

Utvärdering av fem metoder för dimensionering av säkerhetslager med avseende på kapitalbindning

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Ett antal metoder för dimensionering av säkerhetslager finns publicerade i litteraturen och använda i praktiken. Det är rimligt att förvänta sig att dessa metoder presterar olika bra med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss önskad leveransförmåga och att skillnaderna mellan dem är beroende av vad det är för typ av leveransförmåga som eftersträvas. I den här studien har fem olika metoder utvärderats i detta avseende; säkerhetslager beräknat som antal dagars medelefterfrågan, beräknat som procent av medelefterfrågan under ledtid, beräknat med utgångspunkt från cykelservice (Serv1), beräknat med utgångspunkt från fyllnadsgradsservice (Serv2) respektive beräknat från uppskattade bristkostnader. Studien har genomförts med hjälp av simulering av efterfrågedata från fyra olika företag. De resultat som erhållits från simuleringarna kan sammanfattas enligt följande.

Med avseende på orderradsservice och efterfrågeservice, dvs leveransförmåga mätt som andel orderrader som kan levereras komplett direkt från lager respektive andel av efterfrågad volym som kan levereras direkt från lager, är de båda proportionalitetsmetoderna antal dagars efterfrågan och procent av ledtidsefterfrågan alltid att föredra framför de statistiska metoder som utgår från cykelservice respektive fyllnadsgradsservice. Detta är tvärt emot den vanliga uppfattningen. Är ledtiderna för olika artiklar mycket olika presterar procentmetoden något bättre än antalsmetoden. Om i stället volymvärdeservice, dvs andelen av omsättningen i kronor som kan levereras direkt från lager, används som mått på erhållen leveransförmåga är de båda statistiska metoderna bättre än de båda proportionalitetsmetoderna. Oavsett valt mått på erhållen leveransförmåga medför bristkostnadsmetoden ett gynnsammare förhållande mellan totalt erhållen leveransförmåga och total kapitalbindning i säkerhetslager än alla de övriga metoderna.

1 Inledning

Ett grundläggande problem vid lagerstyrning är att efterfrågan under den tid det tar att återanskaffa lämpliga kvantiteter i större eller mindre utsträckning är okänd och att den varierar på ett i huvudsak oförutsägbart sätt. För att kunna gardera sig mot sådana osäkerheter och variationer och därigenom åstadkomma en konkurrensduglig leveransförmåga använder man sig av säkerhetslager. Så är fallet både för lager av råmaterial och komponenter för tillverkning av produkter och för lager av färdiga produkter som levereras till externa kunder. Den kapitalbindning som ett säkerhetslager ger upphov till är

det pris man får betala för att uppnå en önskad leveransförmåga. Följaktligen är det väsentligt att dimensionera säkerhetslager på ett sådant sätt att den resursförbrukning som kapitalbindningen innebär står i rimlig proportion till de värden som en högre leveransförmåga medför.

I litteraturen och till stor del i praktisk användning i företag förekommer fyra olika kategorier av metoder för att dimensionera säkerhetslager. Den första av dessa kategorier kan kallas bedömningsmetoder och karakteriseras av att säkerhetslagerkvantiteten uppskattas på mer eller mindre intuitiva och erfarenhetsmässiga grunder. Inga formella beräkningar görs. Den andra kategorin kan kallas proportionalitetsmetoder. Metoder tillhörande denna kategori kännetecknas av att vara baserade på beräkningar och att lämplig säkerhetslagerstorlek sätts proportionell mot efterfrågans storlek, exempelvis antal dagars medelefterfrågan. Även dessa metoder har bedömningsmässiga inslag eftersom den proportionalitetsvariabel som används för beräkningarna sätts på bedömningsmässiga grunder. I motsats till övriga två beräkningskategorier tar dessa metoder ingen hänsyn till efterfrågevariationernas storlek. Dessutom medför ingen av dem att säkerhetslagerdimensioneringen får en tydlig och direkt koppling till någon form av servicenivå som uttryck för leveransförmåga eller till de kostnader som uppkommer när brister uppstår.

Den tredje kategorin kan kallas statistiska metoder eftersom de vid beräkning av säkerhetslager utgår från statistiska fördelningar som beskriver efterfrågevariationerna. Metoderna karakteriseras också av att säkerhetslagrets storlek beräknas med utgångspunkt från en önskad leveransförmåga uttryckt som en servicenivå. Servicenivån sätts på bedömningsmässiga eller policymässiga grunder, oftast uttryckt som en procentsats. Även den fjärde kategorin metoder, här kallade bristkostnadsmetoder, utgår från statistiska fördelningar som beskriver förekommande efterfrågevariationer. I motsats till de statistiska dimensioneringsmetoderna baseras emellertid säkerhetslagrets storlek på någon form av minimering av summa lagerhållningskostnader och bristkostnader.

Bland proportionalitetsmetoderna är säkerhetslager lika med ett antal dagars medelefterfrågan respektive lika med en procentsats av medelefterfrågan under ledtid vanligast förekommande. Av 48 studerade läroböcker om lagerstyrning beskrivs den första i 7 läroböcker och den andra i 6. Ingen forskningsartikel som behandlar proportionalitetsmetoder har hittats. De båda metoderna är mycket frekvent använda i praktiken. Enligt Silver et al. (1998, sid 244) använder storleksordningen 80 % av amerikanska företag antalet dagars medelefterfrågan för att dimensionera säkerhetslager. En studie av metodanvändning i svensk industri visade att 44 % av medelstora och stora företag använde endera av de båda metoderna (Jonsson och Mattsson, 2005).

Av de statistiska metoderna för att dimensionera säkerhetslager är två helt dominerande, den som bygger på att säkerhetslager beräknas med utgångspunkt från cykelservice (Serv1) definierat som andel lagercykler utan brist och den som bygger på att säkerhetslager beräknas med utgångspunkt från fyllnadsgradsservice (Serv2) definierat som andel av efterfrågan som levereras direkt från lager under en period i förhållande till total efterfrågan. 43 av de genomgångna läroböckerna behandlade cykelservicemetoden och 24 metoden med fyllnadsgradsservice. Av de statistiska metoderna är det också praktiskt taget uteslutande någon av dessa som används i praktiken och som det finns stöd för i affärssystem för lagerstyrning (Tersine, 1994, sid 233, Silver et al. 1998; sid 245).

De i litteraturen vanligast publicerade bristkostnadsmetoderna för att dimensionera säkerhetslager skiljer sig i första hand åt med avseende på vad bristkostnaden representerar. Silver et al. (1998, 260) behandlar följande tre; kostnad per bristtillfälle, kostnad per bristande enhet och kostnad per bristande enhet och den tid som bristen varar. Det är den andra av dessa som kan anses ha mest praktisk tillämpbarhet. Endast detta alternativ har behandlats i den här studien. 8 av de genomgångna läroböckerna behandlade bristkostnadsmetoder.

2 Teoretiska utgångspunkter

2.1 Värdering av olika dimensioneringsmetoder

Av uppenbara skäl kan val av dimensioneringsmetod förväntas vara av stor betydelse för att få ett så gynnsamt förhållande som möjligt mellan den kapitalbindning som krävs i form av säkerhetslager och den leveransförmåga ett sådant säkerhetslager kan åstadkomma. Trots detta kan man efter en litteraturgenomgång konstatera att det är ytterst få forskningsartiklar och avsnitt i facklitteraturen som redovisar bedömningar och värderingar av metodernas effektivitet för att dimensionera säkerhetslager. Med avseende på utvärdering av metoden antal dagars medelefterfrågan hävdar Silver et al. (1998, sid 244) att ”this approach is seriously in error because it fails to take account of the difference in uncertainty of forecasts from item to item”. Jonsson och Mattsson (2009, sid 267) påpekar att motsvarande nackdelar gäller metoden procent av ledtidförbrukning men att denna metod jämfört med antal dagars medelefterfrågan tar hänsyn till att ledtider för lagerpåfyllnad är olika för olika artiklar.

Även med avseende på de statistiska dimensioneringsmetoderna finns endast några få olika synpunkter på respektive metods styrkor och svagheter redovisade. Cykelservice-metoden anses av några vara mer attraktiv att använda ur beräkningssynpunkt än metoden som bygger på fyllnadsgradsservice. Se exempelvis Axsäter (2006, sid 33). Cykelservicemetoden medför emellertid också en rad problem som bland andra påpekats av Tyworth (1992) och Jonsson och Mattsson (2009, sid 269). Ett av dessa problem är att metoden jämfört med den metod som bygger på fyllnadsgradsservice inte tar hänsyn till orderstorlekar på inleveranser och därmed inte till antalet bristexponeringar per period. Används samma servicenivå för samtliga artiklar i ett sortiment, kommer följaktligen artiklar som omsätts ofta att råka ut för fler brister än artiklar som omsätts sällan om standardavvikelsen för efterfrågevariationerna under ledtid är desamma. Andel lagercykler utan brist säger heller inte någonting om längden på respektive bristtillfälle, endast i vilken utsträckning som brist kan inträffa. Cykelservice säger dessutom inte något om hur stora kvantiteter det är som brister. Därmed kan det inte betraktas som ett bra mått på hur kunder drabbas av brister. På grund av bristen på hänsyn till inleveransfrekvens menar Axsäter (2006, sid 33) att cykelservicemetoden ”cannot be recommended for inventory control in practice”. Tyworth (1992) talar om nödvändigheten av ett paradigmskifte och en övergång från användning av cykelservice till fyllnadsgradsservice.

