litet, dvs. vid stora orderstorlekar.

#### 4 Periodisk inspektion för modeller som bygger på kontinuerliga jämförelser

I det klassiska beställningspunktssystemet antas lagersaldot kontrolleras kontinuerligt mot beställningspunkten. I verkligheten förekommer aldrig kontinuerlig jämförelse av saldon och beställningspunkter. Praktiskt sett åstadkoms dock samma sak i så kallade transaktionsorienterade system där beställningspunkten jämförs med lagerlagersaldot efter varje saldpåverkande transaktion. Det är emellertid få företag som använder den här typen av system, endast storleksordningen 16 % enligt en enkätundersökning i svenska företag (Jonsson och Mattsson, 2005). Merparten av alla företag använder i realiteten ett periodiskt beställningspunktssystem även kallat periodinspektionssystem, dvs man inspekterar och jämför saldot med beställningspunkten med en viss periodicitet, exempelvis dagligen. Även om man använder transaktionsorienterade system lägger man sällan ut lagerpåfyllnadsorder direkt när beställningspunkten underskrids utan samlar upp erhållna orderförslag från systemet för att storleksordningen en gång per dag lägga ut inköpsorder till leverantör eller tillverkningsorder till den egna produktionen. Karaktär av periodiskt beställningspunktssystem uppstår också eftersom man sällan använder leveranstidpunkter med högre precision än dag.

Inspektionsintervallet, dvs. tiden från det att beställningspunkten i verkligheten underskrids till dess att beställningspunktssystemet genererat ett orderförslag, är i viss utsträckning en del av ledtiden. Vid beräkning av beställningspunkter måste man därför göra en justering så att hänsyn tas till inspektionsintervallets längd. Justeringen görs baserat på antagandet att det i genomsnitt har gått ett halvt inspektionsintervall mellan tidpunkterna för uttagstransaktionerna och nästa beställningspunktsjämförelse. Görs dagliga jämförelser, vilket antas vara fallet i den här studien, är det alltså fråga om att lägga till en halv dag på ledtiden vid beräkning av säkerhetslager och beställningspunkter. Sådana korrigeringar görs i många fall inte.

För att studera effekterna av att inspektionsintervallet inte är noll utan en dag har erhållna servicenivåer simulerats och jämförts för fallen att hänsyn respektive ingen hänsyn tas till intervallets längd. I båda fallen har säkerhetslagret dimensionerats för en servicenivå i form av fyllnadsgrad på 98 %. Resultaten redovisas i tabell 3. I tabellen visas erhållna servicenivåer inklusive skillnader i procentenheter samt medelleadtider för artiklarna i respektive fallföretags artikelsortiment.

Tabell 3 Erhållna servicenivåer vid hänsyn respektive ingen hänsyn till inspektionsintervall

<i>Fall-företag</i>	<i>Utan hänsyn tagen till inspektionsintervall</i>	<i>Med hänsyn tagen till inspektionsintervall</i>	<i>Differens</i>	<i>Medelltid i dagar</i>
A	94,9	95,2	-0,3	29
B	93,5	94,2	-0,7	9
C	90,2	91,4	-1,2	4
D	95,9	96,1	-0,2	30

Som framgår av tabellen får man en servicenivå som bättre överensstämmer med den man önskat och dimensionerat säkerhetslagret för om man tar hänsyn till inspektionsintervallens längd. Skillnaderna hade blivit klart större om inspektionsintervallet varit längre, exempelvis en vecka som det blir om man kör sitt lagerstyrningssystem veckovis. Av tabellen framgår också att skillnaderna blir större ju kortare ledtiderna är. Detta är förväntat eftersom inspektionsintervallet relativt sett blir kortare om ledtiden är lång jämfört med om den är kort.