Zeng och Hayya (1999) har gjort en analytisk jämförelse av de båda metoderna för några olika efterfrågefördelningar och på enskilda artiklar. De konstaterar att samma servicenivå medför olika höga lageromsättningshastigheter och lagerstyrningskostnader och att vilken typ av servicenivå som ger bäst resultat beror på förhållandet mellan orderkvantitet och efterfrågevariation under ledtid. Att jämföra de båda servicenivåtyperna

med samma servicenivå upplevs inte som meningsfullt eftersom de står för helt olika saker. Skall jämförelser göras bör de rimligtvis göras med avseende på samma typ av erhållen servicenivå. Coleman (2000) påpekar också att det är av avgörande betydelse för säkerhetslagrets storlek att inte blanda ihop de båda servicenivåtyperna.

Någon värdering av olika bristkostnadsmetoder har inte kunnat hittas i litteraturen. Inte heller någon värdering av bristkostnadsmetoder i förhållande till andra typer av metoder. Detta är inte förvånansvärt eftersom bristkostnadsmetoderna mer eller mindre per definition kan förväntas prestera bättre resultat eftersom de är optimeringsmetoder. Den stora svårigheten med att använda bristkostnadsmetoderna är att det är mer eller mindre omöjligt att beräkna de bristkostnader som används i metoderna. Anledningen är att bristkostnader alltid är situationsspecifika och därmed inte kan fastställas generellt och i förväg.

2.2 Åstadkommen leveransförmåga och erhållen servicenivå

I den teori om säkerhetslagerberäkning som studerats inom ramen för det här arbetet saknas helt diskussioner om vad det är man vill åstadkomma med dimensionering av säkerhetslager annat än i allmänna termer av typ förbättrad leveransförmåga och sänkt kapitalbindning. Det är emellertid rimligt att föreställa sig att det finns ett samband mellan sättet att dimensionera säkerhetslager och den påverkan säkerhetslagren får på verksamheten och att följaktligen sättet att dimensionera säkerhetslager bör utgå från vad man vill uppnå, exempelvis att behöva restnotera så få kundorder som möjligt, förlora så lite täckningsbidrag som möjligt, eller kunna leverera så stora efterfrågevolymmer som möjligt direkt från lager i förhållande till den kapitalbindning som säkerhetslagret innebär.

Litteraturgenomgången visade också att mycket få författare diskuterar erhållen servicenivå, dvs den leveransförmåga man får genom att välja ett visst värde på dimensioneringsvariabeln. Med undantag för Pursche (1975), Mattsson (2002, sid 144) och Mattsson (2010, sid 62) påpekas det inte ens att det för de statistiska dimensioneringsmetoderna föreligger skillnader i de servicenivåbegrepp som används vid dimensionering, dvs cykelservice respektive fyllnadsgradsservice, och olika servicenivåbegrepp som används för uppföljning av erhållen servicenivå.

Med erhållen servicenivå menas allmänt i vilken utsträckning man kunnat tillfredsställa efterfrågan från ett lager. Begreppet representerar följaktligen ett tillgänglighetsmått, dvs ett mått på i vilken utsträckning en viss artikel är tillgänglig för att kunna direktlevereras när en efterfrågan uppstår. Eftersom olika artiklar påverkar den totala servicenivån olika mycket är det emellertid inte lämpligt att beräkna medelvärden av artiklars enskilda servicenivåer. Den totala servicenivån för hela artikelsortimentet måste i stället beräknas som ett viktat medelvärde av de olika ingående artiklarnas enskilda servicenivåer. Hur denna viktning bör ske avgörs av vilka konsekvenser uppkomna brister får och därmed av det mått på erhållen servicenivå som valts för att representera dessa konsekvenser.

Ett antal mått på erhållen servicenivå har bland andra beskrivits av Magee - Boodman (1967, sid 123), Pursche (1975) samt Fogarty - Blackstone - Hoffman (1991, sid 166). Tre av dessa är vanligt använda i industrin. Det som i första hand är använt vid leveranser mellan företag är orderradsservice (ORS). Det är det mått som anges i SCOR-

modellen för order-till-leverans processen. Måttet står för procentuell andel orderrader som under en period kunnat levereras direkt från lager och representerar fallet att konsekvensen av brist är en i huvudsak fast kostnad per order som inte är beroende av artikelns värde. Det inträffar exempelvis när brist leder till restorder som måste levereras vid ett senare tillfälle eller leder till att en kostnadskrävande expressleverans måste vidtas. Det inträffar också i ett lager av råmaterial, köpta komponenter och egentillverkade halvfabrikat när brist leder till kostnader för omplaneringar och störningar i produktionen. Syftet med säkerhetslagret är följaktligen i det här fallet att kunna leverera så många kompletta orderrader som möjligt direkt från lager och erhållen servicenivå mäts som andel av alla erhållna orderrader som kunnat levereras direkt från lager. För varje enskild artikel blir antalet orderrader som kunnat levereras komplett direkt från lager lika med dess servicenivå gånger det totala antalet erhållna orderrader. Antal orderrader per år och artikel är följaktligen de vikter som skall användas vid beräkning av den totala servicenivån för hela sortimentet.

Orderradsservice kan endast användas som mått på erhållen leveransförmåga om leveranser är förknippade med någon form av order. Två andra mått på erhållen leveransförmåga som inte kräver förekomst av order är volymvärdeservice och efterfrågeservice. Volymvärdeservice (VVS) kan definieras som den andel av totalt levererat volymvärde som kunnat levereras direkt från lager. Det representerar fall där bristkostnaden i någon mån är proportionell mot artiklars värde vilket exempelvis är fallet när brist leder till förlorad försäljning. Syftet med säkerhetslagret är följaktligen i det här fallet att direkt från lager kunna leverera så stor del av efterfrågan som möjligt uttryckt i form av volymvärde. För varje enskild artikel blir levererat volymvärde dess servicenivå gånger efterfrågan uttryckt som volymvärde, dvs levererade volymvärden per år och artikel är de vikter som skall användas vid beräkning av den totala servicenivån för hela sortimentet.

Med efterfrågeservice (EFS) menas den andel av den totala efterfrågan i lagerförd enhet, exempelvis styck, som kunnat levereras direkt från lager. Efterfrågeservice representerar fall där förlorad försäljning på grund av brist innebär en lika stor nackdel oavsett artikelns värde och representerar ur bristkostnadssynpunkt fallet att konsekvensen av brist är en i huvudsak fast kostnad per enhet. Alternativet motsvarar snarast orderradsservice och kan användas vid leveranser där det inte förekommer order kopplade till leveranser. Syftet med säkerhetslager är i det här fallet att direkt från lager kunna leverera så stor del av efterfrågan uttryckt som volym som möjligt. För varje enskild artikel blir levererad volym dess servicenivå gånger efterfrågan, dvs levererade volymer per år och artikel är de vikter som skall användas vid beräkning av den totala servicenivån för hela sortimentet. Detta mått på erhållen servicenivå är identiskt med fyllnadsgradsservice.

2.3 Artikelperspektiv vs systemperspektiv

Av litteraturgenomgången framgår också att säkerhetslagerdimensionering genomgående betraktas från ett artikelperspektiv och inte från ett systemperspektiv. Det innebär att varje artikels säkerhetslager dimensioneras med utgångspunkt från de förhållanden som råder för respektive artikel utan hänsyn till övriga artiklar i en artikelgrupp eller ett komplett artikelsortiment. Med ett sådant betraktelsesätt kommer av uppenbara skäl varje artikel att få lika stort säkerhetslager om man vill uppnå en viss erhållen servicenivå oavsett vilken dimensioneringsmetod som används. Med detta perspektiv är följ-

aktligen de olika dimensioneringsmetoderna likvärdiga. Enda skillnaden mellan dem är svårigheten att välja ett lämpligt värde på den dimensionerande variabeln. Att välja lämpligt antal dagar är exempelvis betydligt svårare än att välja lämplig fyllnadsgradservice eftersom denna senare dimensioneringsvariabel i stor utsträckning motsvarar servicenivåbegrepp som kan uttrycka servicenivå ur leveranssynpunkt.

Artikelperspektivet innebär i realiteten att man väger den erhållna servicenivån för varje artikel mot den kapitalbindning i säkerhetslager som krävs för att uppnå den medan systemperspektivet innebär att man betraktar den samlade leveransförmågan som totalt erhålls för alla artiklar i en artikelgrupp och väger denna mot den totala kapitalbindning i säkerhetslager som krävs för att uppnå den. Att man bör betrakta säkerhetslagerdimensionering ur ett systemperspektiv torde i de flesta sammanhang vara uppenbart. Olika artiklar har olika priser och kostar därmed olika mycket ha i lager om förhållandena i övrigt är lika. Dessutom bidrar olika artiklar olika mycket till den erhållna servicenivån för en hel artikelgrupp. Om exempelvis orderradsservice används som mått på erhållen leveransförmåga, bidrar artiklar med många kundorder per år mer till den totalt erhållna servicenivån än artiklar med få kundorder per år. Följaktligen bör inte alla artiklar dimensioneras så att de erhåller samma utgående servicenivå om man vill åstadkomma en viss leveransförmåga med så låg kapitalbindning som möjligt. Coleman (2000) hävdar också att ”Applying the same service level target to all items is a mistake”. Detta motsägs av Tyworth (1992) som förordar fyllnadsgradsservice med motiveringen att den åstadkommer samma erhållna servicenivå för alla artiklar.

Att sätta samma värde på dimensioneringsvariabeln för alla artiklar innebär emellertid inte att alla artiklar får samma erhållna servicenivå. På grund av ofullkomligheter i dimensioneringsmodellerna kommer man att få olika utgående servicenivåer för olika artiklar. Att så är fallet kan tolkas som en oavsiktlig differentiering. För fyllnadsgradsservice har sådana olikheter påvisats av Mattsson (2003) vilket också motsäger Tyworth.

3 Syfte och avgränsningar

Diskussionen i föregående avsnitt kan sammanfattas enligt följande.

- Om man bortser från svårigheter att välja lämpliga värden på dimensioneringsvariablerna är alla metoder som bygger på beräkningar likvärdiga med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss servicenivå för en enskild artikel.
- På grund av ofullkomligheter i de beräkningsmodeller som används för att tillämpa de olika metoderna och avseende sambanden mellan dimensioneringsvariabler och erhållen servicenivå kommer olika artiklar att erhålla olika hög verklig servicenivå, dvs servicenivåerna kommer att differentieras.
- En metods lämplighet måste med avseende på den kapitalbindning som krävs värderas i förhållande till den typ av leveransförmåga som eftersträvas.
- En metods lämplighet måste också värderas med utgångspunkt från en artikelgrupps totala kapitalbindning och totala leveransförmåga.

- Olika artiklar kostar olika mycket att ha i lager och de bidrar olika mycket till den totala leveransförmågan.
- Olika metoder differentierar servicenivån på olika sätt och i olika utsträckning och påverkar därför kapitalbindningen i olika omfattning beroende på den typ av leveransförmåga som eftersträvas.

Mot bakgrund av ovanstående slutsatser är syftet med det här arbete att studera i vilken utsträckning storleken på säkerhetslager för grupper av artiklar skiljer sig åt beroende på vilken metod som används för säkerhetslagerdimensioneringen och beroende på vilken typ av leveransförmåga som eftersträvas. Syftet är också att studera i vilken utsträckning orderstorlekar, ledtider och storleken på den dimensionerande servicenivån påverkar resultaten för respektive metod.

Studien omfattar samtliga de i avsnitt 1 nämnda dimensioneringsmetoderna utom de rena bedömningsmetoderna. Dessa är av naturliga skäl ointressanta eftersom de helt och hållet är kopplade till den eller de som gör bedömningarna.

Variationer i efterfrågan under ledtid påverkas även av variationer i ledtid. I den här studien har emellertid ledtiden antagits vara konstant. Detta antagande kan inte anses ha någon signifikant betydelse för de erhållna resultaten eftersom förekommande skillnader i säkerhetslagerstorlekar är en effekt av den aggregerade standardavvikelsen för efterfrågan under ledtid och inte individuellt beroende av efterfrågevariationer eller ledtidsvariationer. Den enda effekt antagandet har är att den totala standardavvikelsen för efterfrågan under ledtid blir mindre än om ledtiderna tillåts variera.

I studien behandlas inte differentiering av servicenivåer med hjälp av någon form av ABC-klassificering. Värdet på respektive differentieringsvariabel är sålunda identisk för samtliga artiklar. En annan avgränsning är att ekonomisk orderkvantitet enligt kvadratrotsformeln används för att bestämma hur stor orderkvantiteten skall vara per inleveransstillfälle.

4 Dimensioneringsmetoder och differentieringseffekter

Som påpekades ovan kommer den erhållna servicenivån att bli olika för olika artiklar även om värdet på den dimensionerande variabeln är den samma för samtliga artiklar. Man får med andra ord en artikelindividuell differentiering av erhållna servicenivåer. Detta beror på att de beräkningsmodeller som används bygger på ett antal förenklande antagande, exempelvis vad gäller efterfrågefördelning, och på att dimensioneringsvariablerna inte är identiska med det servicenivåmått som används för att mäta verkligt erhållen servicenivå. I det här avsnittet diskuteras varför denna differentiering uppkommer och hur den kan förväntas påverka kapitalbindningens storlek och den erhållna totala servicenivån.

4.1 Antal dagars efterfrågan

Det enklaste och i praktisk tillämpning mest använda sättet att dimensionera säkerhetslager är att sätta säkerhetslagret lika med ett antal dagars medelefterfrågan. Med en sådan dimensioneringsvariabel kommer artiklar med stor efterfrågan att få jämförelsevis

högre säkerhetslager än artiklar med låg efterfrågan och därmed också högre efterfrågeservice. Eftersom den totala efterfrågeservicen påverkas mer av artiklar med hög efterfrågan än artiklar med låg efterfrågan kommer den totala efterfrågeservicen också att ytterligare gynnas av detta sätt att dimensionera säkerhetslager då varje artikels egen servicenivå viktas med dess efterfrågan per år. Till detta kommer att artiklar med hög efterfrågan i styck ofta har lägre priser än artiklar med låg efterfrågan vilket i sin tur innebär att kapitalbindningen i säkerhetslager påverkas förhållandevis mindre av höga servicenivåer för artiklar med hög efterfrågan.

Att artiklar med hög efterfrågan ofta har lägre priser än artiklar med låg efterfrågan medför att servicenivåerna för artiklar med höga volymvärden inte kommer att viktas lika mycket som när efterfrågeservice används. Enligt Brown (1959, sid 122) finns dessutom ett samband mellan storleken på standardavvikelsen och storleken på volymvärdet som medför att en ökad volymvärdeservice i stor utsträckning åtföljs av ett ökat säkerhetslager. Detta i sin tur leder till ett mindre gynnsamt förhållande mellan erhållen servicenivå och kapitalbindning. Man kan därför inte förvänta sig att antal dagars medelefterfrågan är en lämplig metod vid användning av volymvärdeservice som mått på leveransförmåga.

Stora efterfrågevolymer motsvarar ofta många order. Många order innebär i sin tur mindre efterfrågevariationer och därmed mindre standardavvikelser för efterfrågan under ledtid. Detta verkar gynnsamt på det säkerhetslager som krävs för att uppnå en viss önskad total orderradsservice. Eftersom de olika artiklarnas orderradsservice viktas med antalet kundorder kommer förhållandet mellan den totala orderradsservicen och den totala kapitalbindningen att förstärkas ytterligare. På motsvarande sätt som för efterfrågeservice tillkommer, att artiklar med hög efterfrågan ofta har lägre priser än artiklar med låg efterfrågan, vilket i sin tur innebär att kapitalbindningen i säkerhetslager påverkas förhållandevis mindre av höga servicenivåer för artiklar med hög efterfrågan.

4.2 Procent av efterfrågan under ledtid

Att dimensionera säkerhetslager som en procentsats av efterfrågan under ledtid kan också betraktas som en proportionalitetsmetod. Även denna metod innebär att man beräknar säkerhetslagret som ett antal dagars efterfrågan eftersom säkerhetslagrets storlek kan uttryckas som procentsatsen gånger ledtidens längd i dagar gånger medelefterfrågan per dag. Enda skillnaden är att procentmetoden anpassar antalet dagar till ledtidens längd. Utöver påverkan från olika ledtider har därför procentmetoden samma egenskaper med avseende på hur de tre olika typerna av erhållen servicenivå påverkas. Med andra ord kan man förvänta sig att procentmetoden är gynnsam med avseende på hur stor kapitalbindning som krävs för orderradsservice och efterfrågeservice medan man inte kan förvänta sig samma resultat för volymvärdeservice.

Metodens anpassning av antalet dagar till ledtidens längd leder till att det blir färre artiklar med mycket små säkerhetslager när ledtiderna är mycket långa eller mycket stora säkerhetslager när ledtiderna är mycket korta vilket kan bli fallet när antalsmetoden används. Man kan därför förvänta sig att procentmetoden i allmänhet leder till ett bättre förhållande mellan leveransförmåga och kapitalbindning än antalsmetoden.

4.3 Cykelservice

Cykelservicemetoden innebär att säkerhetslagret beräknas som standardavvikelsen för efterfrågevariationerna under ledtid gånger en säkerhetsfaktor som representerar sannolikheten att man inte skall få brist under en lagercykel. Den hämtas från en normalfördelningstabell eller beräknas med hjälp av Excel-funktionen $NORMSINV(\Phi(k))$. I motsats till de två föregående dimensioneringsmetoderna tar följaktligen cykelservicemetoden hänsyn till olikheter i efterfrågevariationer och ledtidernas längder. Ingen hänsyn tas emellertid till inleveransfrekvens trots att inleveransfrekvensen bestämmer lagercykels längd.