## 5 Inkluderar extrem efterfrågan

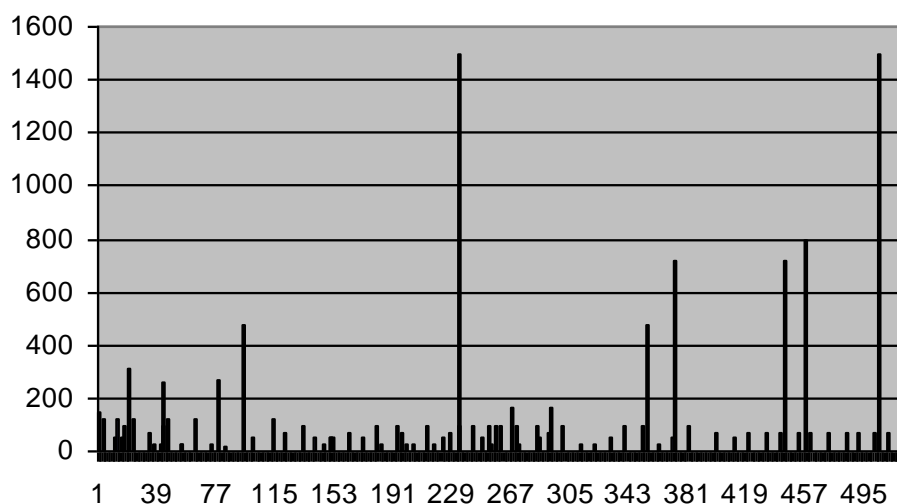
Även om efterfrågan under normala omständigheter varierar från period till period är variationerna i allmänhet måttliga i förhållande till medelefterfrågan per period. Det kan emellertid inträffa att efterfrågan mer eller mindre oförutsägbart kan bli extremt stor under enstaka perioder. Fenomenet kallas extremvärden eller outliers. Dessa efterfrågevärden representerar kvantiteter som är klart större än vad man normalt förväntar sig. De kan därmed få en avsevärd påverkan på efterfrågans standardavvikelse och därmed på storleken på säkerhetslagret. Företeelsen extremvärden och de problem de medför är mycket begränsat behandlat i litteraturen. Bland dem som i någon utsträckning diskuterar problemet kan Fogarty och Hoffman (1983), Bodenstab (1993) samt Wallace (1998) nämnas.

Extrema efterfrågevärden kan uppstå av olika anledningar. En anledning kan vara att man erhållit en speciell exportorder, en stor order från en ny kund eller dylikt. Om sådana stora order kan anses vara något av engångsföreteelser som inte förväntas upprepas rimligt ofta i framtiden bör de inte ingå i den efterfrågan som skall ligga till underlag för beräkning av standardavvikelser och lagerstyrning. De bör i stället hanteras inom ramen för en leverera-från-tillverkning-strategi i stället för en leverera-från-lagerstrategi. En annan anledning till att perioder med exceptionellt stor efterfrågan kan uppstå är att ett par eller några förhållandevis stora kundorder av en slump råkar komma under samma period. Extremvärden kan också uppstå på grund av felaktigheter vid registrering och behandling av orderdata eller som ett resultat av leveranssvårigheter under en period.

I de affärssystem som finns på marknaden förekommer två olika tillvägagångssätt för att hantera problemet med extremvärden. Ett tillvägagångssätt innebär att orderbehandlaren öronmärker order som är av karaktär stora order som kan uppfattas som exceptionella ur lagerstyrningssynpunkt. Vid generering av utleveransstatistik för prognostisering avseende lagerstyrning exkluderas dessa order. De kommer följaktligen inte att påverka standardavvikelsen. Metoden är användbar för att komma tillrätta med extremvärden

som beror på enstaka exceptionellt stora order. Det andra tillvägagångssättet kan användas även när förekomsten av extremvärden är förorsakad av att några stora order mer av en slump hamnat i samma period. Metoden bygger på att göra ett efterfrågetest för att kontrollera om en periods utleveransvolym kan betraktas som representativ för den normalt varierande efterfrågan. Perioder vars utleveransvolym överstiger denna kontrollgräns exkluderas från den prognosgrundande utleveransstatistiken och den gällande prognosen förändras inte.

I samtliga fallföretag fanns ett stort antal artiklar med inslag av extrema efterfrågevärden. Ett exempel på 500 dagars efterfrågan för en artikel i ett av fallföretagen visas i figur 1. Staplarna avser efterfrågan per dag.