Som påpekades ovan motsvaras efterfrågeservice som mått på erhållen servicenivå av fyllnadsgradsservice för dimensionering av säkerhetslager. Följande samband gäller därför mellan de båda variablerna (Axsäter, 2006, sid 107).

$$EFS = FG = 1 - \frac{\sigma_{Lt}}{Q} \cdot G(\Phi^{-1}(CS)) \dots\dots\dots(1)$$

- där σ_{Lt} = standardavvikelsen för efterfrågevariationer under ledtid
 G = servicefunktionen
 Φ = normalfördelningsfunktionen
 Q = använd orderkvantitet

Om man antar att använd orderkvantitet beräknas med utgångspunkt från ekonomisk orderkvantitet kan ekvation (1) skrivas om enligt följande.

$$EFS = FG = 1 - \frac{\sigma_{Lt} \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{D}} \cdot Konstant \cdot G(\Phi^{-1}(CS)) \dots\dots\dots(2)$$

- där D = efterfrågan i styck per år
 p = pris per styck

Av ekvation (2) framgår att efterfrågeservicen ökar med ökande efterfrågan och med minskande priser. Att använda cykelservice innebär med andra ord en indirekt differentiering av efterfrågeservicen som av följande skäl kan förväntas leda till ett gynnsamt förhållande mellan total leveransförmåga och total kapitalbindning. Den ena skälet är att kapitalbindningen i ett säkerhetslager är proportionell mot pris per styck och att artiklar med höga priser enligt ekvation (2) tenderar att få lägre servicenivåer och därmed lägre säkerhetslager i styck. Det andra skälet är att artiklar med hög efterfrågan får en högre servicenivå än artiklar med låg efterfrågan vilket påverkar den totalt levererade volymen från lager positivt. Eftersom artiklarnas respektive efterfrågeservice viktas med efterfrågan kommer dessutom denna effekt att förstärkas ytterligare.

Uttrycket σ_{Lt}/\sqrt{D} kan betraktas som ett variationsmått liknande variationskoefficienten. Av ekvation (2) framgår då att fyllnadsgradsservicen även minskar med ökande relativ efterfrågevariation. Eftersom fyllnadsgradsservice är det servicenivåmått som närmst motsvarar orderradsservice kan man också av ekvation (2) utläsa att man kan förvänta sig högre orderradsservice ju lägre priset för en artikel är och ju lägre dess relativa variation är i de fall man använder cykelservice för att dimensionera säkerhetslager. Detta beror, av samma skäl som för efterfrågeservice, på att artiklar med höga priser tenderar att få lägre servicenivåer och därmed lägre säkerhetslager i styck vilket leder

till lägre kapitalbindning. Det beror också på att små variationer i efterfrågan framför allt förekommer vid högfrekvent efterfrågan, dvs för artiklar med många kundorder per år. Eftersom artiklarnas respektive orderradsservice viktas med antalet order kommer dessutom denna effekt att förstärkas ytterligare. Följaktligen kan man förvänta sig att användning av cykelservice bidrar både till högre servicenivå för artiklar som kräver liten kapitalbindning i säkerhetslager och till högre servicenivå för artiklar med många order per år.

För volymvärdeservice kan i stort sett samma resonemang som för efterfrågeservice föras. Den huvudsakliga skillnaden är att artiklarnas respektive servicenivåer viktas efter volymvärde och inte efter efterfrågad volym. Högt volymvärde kan emellertid uppkomma både därför att priset är högt och att efterfrågan är hög. Detta innebär att även artiklar med höga priser i viss utsträckning kommer att viktas upp vid beräkning av den totala volymvärdeservicen och därmed påverka kapitalbindningen negativt. Man kan därför inte förvänta sig ett lika gynnsamt förhållande mellan leveransförmåga och kapitalbindning med avseende på volymvärdeservice som för efterfrågeservice.

4.4 Fyllnadsgrad

Även vid användning av fyllnadsgradsservice beräknas säkerhetslagret som standardavvikelsen för efterfrågevariationerna under ledtid gånger en säkerhetsfaktor. Säkerhetsfaktorn bestäms i det här fallet genom att först beräkna den så kallade servicefunktionen.

$$SF(k) = (1 - FG) \frac{Q}{\sigma_{Lt}} \dots\dots\dots(3)$$

- där SF = servicefunktionen
 FG = fyllnadsgraden
 k = säkerhetsfaktorn
 Q = använd orderkvantitet
 σ_{Lt} = standardavvikelsen för efterfrågevariationerna under ledtid

Med hjälp av värdet på servicefunktionen beräknas därefter säkerhetsfaktorn eller alternativt hämtas från en tabell. Som framgår av formeln tar metoden som bygger på fyllnadsgradsservice även hänsyn till orderkvantiteter för inleveranser och därmed till lagercykeln längd och antal potentiella bristtillfällen per år.

Även om fyllnadsgradsservice är identisk med efterfrågeservice och dessutom den av olika dimensioneringsvariablerna som uppvisar störst likhet med orderradsservice och volymvärdeservice kommer man inte att få samma erhållna servicenivå för alla artiklar, även om man dimensionerar säkerhetslagret för samtliga artiklar med samma fyllnadsgradsservice. Detta beror på att de beräkningsmodeller som används bygger på ett antal förenklande antagande, speciellt vad gäller efterfrågefördelning. I den här studien har efterfrågan antagits vara normalfördelad. Denna fördelning är den överlägset mest använda fördelningen i företag som dimensionerar sina säkerhetslager med hjälp av cykelservice eller fyllnadsgradsservice.

Normalfördelningen är emellertid endast en rimligt bra approximation av verkliga efterfrågefördelningar för fall där antalet kundorder är förhållandevis stort. Om så inte är fallet leder normalfördelningsanvändning till att erhållen servicenivå blir lägre än den man planerat få vid dimensioneringen. (Se exempelvis Mattsson, 2003). Den differenti-

ering av erhållna servicenivåer som uppkommer av det här skälet leder till att artiklar med hög efterfrågan och hög orderfrekvens kommer att få högre servicenivåer. Detta i sin tur bidrar till att förhållandet mellan totalt erhållen orderrads-, volymvärde- respektive efterfrågeservice och den totala kapitalbindningen blir gynnsammare än om alla artiklar skulle fått samma erhållna servicenivå. Hur mycket bättre beror på hur efterfrågestrukturen ser. Man kan dock inte förvänta sig att förhållandet leveransförmåga/kapitalbindning blir lika gynnsamt som för antalsmetoden och procentmetoden eftersom fyllnadsgradsmetoden ger en betydligt större precision vid dimensionering av säkerhetslager och därmed mindre spridning av erhållna servicenivåer. Samma förhållande men i något mindre utsträckning kan förväntas gälla vid användning av cykelservice.

Av de fyra metoder som diskuterats hittills är det endast fyllnadsgradsservice som tar hänsyn till inleveranskvantiteter, dvs. till antalet bristtillfällen och därmed antalet bristexponeringar per år. Eftersom antalet bristtillfällen per år är proportionellt mot roten ur volymvärdet medför användning av fyllnadsgradsservice att artiklar med höga volymvärden får högre säkerhetslager. För fall där volymvärdeservice används som mått på erhållen leveransförmåga är detta önskvärt för att åstadkomma ett så gynnsamt förhållande mellan total servicenivå och total kapitalbindning som möjligt. Man kan därför förvänta sig att vid användning av volymvärdeservice som mått på erhållen leveransförmåga fyllnadsgradsservice presterar jämförelsevis likvärdiga eller bättre resultat än de tre övriga dimensioneringsmetoderna ovan.

4.5 Bristkostnader

Med bristkostnadsmetoden beräknas storleken på säkerhetslagret genom att optimera summan av lagerhållningskostnader och bristkostnader. För fallet med orderradsservice och med antagandet att brist inte leder till förlorad försäljning blir då sannolikheten att brist inte inträffar under en lagercykel enligt följande (Tersine, 1994, sid 224).

$$\Phi(k) = 1 - (Pris \cdot Lhf \cdot Q) / (Bkg \cdot Ant)$$

där Lhf = lagerhållningsfaktor
 Q = använd orderkvantitet
 Bkg = bristkostnad restordertillfälle
 Ant = antal kundorder per år

För fallet med volymvärdeservice och efterfrågeservice och med antagandet att brist medför förlorad försäljning blir i stället sannolikheten att brist inte inträffar under en lagercykel enligt följande (Tersine, 1994, sid 216).

$$\Phi(k) = 1 - (Pris \cdot Lhf \cdot Q) / (Bks \cdot D + Pris \cdot Lhf \cdot Q)$$

där Lhf = lagerhållningsfaktor
 Q = använd orderkvantitet
 Bks = bristkostnad per styck
 D = efterfrågan per år

För fallet med volymvärdeservice har bristkostnaden per styck satts lika med en procentsats gånger respektive artikels pris i stället för en fast bristkostnad per styck. Lager-

hållningsfaktorn har i båda fallen satts till 0,25. I samtliga fall hämtas därefter säkerhetsfaktorn k från en normalfördelningstabell eller beräknas med hjälp av Excel-funktionen $NORMSINV(\Phi(k))$.

På samma sätt som vid användning av cykelservice och fyllnadsgradsservice tar säkerhetslagerberäkningen hänsyn till efterfrågevariationer under ledtid. Hänsyn tas också till hur stora inleveranskvantiteterna är och därmed antalet bristexponeringar per år. Det som framför allt skiljer bristkostnadsmetoden från de fyra tidigare beskrivna metoderna är emellertid att den bygger på kostnadsoptimering med full hänsyn till bristkostnader och lagerhållningskostnader inklusive kapitalbindningskostnader. Metoden kan därför förväntas vara bättre än alla de övriga fyra vad gäller att åstadkomma ett gynnsamt förhållande mellan total leveransförmåga och total kapitalbindning i lager.

5 Angreppssätt och simuleringsmodell

För att kunna analysera hur stor kapitalbindningen i säkerhetslager måste vara för att ge en viss total utgående servicenivå för en grupp av artiklar har simulering använts. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic. Simuleringarna baseras på slumpmässigt uttagna stickprov av lagerförda artiklar från fyra olika företag, 155 artiklar från företag A och 250 artiklar från var och en av företag B, C och D.

Företag A's lager utgörs av inköpta komponenter som används som insatsmaterial vid tillverkningen av slutprodukter. Företaget har storleksordningen 6.000 sådana artiklar i lager.

Företag B's lager är ett reservdelslager. Totalt finns det storleksordningen 10.000 artiklar i lagret, egentillverkade såväl som inköpta från utomstående leverantörer. Lagret försörjer slutkunder på den Europeiska marknaden.

Lagret i företag C innehåller färdigvaror av vilka cirka 85 % är egentillverkade. Sammanlagt lagerförs storleksordningen 1.500 artiklar. Lagret försörjer en lokal marknad av slutförbrukande kunder i Sverige.

Företag D har ett lagerfört sortimentet på storleksordningen 12.000 egentillverkade slutprodukter. Lagret försörjer en global marknad av slutkunder.

Artiklarnas egenskaper i olika avseenden för de fyra företagen kan karakteriseras enligt följande tabell. Prisintervallen är i kronor och variationskoefficienterna för efterfrågan under ledtid utgör medelvärden för samtliga artiklar. Endast i sammanhanget försumbara säsongvariationer förekommer.

Tabell 1 Karakteristik av artiklar från de fyra fallföretag som ingått i studien

Företag	Efterfrågan per år	Ledtid i dagar	Pris per styck	Kundorder per år	Var.koeff under ledtid
A	4 – 13.565	1 – 45	5 – 2.147	4 – 726	1,03
B	4 – 13.521	10 – 45	8 – 9.300	2 – 477	0,7
C	5 – 6.817	4 – 5	3 – 1.992	3 – 222	1,75
D	3 – 77.864	7 – 49	2 – 4800	4 – 2.366	0,72

För att få ett tillräckligt omfattande efterfrågeunderlag för simuleringarna genererades sex tusen dagars efterfrågan per artikel och företag statistiskt med hjälp av bootstrapping från ett års efterfrågehistorik. För att öka validiteten i simuleringarna genererades efterfrågan i förväg och sparades i ett Excel-ark i stället för att genereras under simuleringens gång. Simuleringar för att jämföra kapitalbindning vid användning av de olika metoderna kunde därigenom genomföras med exakt samma utgångsdata.

Den simuleringsmodell som användes bygger på ett beställningspunktssystem av (s,Q)-typ, dvs med fast orderkvantitet. Alla de inkluderade företagen använder inte eller endast delvis kvadratrotsformeln för att beräkna ekonomisk orderkvantitet. För att få full jämförbarhet beräknades därför priserna om så att använda orderkvantiteter motsvarar med kvadratrotsformeln beräknade orderkvantiteter. Beställningspunkter beräknades på traditionellt sätt och korrigerades därefter för att ta hänsyn till de överdrag som uppstår genom att kundorderkvantiteterna är större än ett styck. Detta överdrag beräknades med hjälp av följande formel (Mattsson, 2005).

$$\mu_{\text{överdrag}} = \frac{\sigma^2 + \mu^2}{2\mu} - \frac{1}{2}$$

där μ = medelefterfrågan per dag
 σ = efterfrågans standardavvikelse per dag

Önskad erhållen servicenivå för både orderradsservice, volymvärdeservice och efterfrågeservice sattes till 97 %. Negativa säkerhetslager tilläts ej. I de fall de uppstod, sattes säkerhetslagret till noll.

Simuleringarna genomfördes som en kombination av händelsedrivna och diskret simulering. Vid den händelsedrivna simuleringen simulerades uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under sex tusen dagar. Uppkomna brister restnoterades för senare leverans för fallen med orderradsservice medan de för volymvärdeservice och efterfrågeservice medförde bortfall av levererad kvantitet jämfört med efterfrågan.

Efter varje genomförd händelsedrivna simuleringskörning beräknades den totala servicenivån för hela artikelgruppen som det viktade medelvärdet av de ingående artiklarnas enskilda servicenivåer. Viktningen gjordes med hjälp av antalet kundorder per år, volymvärde per år respektive efterfrågan per år för de olika alternativ med erhållen servicenivå som studerades. Det innebär att den erhållna servicenivån för artikelgruppen som helhet blir lika med det totala antalet orderrader som kunnat levereras direkt från lager i förhållande till totalt antal erhållna orderrader för samliga artiklar, lika med det totala volymvärde som kunnat levereras direkt från lager i förhållande till det totalt efterfrågade volymvärdet respektive lika med den totala efterfrågan som kunnat levereras direkt från lager i förhållande till den totala efterfrågan.

Eftersom beräkningen av nödvändigt säkerhetslager för att uppnå en önskad orderradsservice görs med hjälp av lagerstyrningsmodeller som är baserade på vissa förenklade antaganden och att den dimensionerande servicenivån inte definieras på samma sätt som den servicenivå som används för mätning av erhållen leveransförmåga, kan man inte

vara säker på att erhållen orderradsservice blir lika stor som den önskade. För att därför säkerställa jämförbarhet mellan de olika dimensioneringsalternativen kompletterades den händelsedrivna simuleringen med en diskret. Tillvägagångssättet innebär att en första händelsedrivna simulering genomförs med en beställningspunkt baserad på ett preliminärt värde på den dimensionerande parametern för säkerhetslagerbestämning, dvs antal dagars efterfrågan, procent av ledtidsefterfrågan, cykelservicenivå, fyllnadsgradservicenivå respektive bristkostnad. Från denna simulering erhålls en vägd servicenivå för hela gruppen av artiklar. Är denna servicenivå lägre än den önskade, ökas det dimensionerande parametervärdet med en tiondels enhet och en ny händelsedrivna körning genomförs. Simuleringskörningarna fortsätts tills erhållen servicenivå blir lika med eller högre än den önskade.

När överensstämmelse mellan erhållen och önskad servicenivå uppnåtts beräknas summa kapitalbindning i säkerhetslager för samtliga artiklar i medeltal över den simulerade perioden. Erhållet säkerhetslager definieras som medelvärdet av de kvantiteter som finns i lager vid inleveranstillfällena under den simulerade perioden gånger pris per styck.

6 Resultat och analys

6.1 Parvisa metodjämförelser

Resultaten från de genomförda simuleringarna med avseende på procentuella skillnader i kapitalbindning vid jämförelse mellan olika metoder för säkerhetslagerdimensionering och vid användning av orderradsservice som mått på erhållen leveransförmåga visas i tabell 2. Jämförelserna avser de båda proportionalitetsmetoderna, de båda statistiska metoderna samt den metod som i litteraturen betraktats som minst tillfredsställande, dvs metoden som bygger på antal dagars efterfrågan, och de som betraktats som mest tillfredsställande, dvs fyllnadsgradmetoden och bristkostnadsmetoden. Procentsatserna i tabellen avser förändring av kapitalbindning vid övergång från användning av en metod till en annan.

Tabell 2 Procentuell skillnad i kapitalbindning i säkerhetslager vid övergång från en metod till en annan med samma önskad orderradsservice

<i>Från / till</i>	<i>Företag</i>			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Antal dagar / Procent	- 4	- 10	0	- 4
Antal dagar / Fyllnadsgrad	+ 28	+ 22	+ 27	+ 72
Antal dagar / Bristkostnad	- 17	- 22	- 19	- 20
Cykelservice / Fyllnadsgrad	+ 25	+ 14	+ 14	+ 29

Som framgår av tabellen ger procentmetoden något bättre resultat än antalsmetoden. Detta är förväntat eftersom procentmetoden också tar hänsyn till ledtidens längd. Att det inte finns några skillnader för företag C beror på att ledtiderna, som framgår av tabell 1, är mycket lika för samtliga artiklar. Av tabellen framgår också att cykelservicemetoden presterar klart bättre resultat än fyllnadsgradmetoden. Mot bakgrund av den analys som redovisades i avsnitt 4 är detta förväntat eftersom cykelservicemetoden differentierar erhållna servicenivåer mer och på ett gynnsammare sätt än fyllnadsgradmetoden.