Figur 1 Illustration av förekomst av extremvärden i efterfrågehistoriken från fallföretag B

För att studera vilka effekterna förekomst av extremvärden har på erhållna standardavvikelser och säkerhetslager har beräkningar och jämförelser för fallet att extremvärden ingår respektive att extremvärden eliminerats från efterfrågehistoriken genomförts. Förekommande extremvärden eliminerades med hjälp av kontrollgränser. För varje artikel beräknades kontrollgränsen som medelefterfrågan per dag + 3 gånger standardavvikelsen per dag. En sådan storlek på kontrollgränsen innebär att sannolikheten för att felaktigt eliminera ett efterfrågevärde som ligger över kontrollgränsen är mindre än 0,1 %. Efterfrågevärden som låg över dessa kontrollgränser ersattes med medelefterfrågan per dag. På så sätt skapades en efterfrågehistorik utan inslag av extremvärden och som kunde jämföras med den verkliga efterfrågehistoriken med mer eller mindre inslag av förekommande stora kundorder. Resultaten från beräkningarna redovisas i tabell 4.

Tabell 4 Förändringar i standardavvikelser och säkerhetslager när extremt stora kundorder ingår

	<i>Företag A</i>	<i>Företag B</i>	<i>Företag C</i>	<i>Företag D</i>
Standardavvikelse	39 %	53 %	40 %	44 %
Säkerhetslager	52 %	65 %	53 %	87 %

I tabellen avser standardavvikelse- och säkerhetslagerresultaten skillnader i procent med och utan förekomst av extremvärden, dvs. tabellvärdena avser beräknad standardavvikelse när extremvärden ingår minus beräknad standardavvikelse när extremvärden inte ingår i förhållande till beräknad standardavvikelse när extremvärden ingår uttryckt i procent. Säkerhetslagervärden har beräknats på motsvarande sätt. Tabellelementen uttrycker därför med hur många procent standardavvikelse respektive säkerhetslagren blir för stora om man låter de extrema efterfrågevärdena ingå i efterfrågehistoriken.

## 6 Använder små stickprov för beräkning av standardavvikelser

För att med utgångspunkt från en önskad servicenivå kunna dimensionera säkerhetslager krävs information om prognosfelens variation alternativt hur efterfrågan varierar runt sitt medelvärde. Standardavvikelser brukar användas som ett mått på sådana variationer. Beräkning av standardavvikelser baseras emellertid av naturliga skäl på ett begränsat antal historiska värden, dvs. den baseras på ett stickprov. Förhållandet är praktiskt taget inte alls uppmärksammat. Vaughan (1995) och Krupp (1997) tillhör de få som påpekat detta faktum. Av facklitteraturen får man snarast ett intryck av att den standardavvikelse som beräknas är ett värde som tämligen exakt och tidsinvariant beskriver storleken på prognosfel alternativt efterfrågevariationer.

Ju större stickprov man tar, desto noggrannare uppskattning av standardavvikelsen kan man förvänta och desto mindre kommer den att variera över tiden när efterfrågestrukturen och efterfrågans storlek i medeltal är oförändrad. För att få en uppfattning om inom vilka felmarginaler uppskattade standardavvikelser ligger vid några olika värden på stickprovsstorlekar har procentuella skillnader mellan riktvärden och värden erhållna för stickprovsstorlekar på 10, 30 respektive 50 efterfrågevärden beräknats. Med riktvärde avses här den standardavvikelse som erhålls om beräkningarna omfattar alla de 300 månaders efterfrågan som ingår i studien, dvs. omfatta ett stickprov på 300 värden. Detta riktvärde betraktas som den korrekta standardavvikelsen. Resultaten framgår av tabell 5.

Tabell 5 Felmarginaler i procent vid några olika antal månadsvärden i stickprovet avseende efterfrågevärden från de fyra fallföretagen

<i>Företag</i>	<i>Avvikelse i % 10 månadsvärden</i>	<i>Avvikelse i % 30 månadsvärden</i>	<i>Avvikelse i % 50 månadsvärden</i>
A	16	10	6
B	19	9	7
C	25	12	9
D	28	17	11