Att bristkostnadsmetoden presterar klart bättre resultat än antalsmetoden är också förväntat eftersom den tar hänsyn både till kostnader för bristande leveransförmåga och för kapitalbindning i säkerhetslager. Betydligt mer förvånande är det att antalsmetoden presterar väsentligt bättre resultat än fyllnadsgradsmetoden. Som framgick av avsnitt 4 tenderar emellertid fyllnadsgradsmetoden att i större utsträckning ge samma servicenivå för alla artiklar medan antalsmetoden differentierar både med avseende på pris och antal kundorder per år. Anledningen till att skillnaderna är större för företag D är att enligt tabell 1 skillnaderna mellan antalet kundorder per år för olika artiklar är klart större i detta företag.

Motsvarande resultat för fallet att volymvärdeservice används som mått på erhållen leveransförmåga visas i tabell 3. Som framgår av tabellen är skillnaderna betydligt mindre i det här fallet och i vissa avseenden försumbara, exempelvis mellan antalsmetoden och procentmetoden och mellan cykelservicemetoden och fyllnadsgradsmetoden. Detta kan förklaras med att höga volymvärden inte bara förstärker volymvärdeservicen för en enskild artikel. Höga volymvärden bidrar också till högre kapitalbindning i säkerhetslager. Det kan också noteras att i det här fallet presterar fyllnadsgradsmetoden något bättre än antalsmetoden.

Tabell 3 Procentuell skillnad i kapitalbindning i säkerhetslager vid övergång från en metod till en annan med samma önskad volymvärdeservice

Från / till	Företag			
	A	B	C	D
Antal dagar / Procent	+ 4	- 4	-3	+ 6
Antal dagar / Fyllnadsgrad	- 6	- 6	- 11	- 12
Antal dagar / Bristkostnad	- 13	- 14	- 12	- 18
Cykelservice / Fyllnadsgrad	+ 2	- 1	- 3	+ 2

Skillnaderna i kapitalbindning för fallet att efterfrågeservice används som mått på erhållen leveransförmåga motsvarar enligt tabell 4 i stor utsträckning de som erhöles för fallet att orderradsservice används. Att likheterna är större med fallet orderradsservice än med fallet volymvärdeservice kan förklaras av att vid vare sig antal kundorder eller efterfrågat antal enheter som viktningensvariabeln ingår pris i motsats till fallet med volymvärdeservice. Den högre servicenivå som viktningen medför för vissa artiklar återverkar därmed inte lika mycket på motsvarande kapitalbindning i säkerhetslager.

Tabell 4 Procentuell skillnad i kapitalbindning i säkerhetslager vid övergång från en metod till en annan med samma önskad efterfrågeservice

Från / till	Företag			
	A	B	C	D
Antal dagar / Procent	- 7	- 11	- 2	- 8
Antal dagar / Fyllnadsgrad	+ 21	+ 31	+ 6	+ 53
Antal dagar / Bristkostnad	- 21	- 37	- 39	- 26
Cykelservice / Fyllnadsgrad	+ 13	+ 14	+ 9	+ 21

6.2 Rangordning av dimensioneringsmetoderna

För att i någon mening kunna rangordna de olika metoderna har samtliga också jämförts med att dimensionera säkerhetslagren så att alla artiklar får samma erhållna servicenivå. Den kapitalbindning som då krävs kan betraktas som en övre gräns som endast överskrids om man medvetet vill försämra förhållandet mellan leveransförmåga och kapitalbindning. Dimensionering av säkerhetslager så att alla artiklar får samma erhållna servicenivå har åstadkommit genom att artikelvis öka säkerhetslagren tills den målsatta erhållna servicenivån erhållits och därefter beräkna den sammanlagda kapitalbindningen. Resultaten framgår av tabellerna 5, 6 och 7 för orderradsservice, volymvärdeservice respektive efterfrågeservice. De visar med hur många procent kapitalbindningen minskar om man använder respektive metod jämfört med att låta alla artiklar få samma erhållna servicenivå.

Tabell 5 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma orderradsservice för samtliga artiklar

<i>Företag</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
A	- 35	- 38	- 34	- 27	- 46
B	- 28	- 35	- 24	- 13	- 44
C	- 41	- 41	- 35	- 25	- 47
D	- 58	- 59	- 44	- 28	- 66

I tabell 5 visas resultaten för fallet att orderradsservice används som mått på erhållen leveransförmåga. Av tabellen framgår att bristkostnadsmetoden presterar bäst resultat och fyllnadsgradsmetoden sämst resultat. Att skillnaderna både mellan metoderna och mellan de analyserade företagen är förhållandevis måttliga är en effekt av procentberäkning eftersom skillnaderna beräknas i procent av den förhållandevis stora kapitalbindning som lika erhållen servicenivå för samtliga artiklar medför. Hade man i stället beräknat den procentuella skillnaden i förhållande till respektive metod skulle de procentuella skillnaderna blivit betydligt större. Exempelvis skulle de för företag A blivit 54, 60, 51, 21 respektive 86 %.

Tabell 6 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma volymvärdeservice för samtliga artiklar

<i>Företag</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
A	- 3	0	- 11	- 9	- 16
B	- 2	- 6	- 7	- 8	- 15
C	- 2	- 5	- 11	- 14	- 14
D	- 1	+ 5	- 15	- 13	- 19

Som framgår av tabell 6 är skillnaderna mellan att åstadkomma samma erhållna servicenivå på samtliga artiklar och att använda någon av de studerade metoderna försumbara för proportionalitetsmetoderna och för de övriga betydligt måttligare än vad fallet är när orderradsservice används som mått på leveransförmåga. När detta servicenivåmått

används är fyllnadsgradsmetoden i paritet med cykelservicemetoden och endast marginellt sämre än bristkostnadsmetoden. Att skillnaderna är mindre i det här fallet kan förklaras av att höga volymvärden uppkommer både på grund av höga volymer och höga priser och att prioritering efter höga volymvärden därför också leder till ökade säkerhetslager för motsvarande artiklar.

Tabell 7 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma efterfrågeservice för samtliga artiklar

<i>Företag</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
A	- 30	- 35	- 25	- 15	- 45
B	- 33	- 40	- 23	- 12	- 58
C	- 20	- 21	- 22	- 15	- 51
D	- 49	- 53	- 36	- 22	- 62

För fallet med efterfrågeservice som mått på erhållen leveransförmåga är skillnaderna mellan metoderna för att åstadkomma samma erhållna servicenivå för alla enligt tabell 7 ungefärligen likvärdiga med motsvarande för orderradsservice. Det som huvudsakligen skiljer är i stället att fyllnadsgradsservice är än mer underlägsen proportionalitetsmetoderna och att inte heller cykelservicemetoden hävdar sig särskilt väl i det här fallet. Orsakerna är desamma som diskuterades ovan.

Sammantaget kan konstateras, att resultaten med avseende på hur de olika metoderna presterar i förhållande till varandra helt motsvarar de förväntningar som redovisades i avsnitt 4 och som baserades på en analys av differentieringseffekter vid användning av respektive metod.

6.3 Differentiering av erhållna servicenivåer

Den utsträckning i vilken de olika metoderna differentierar erhållen servicenivå för de olika artiklarna och därmed bidrar till att förklara skillnaderna mellan de olika metoderna framgår av tabell 8, 9 och 10 för företag A. Tabellerna bygger på att samtliga artiklar sorterats efter pris per styck och relativ efterfrågevariation i form av variationskoefficienten för efterfrågan under ledtid. Artiklarna har därefter grupperats i tre klasser, A, B och C, med lika många artiklar i varje och där A avser artiklar med högst pris respektive högst efterfrågevariation och C lägst. Medelvärdena av servicenivåerna inom varje grupp har därefter beräknats.

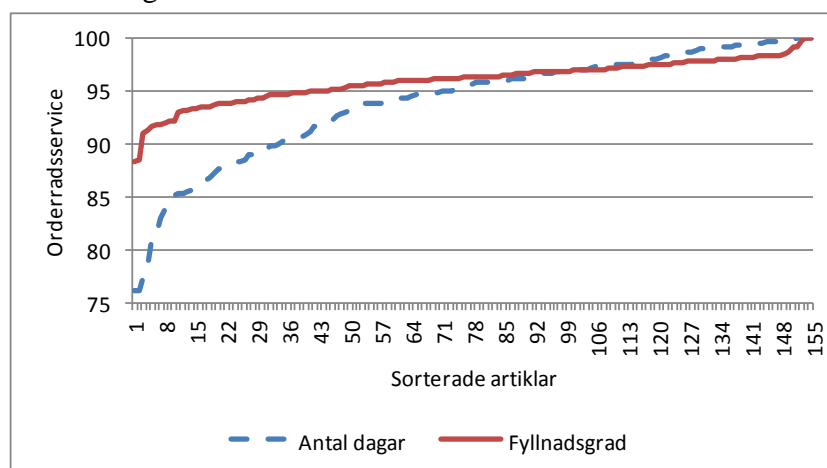
Differentieringen av orderradsservice med avseende på klasser av priser och relativa efterfrågevariationer visas i tabell 8. Av tabellen framgår tydligt att samtliga dimensioneringsmetoder leder till att artiklar med låga priser och låg efterfrågevariation får högre orderradsservice. Detta är precis det man enligt resonemanget i avsnitt 2.2 vill åstadkomma för att kunna leverera så många kompletta orderrader som möjligt direkt från lager med så liten kapitalbindning som möjligt. Det framgår också att metoderna som bygger på användning av antal dagars efterfrågan, procent av ledtidsefterfrågan respektive bristkostnad differentierar mer än cykelservicemetoden och mycket mer än fyllnadsgradsmetoden.

Tabell 8 I medeltal erhållen orderradsservice för olika artikelklasser med avseende på pris och efterfrågevariation och vid användning av olika dimensioneringsmetoder

		<i>Antal dagar</i>	<i>Procent av ledtidseftefr</i>	<i>Cykel-service</i>	<i>Fyllnadsgrad</i>	<i>Bristkostnad</i>
<i>Pris</i>	A	90,8	90,4	93,5	95,4	87,3
	B	94,7	94,7	96,2	95,9	95,3
	C	96,4	96,0	97,5	96,7	97,2
<i>Relativ efterfrågevariation</i>	A	92,6	91,8	95,3	95,3	91,9
	B	92,6	92,2	95,0	95,8	91,1
	C	96,6	97,0	97,0	96,9	96,8

Hur olika differentieringen av erhållen orderradsservice är per artikel illustreras också i figur 1 för antalsmetoden och fyllnadsgradmetoden. I figuren visas de olika artiklarnas orderradsservice sorterade från lägsta till högsta erhållna orderradsservice. Av de båda kurvorna framgår tydligt att skillnaderna i erhållen orderradsservice är klart större när antalsmetoden används jämfört med när fyllnadsgradmetoden används. Speciellt får ett stort antal artiklar betydligt lägre erhållen orderradsservice vid användning av antalsmetoden. Dessa artiklar karakteriseras av att ha mycket få order per år och förhållandevis höga priser.

Figur 1 Illustration av hur erhållen orderradsservice för enskilda artiklar varierar vid användning av antalsmetoden respektive fyllnadsgradmetoden för dimensionering av säkerhetslager



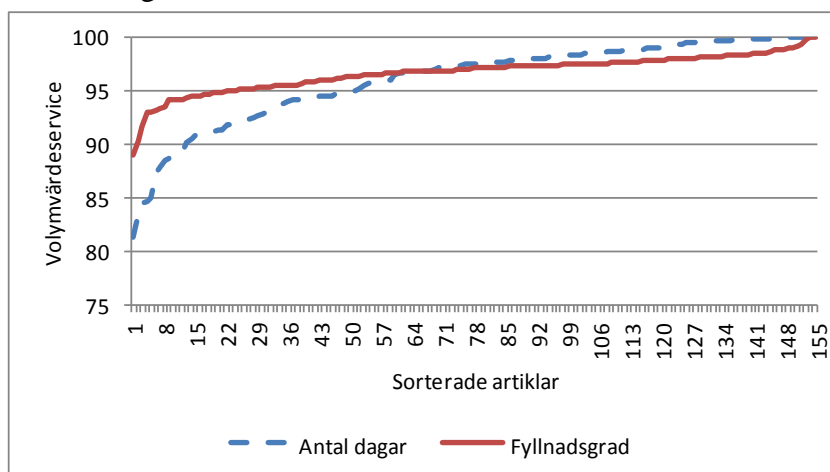
Motsvarande resultat med avseende på volymvärdeservice visas i tabell 9. Av tabellen framgår att artiklar med låga priser och låg efterfrågevariation även i det här fallet får högre erhållen servicenivå. Skillnaderna mellan klasserna är emellertid betydligt mindre än vad fallet var för orderradsservice. Framför allt blir inte erhållna servicenivåer lika små för artiklar med höga priser och stora efterfrågevariationer.

Tabell 9 I medeltal erhållen volymvärdeservice för olika artikelklasser med avseende på pris och efterfrågevariation och vid användning av olika dimensioneringsmetoder

		Antal dagar	Procent av ledtidseftefr	Cykel-service	Fyllnadsgrad	Bristkostnad
Pris	A	94,0	93,7	96,3	96,2	93,9
	B	96,5	96,7	97,7	96,6	93,5
	C	97,7	97,6	98,5	97,3	96,2
Relativ efterfrågevariation	A	95,0	93,8	97,1	96,0	93,1
	B	94,9	95,2	97,0	96,6	94,7
	C	98,3	98,8	98,3	97,5	97,6

Förhållandena för antalsmetoden och fyllnadsgradsmetoden illustreras ytterligare i figur 2. Om man jämför kurvorna i figur 2 med motsvarande i figur 1 framgår skillnaderna mellan orderradsservice och volymvärdeservice tydligt, speciellt för artiklar med låga erhållna servicenivåer. Det kan också noteras att betydligt färre artiklar ligger före skärningspunkten mellan de båda kurvorna i fallet volymvärdeservice jämfört med orderradsservice. Det innebär att gruppen artiklar som får servicenivåer som är mindre än den vägda medelservicenivån är klart större än gruppen artiklar som får servicenivåer högre än den vägda medelservicenivån vid användning av orderradsservice. Med andra ord blir polariseringen mellan olika artiklars erhållna servicenivåer större vid användning av orderradsservice än volymvärdeservice. Detta är en av huvudförklaringarna till att skillnaderna i kapitalbindning mellan antalsmetoden och fyllnadsgradsmetoden är större vid användning av orderradsservice.

Figur 2 Illustration av hur erhållen volymvärdeservice för enskilda artiklar varierar vid användning av antalsmetoden respektive fyllnadsgradsmetoden för dimensionering av säkerhetslager



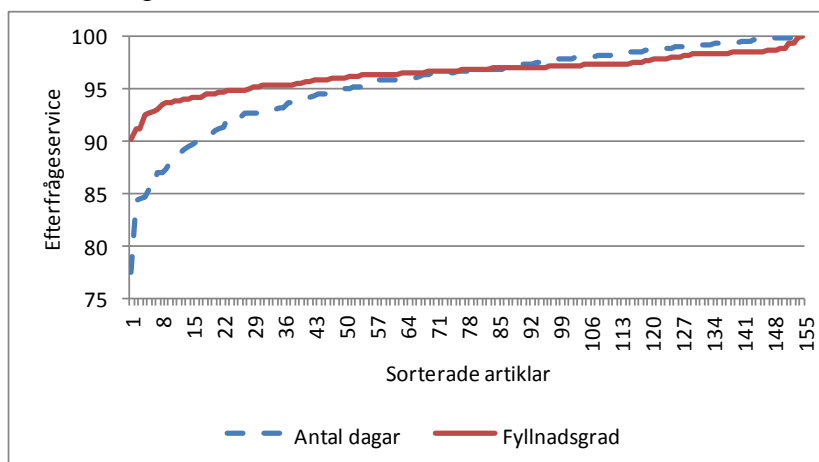
Resultaten vid användning efterfrågeservice visas i tabell 10. Differentieringen av erhållna servicenivåer på prisklasser och klasser med olika stor efterfrågevariation är för efterfrågeservice något av ett mellanting jämfört med vad som är fallet för orderradsservice och volymvärdeservice. Att antalsmetoden, procentmetoden och bristkostnadsmetoden differentierar mer än de båda statistiska metoderna gäller emellertid även i det här fallet. För fyllnadsgradsmetoden är skillnaderna mellan högsta och lägsta klass mindre än en procentenhet både med avseende på pris och på efterfrågevariation.

Tabell 10 I medeltal erhållen efterfrågeservice för olika artikelklasser med avseende på pris och efterfrågevariation och vid användning av olika dimensioneringsmetoder

		<i>Antal dagar</i>	<i>Procent av ledtidseftefr</i>	<i>Cykel-service</i>	<i>Fyllnadsgrad</i>	<i>Bristkostnad</i>
<i>Pris</i>	<i>A</i>	92,9	92,7	95,2	96,0	90,2
	<i>B</i>	96,3	96,3	97,2	96,6	95,6
	<i>C</i>	97,5	97,2	98,2	96,9	97,2
<i>Relativ efterfrågevariation</i>	<i>A</i>	95,1	94,6	96,9	96,2	94,1
	<i>B</i>	94,4	94,3	96,3	96,3	93,0
	<i>C</i>	97,3	97,3	97,6	97,1	96,0

Den förhållandevis begränsade differentieringen av erhållna servicenivåer när fyllnadsgradsservice används framgår också av figur 3. Av figuren framgår också att polariseringen mellan artiklar med erhållna servicenivåer över och under medelservicenivån är mindre än vad som är fallet orderradsservice.

Figur 3 Illustration av hur erhållen efterfrågeservice för enskilda artiklar varierar vid användning av antalsmetoden respektive fyllnadsgradsmetoden för dimensionering av säkerhetslager



6.4 Påverkan från orderkvantiteter, ledtider och servicenivåer

För företag A har simuleringar också genomförts för att studera i vilken utsträckning erhållna resultat påverkas av storleken på orderkvantiteter, hur långa ledtiderna är samt hur hög den målsatta servicenivån är. Resultaten visas i tabellerna 11, 12 och 13.