Tabellen visar vilka felmarginaler man får om stickproven omfattar 10, 30 respektive 50 månadsvärden. Den i företag troligtvis vanligaste stickprovsstorleken är 12, dvs. man beräknar standardavvikelse från de senaste tolv månadernas efterfrågevärden. För att få en rimlig felmarginal är mot bakgrund av de erhållna resultaten denna stickprovsstorlek inte tillräcklig. Det är emellertid inte heller rimligt att basera beräkningarna på åtskilliga års efterfrågehistorik för att uppnå acceptabla felmarginaler. I stället bör pro-

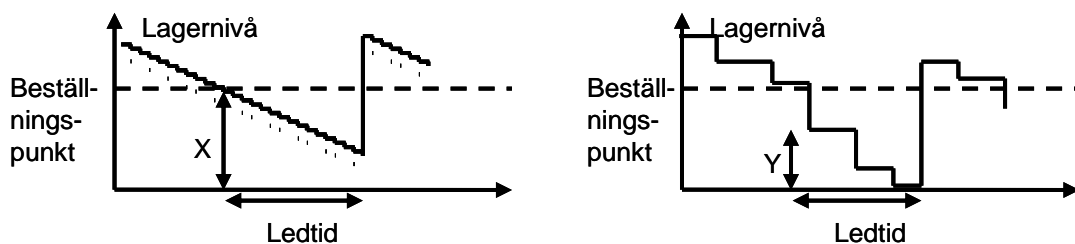


blemet med att uppnå godtagbara felmarginaler lösas genom att utgå från kortare periodlängd än månad, exempelvis dag. Se exempelvis Mattsson (2007a).

## 7 Använder modeller som utgår från att alla lageruttag är ett styck

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.

Vad som händer när lageruttagen är större än ett styck illustreras i figur 2. 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 2 Beställningspunktssystem med överdrag

Att inte ta hänsyn till att lageruttag är större än ett styck, dvs. inte ta hänsyn till överdrag, medför att den servicenivå som erhålls blir mindre än den man önskar och dimensionerat säkerhetslagret för. Sådana överdrag kan beräknas och man kan följaktligen ta hänsyn till dem. Se exempelvis Mattsson (2007b). För att studera effekterna av att inte ta hänsyn till förekommande överdrag har erhållna servicenivåer med respektive utan hänsyn tagen till överdrag simulerats. I båda fallen har önskad servicenivå satts till 98 %, efterfrågefördelningen antagits vara normalfördelad och ett periodiskt beställningspunktssystem för att generera lagerpåfyllnadsorder använts. Resultaten från simuleringarna visas i tabell 6.

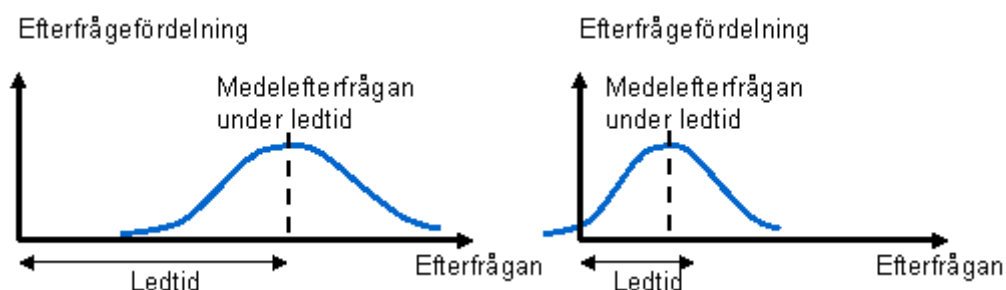
Tabell 6 Effekter på erhållna servicenivåer av att ta hänsyn till överdrag vid lagerstyrning

Fallföretag	Utan hänsyn tagen till överdrag	Med hänsyn tagen till överdrag	Differens	Medelledningstid i dagar
A	95,2	96,5	-1,3	29
B	94,2	96,8	-2,6	9
C	91,4	94,9	-3,5	4
D	96,1	97,2	-1,1	30

I tabellen visas erhållna servicenivåer och skillnader i procentenheter med respektive utan hänsyn till förekommande överdrag i medeltal för samtliga artiklar från de olika fallföretagen. Som framgår av tabellen är inverkan av överdrag påtaglig för samtliga fallföretag men störst för de fallföretag som har kortast ledtider. Detta är förväntat eftersom överdragets storlek i förhållande till efterfrågan under ledtid blir större ju kortare ledtiderna är.

## 8 Använder normalfördelning trots att förutsättningarna inte är uppfyllda

Den både i litteraturen och vid lagerstyrning i praktiken klart mest använda fördelningen för att modellera efterfrågevariationer är normalfördelningen. Orsaken till detta är att normalfördelningen i allmänhet ganska väl återspeglar i verkligheten förekommande efterfrågefördelningar eftersom efterfrågevariationerna under ledtiden kan betraktas som sammansatta av flera oberoende slumpmässigt inträffade händelser som adderas. Dessutom är normalfördelningen från beräkningssynpunkt mycket attraktiv att använda. Normalfördelningen har emellertid en del användarmässiga begränsningar. (Lau, 1989 samt Razi och Tarn, 2003). Speciellt gäller detta vid stora efterfrågevariationer eftersom normalfördelningen är symmetrisk kring sitt medelvärde och vid korta ledtider då den riskerar att inkludera negativa efterfrågevärden. Vad som händer vid korta ledtider illustreras i figur 3. 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.



Figur 3 Illustration av vad som händer med normalfördelningsfunktionen för efterfrågan under ledtid när ledtiden är lång respektive kort.

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 Schönsleben (2004) att normalfördelningen kan användas om medelefterfrågan är större än 2,5 gånger standardavvikelsen och Fagan (1984) att normalfördelningen kan användas om medelefterfrågan är större än 1,7 gånger standardavvikelsen. Ett lämpligt kriterium för att anta att en efterfrågan är normalfördelad kan därför sättas till 2.

Även om det ofta är rimligt att anta normalfördelad efterfrågan är det inte särskilt självklart att så alltid är fallet. För att analysera vad det betyder med avseende på erhållna servicenivåer i förhållande till de servicenivåer säkerhetslagret dimensioneras för att utgå från normalfördelad efterfrågan har jämförelser gjorts med så kallade empirisk efterfrågefördelning. Med empirisk efterfrågefördelning menas den efterfrågefördelning som genererats med utgångspunkt från efterfrågehistorik, exempelvis sådan den varit under föregående år. Den kan sålunda betraktas som den historiskt sett verkliga efterfrågefördelningen. Olika sätt att generera en sådan efterfrågefördelning finns exempelvis redovisad i Mattsson (2007b). Vid jämförelserna mellan erhållna servicenivåer vid användning av normalfördelning respektive empirisk fördelning har önskad servicenivå satts till 98 %, hänsyn tagits till överdrag och ett periodiskt beställningspunktssystem för att generera lagerpåfyllnadsorder använts. Resultaten från simuleringarna visas i tabell 7.

Tabell 7 Jämförelse mellan erhållna servicenivåer vid säkerhetslagerberäkning baserad normalfördelad efterfrågan respektive empirisk efterfrågan

<i>Fall-företag</i>	<i>Normalfördelad Efterfrågan</i>	<i>Empirisk efterfrågan</i>	<i>Differens</i>	<i>Andel art. med normalfördelning</i>
A	96,5	97,8	-1,3	27
B	96,8	97,9	-1,1	9
C	94,9	97,6	-2,7	4
D	97,2	97,9	-0,7	49

På samma sätt som ovan visas erhållna servicenivåer och skillnader mellan dem i procentenheter i tabellen. Dessutom visas den andel artiklar i respektive fallföretag som uppfyller ovanstående kriterium för att vara normalfördelade. Skillnaderna mellan de servicenivåer som erhålls med normalfördelning och önskade servicenivåer kan inte betraktas som försumbara. De detaljerade resultaten från studien visar också klart att överensstämmelsen blir bättre ju högrörligare artiklarna är och i ju större utsträckning de uppfyller normalfördelningskriteriet.