Hur kapitalbindningen påverkas av storleken på orderkvantiteterna vid påfyllning av lager visas i tabell 11. Små, medelstora och stora orderkvantiteter har satts till ekonomisk orderkvantitet med en ordersärkostnad på 125 kr, 250 kr respektive 375 kr, vilket innebär att små orderkvantiteter är cirka 30 % mindre än den medelstora orderkvantiteten och stora orderkvantiteter cirka 22 % större. Siffrorna i tabellrutorna står för skillnader i kapitalbindning relativt användning av samma erhållna servicenivå för samtliga artiklar med små, medelstora respektive stora orderkvantiteter.

Tabell 11 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma servicenivå för samtliga artiklar och små, medelstora respektive stora orderkvantiteter

<i>Typ av service</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
ORS	- 30/- 35/- 44	- 21/- 38/- 45	- 21/- 34/- 39	- 6/- 17/- 25	- 35/- 46/- 52
VVS	+ 13/- 3/- 15	+ 21/ 0/- 10	+ 1/- 11/- 19	+ 2/- 9/- 18	- 5/- 16/- 24
EFS	- 14/- 30/- 39	- 19/- 35/- 42	- 11/- 25/- 33	- 2/- 15/- 24	- 37/- 45/- 51

Av tabellen framgår att rangordningen mellan metoderna inte förändras på grund av storleken på orderkvantiteterna vid lagerpåfyllning. Däremot blir skillnaderna mellan den kapitalbindning som respektive metod ger upphov till i förhållande till den kapitalbindning som användning av samma erhållna servicenivå för samtliga artiklar medför något mindre när man använder mindre orderkvantiteter. För orderradsservice och efterfrågeservice är skillnaderna emellertid fortfarande signifikanta även för de minsta orderkvantiteterna. Däremot leder små orderkvantiteter till ökad kapitalbindning för samtliga metoder utom bristkostnadsmetoden vid användning av volymvärdeservice.

Tabell 12 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma servicenivå för samtliga artiklar och korta, medellånga respektive långa ledtider

<i>Typ av service</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
ORS	- 47/- 35/- 29	- 47/- 38/- 32	- 45/- 34/- 39	- 29/- 17/- 14	- 54/- 46/- 42
VVS	- 13/- 3/+ 2	- 11/ 0/+ 10	- 16/- 11/- 7	+ 2/- 9/- 18	- 22/- 16/- 13
EFS	- 37/- 30/- 27	- 40/- 35/- 31	- 32/- 25/- 21	- 22/- 15/- 11	- 48/- 45/- 45

Ledtidens påverkan på kapitalbindningen visas i tabell 12. Korta, medellånga och långa ledtider har satts till 50 %, 100 % respektive 150 % av den ledtid som respektive artikel har på företaget. Siffrorna i tabellrutorna står för skillnader i kapitalbindning relativt användning av samma erhållna servicenivå för samtliga artiklar med korta, medellånga respektive långa ledtider.

Även med avseende på ledtidens längd blir rangordningen mellan de olika dimensioneringsmetoderna oförändrad. Däremot blir skillnaderna något mindre mellan den kapitalbindning som respektive metod ger upphov till i förhållande till den kapitalbindning som användning av samma erhållna servicenivå för samtliga artiklar medför vid längre ledtider. Orderradsservice och efterfrågeservicen medför emellertid fortfarande signifikanta skillnader för de längsta ledtiderna. Däremot leder långa ledtider vid användning av volymvärdeservice till att antalsmetoden och procentmetoden medför ökad kapitalbindning jämfört med att ha samma servicenivå för samtliga artiklar.

I tabell 13 visas motsvarande förhållande med avseende på storleken på önskad servicenivå. Tre olika servicenivåer har simulerats, en låg servicenivå på 93 %, en medelhög servicenivå på 95 % och en hög servicenivå på 97 %. Siffrorna i tabellrutorna står för skillnader i kapitalbindning relativt användning av samma erhållna servicenivå för samtliga de olika nivåerna på totalt erhållen servicegrad.

Tabell 13 Procentuell minskning av kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av olika dimensioneringsmetoder jämfört med användning av samma servicenivå för samtliga artiklar och låga, medelhöga respektive höga erhållna servicenivåer

<i>Typ av service</i>	<i>Antal dagars efterfrågan</i>	<i>Procent av ledtidsefterfr</i>	<i>Cykelservice</i>	<i>Fyllnadsgradsservice</i>	<i>Bristkostnad</i>
ORS	- 46/- 45/- 35	- 46/- 44/- 38	- 45/- 39/- 34	- 37/- 23/- 17	- 49/- 51/- 46
VVS	- 21/- 11/- 3	-20/- 10/ 0	- 17/- 12/- 11	- 14/- 8/- 9	- 25/- 19/- 16
EFS	- 40/- 37/- 30	- 40/- 38/- 35	- 37/- 31/- 25	- 38/- 22/- 15	- 42/- 45/- 45

Rangordningen mellan de olika dimensioneringsmetoderna bibehålls också vid olika önskad erhållen total efterfrågeservice. Skillnaderna mellan metoderna blir emellertid högre vid högre önskad erhållen servicenivå medan de med visst undantag för fyllnadsgradsservice för praktiskt bruk är likvärdiga vid låg önskad total servicenivå. Skillnaderna mellan den kapitalbindning som respektive metod ger upphov till i förhållande till den kapitalbindning som användning av samma erhållna servicenivå för samliga artiklar medför blir något mindre vid hög servicenivå.

7 Sammanfattning och slutsatser

För dimensionering av säkerhetslager finns ett antal tillvägagångssätt publicerade i litteraturen och använda i praktiken. Utgångspunkten för den här studien var att det är rimligt att förvänta sig att dessa olika metoder presterar olika bra med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss önskad leveransförmåga och att skillnaderna mellan dem är beroende av vad det är för typ av leveransförmåga man vill uppnå, dvs. om man strävar efter en viss orderradsservice, volymvärdeservice eller efterfrågeservice.

Fem olika alternativa tillvägagångssätt för att dimensionera säkerhetslager har analyserats. De erhållna resultaten visar att tvärtemot en vanligt spridd uppfattning är de båda proportionalitetsmetoderna antal dagars efterfrågan och procent av ledtidsefterfrågan alltid att föredra framför cykelservicemetoden och fyllnadsgradsmetoden med avseende på orderradsservice och efterfrågeservice. Är ledtiderna för olika artiklar mycket olika presterar procentmetoden något bättre än antalsmetoden. Metoden som bygger på fyllnadsgradsservice är också underlägsen den metod som bygger på cykelservice för dessa båda mått på erhållen leveransförmåga. Om i stället volymvärdeservice används som mått på erhållen leveransförmåga är de båda statistiska metoderna något bättre än de båda proportionalitetsmetoderna. Ett mer förväntat resultat är att bristkostnadsmetoden ger ett bättre förhållande mellan totalt erhållen leveransförmåga och total kapitalbindning i säkerhetslager än alla de övriga metoderna oavsett valt mått på erhållen leveransförmåga.

En förutsättning för att fördelarna med de båda proportionalitetsmetoderna, bristkostnadsmetoden och till stor del även cykelservicemetoden skall kunna realiseras är att man kan sätta sådana värden på respektive dimensioneringsvariabel att man når den avsedda totala leveransförmågan. I annat fall kan man få för hög kapitalbindning och en oekonomiskt hög leveransförmåga eller en låg kapitalbindning men till priset av en oacceptabelt låg leveransförmåga. Tillvägagångssätt för att åstadkomma detta saknas i dag. Det är därför angeläget med fortsatt forskning för att utveckla sådana hjälpmedel.

Referenser

- Axsäter, S. (1991) Lagerstyrning, Studentlitteratur.
- Axsäter, S. (2006) Inventory control, Springer.
- Brown, R. (1959) Statistical forecasting for inventory control, McGraw-Hill.
- Coleman, J. (2000) Determining the correct service level target. Production and Inventory Management Journal. Vol. 41 No. 1.
- Fogarthy, D., Blackstone, J., Hoffmann, T. (1991) Production and Inventory Management, South-Western Publishing Co.
- Jonsson, P., Mattsson, S-A. (2005) Materialplaneringsmetoder i svensk industri – Användning och användningssätt, Forskningsrapport, Logistikföreningen PLAN.
- Jonsson, P., Mattsson, S-A. (2009) Manufacturing planning and control, McGraw – Hill.
- Mattsson, S-A. (2002) Logistik i försörjningskedjor, Studentlitteratur.
- Mattsson, S-A. (2003) Avvikelser och variationer i erhållna servicenivåer, Intern forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.
- Mattsson, S-A. (2005) Överdrag i beställningspunktssystem, Intern forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.
- Mattsson, S-A. (2010) Effektiv materialstyrning – Handbok för att lyckas, Permatron.
- Pursche, S. (1975) Putting service level into a proper perspective, Production and Inventory Management, Vol. 16 No. 3.
- Silver, E., Pyke, D., Peterson, R. (1998) Inventory management and production planning and scheduling, John Wiley & Sons.
- Tersine, R. (1994) Principles of inventory and materials management, Prentice-Hall.
- Tyworth, J. (1992) Modeling transportation-inventory trade-offs in a stochastic setting. Journal of Business Logistics, Vol. 13 No. 2.
- Zeng, A., Hayya, J. (1999) The performance of two popular service measures on management effectiveness in inventory control, International Journal of Production Economics, Vol. 58, Sid 147-158.