## 9 Baserar dimensioneringen av säkerhetslager på prognosfel

Två alternativa utgångspunkter för beräkning av standardavvikelser för dimensionering av säkerhetslager förekommer, dels beräkning med utgångspunkt från variationer i den historiska efterfrågan och dels med utgångspunkt från prognosfel, dvs skillnader mellan prognostiserad och verklig efterfrågan. Sådana prognosfel kan emellertid endast bli lika med efterfrågans variationer om prognosen är medelvärdesriktig under de perioder som standardavvikelseberäkningen omfattar, dvs. att prognosen är lika med efterfrågans me-

delvärde under dessa perioder. Så är inte fallet om man använder prognosmetoder som exempelvis glidande medelvärde eller exponentiell utjämning. Vid användning av dessa metoder kommer prognostiserad efterfrågan per period att variera runt den sanna medelefterfrågan. Ju färre perioder som ingår i glidande medelvärdeberäkningen och ju större utjämningskonstanten är vid exponentiell utjämning, desto större kommer prognosfelsvariationerna att bli. Standardavvikelse baserade på prognosfel kommer därför att avvika från standardavvikelse baserade på efterfrågevariationer.

För att analysera eventuella skillnader mellan standardavvikelse baserade på efterfrågevariationer och standardavvikelse baserade på prognosfel har fyra olika standardavvikelse beräknats varje månad med avseende på de tolv senaste månadernas efterfrågan för varje artikel från de olika fallföretagen. En baseras på efterfrågevariationer och tre på prognosfel från prognoser beräknade med exponentiell utjämning med utjämningskonstanten lika med 0,1, 0,2 respektive 0,3. Medelvärdena av dessa standardavvikelse har därefter beräknats för varje artikel och slutligen för hela artikelsortimentet för respektive företag. Erhållna skillnader mellan standardavvikelse för respektive prognosfelsvariant och standardavvikelse för efterfrågevariationerna redovisas i tabell 8 uttryckta i procent av standardavvikelse för efterfrågevariationerna.

Tabell 8 Skillnader mellan standardavvikelse baserade på prognosfel och efterfrågevariationer i procent

<i>Företag</i>	<i>Alfa = 0,1</i>	<i>Alfa = 0,2</i>	<i>Alfa = 0,3</i>
A	3,8	6,4	9,2
B	4,1	6,6	9,3
C	4,4	6,8	9,5
D	4,6	7,1	9,8

Som framgår av tabellen blir standardavvikelsen större om den baseras på prognosfel i stället för efterfrågevariationer. Skillnaderna blir också större ju högre utjämningsfaktor är. Motsvarande resultat skulle fås om man i stället använder glidande medelvärde. Skillnaderna skulle då öka med minskande antal perioder i medelvärdeberäkningen.

## 10 Slutsatser

Resultaten av de konsekvensanalyser av förekommande tveksamt korrekt tillämpning av vanligt använda lagerstyrningsmodeller visar att man genom sådant tillvägagångssätt i sex av de sju fallen erhåller påtagligt lägre servicenivåer jämfört med de som man önskat och som lagerstyrningssystemet dimensionerats för. I det sjunde fallet blir servicenivån högre än vad man avser. I samliga fall får man bara i medeltal avvikande servicenivåer. Det uppkommer också en otillfredsställande stor spridning mellan olika artiklar beroende på respektive artikels efterfrågekarakteristik. Avvikelse i medelservicenivåer och spridningen mellan olika artiklars servicenivåer leder också till att man får en i förhållande till erhållen servicenivå för hög kapitalbindning i säkerhetslager.

## Referenser

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

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

Krupp, J. (1997) Safety stock management, Production and Inventory Management Journal, 3<sup>rd</sup> Qtr, sid 11-18.

Lau, H-S. (1989) Toward an inventory control system under non-normal demand and lead-time uncertainty, Journal of Business Logistics, Vol. 10 No. 1, sid 88 – 103.

Mattsson, S-A. (2002) En jämförelse av olika servicenivåbegrepp i beställningspunktsystem, Forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

Mattsson, S-A. – Jonsson,P. (2003) Produktionslogistik, Studentlitteratur.

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

Mattsson, S-A. (2007a) Standardavvikelser för säkerhetslagerberäkning, Intern forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

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

Razi, M. – Tarn, M. (2003) An applied model for improving inventory management in ERP systems, Logistics Information Management, Vol. 16 No. 2.

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

Vaughan, T. (1995) The effect of sampling variability on statistical order point computation, Production and Inventory Management Journal, 3<sup>rd</sup> Qtr, sid 84-87.