

Användning av bristkostnader för att dimensionera säkerhetslager

Stig-Arne Mattsson
Institutionen för ekonomistyrning och logistik
Linnéuniversitetet, Växjö

Sammanfattning

Dimensionering av säkerhetslager handlar principiellt om att uppnå en önskad service-nivå med så låg kapitalbindning som möjligt. För detta ändamål finns ett antal olika metoder publicerade i litteraturen. En kategori bygger på optimering av summa bristkostnader och lagerhållningskostnader, så kallade bristkostnadsmetoder. Utgångspunkten för metoderna är ett artikelperspektiv och ett kostnadsperspektiv baserat på en föreställning om att bristkostnader kan uppskattas på ett rimligt korrekt sätt per artikel och att den orderradsservice som blir konsekvensen därmed implicit är optimal.

Syftet med den här studien är att analysera och utvärdera användning av en bristkostnadsmetod på ett sätt som i stället utgår från ett marknadsperspektiv med önskad orderradsservice och från ett managementperspektiv som betraktar grupper av artiklar i stället för artikelindivider, som använder ett hanterbart antal artikelgemensamma parametervärden samt beaktar kapitalbindningseffekter. Utvärderingen har gjorts med hjälp av simulering av data från fem olika fallföretag och jämförelser har gjorts med både den dimensioneringsmetod som utgår från en önskad fyllnadsgradsservice och den som utgår från ett uppskattat antal dagars medelefterfrågan. Baserat på de från simuleringarna erhållna resultaten kan man dra följande slutsatser.

Användning av den bristkostnadsmetod som bygger på parametern bristkostnad per restorder är effektivare än metoden som bygger på bristkostnad per styck med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en önskad orderradsservice.

Man får en väsentligt lägre kapitalbindning om man använder bristkostnadsmetoden med en artikelgemensam bristkostnad per restorder jämfört med att använda metoder där säkerhetslagret dimensioneras baserat på fyllnadsgradsservice respektive antal dagars medelefterfrågan. Skillnaderna är speciellt stora i förhållande till fyllnadsgradsmetoden.

Felkänsligheten i parametervärdet bristkostnad per restorder är mycket låg, dvs. man kan avvika påtagligt från korrekta bristkostnadsuppgifter utan någon nämnvärd avvikelse från önskad erhållen orderradsservice uppkommer. Felkänsligheten är väsentligen mindre än motsvarande för dagmetoden.

Bristkostnadsmetoden differentierar erhållen orderradsservice för olika artiklar i klart större utsträckning än både fyllnadsgradsmetoden och dagmetoden.

1 Introduktion

Lagerstyrning handlar principiellt om att uppnå en önskad leveransförmåga, låga lagerstyrningskostnader samt låg kapitalbindning i materialflöden i försörjningskedjorna från leverantörer till kunder. Med avseende på leveransförmåga är det i första hand fråga om dimensionering av säkerhetslager så att erhållen servicenivå motsvarar den önskade med så låg kapitalbindning som möjligt. Den typ av erhållen servicenivå som det är fråga om i de flesta företag är orderradsservice, dvs. andel orderrader som kunnat levereras till kund i rätt tid och med rätt kvantitet under en viss period (Forslund och Jonsson, 2008).

För att dimensionera säkerhetslager finns det ett stort antal olika metoder redovisade i litteraturen. De kan grovt delas in i fyra olika kategorier. En av dessa kategorier kan kallas bedömningsmetoder och karakteriseras av att säkerhetslagrets storlek uppskattas som en kvantitet på mer eller mindre intuitiva och erfarenhetsmässiga grunder. Inga formella beräkningar görs. Den andra kategorin metoder kan kallas proportionalitetsmetoder. De kännetecknas av att vara baserade på beräkningar och att lämplig säkerhetslagerstorlek sätts proportionell mot efterfrågans storlek, exempelvis som antal dagars medelefterfrågan eller som en procentsats av medelefterfrågan under ledtid. Även dessa metoder har bedömningsmässiga inslag eftersom den proportionalitetsvariabel som används för beräkningarna i regel måste fastställas baserat på uppskattningar utan direkt och analytiskt samband med någon form av önskad servicenivå.

Den tredje kategorin kan kallas servicenivåmetoder eftersom de vid beräkning av säkerhetslager utgår från en önskad servicenivå, oftast definierad som cykelservice (Serv1) eller fyllnadsgradsservice (Serv2) (Axsäter, 2006, sid 32). Metoderna karakteriseras också av att säkerhetslagrets storlek beräknas med utgångspunkt från statistiska fördelningar av förekommande efterfrågevariationer. Även den fjärde kategorin metoder utgår från statistiska efterfrågefördelningar. I motsats till servicenivåmetoderna baseras emellertid säkerhetslagrets storlek i stället på uppskattade bristkostnader och någon form av minimering av summa lagerhållningskostnader och bristkostnader. De kan därför kallas bristkostnadsmetoder.

Enligt en studie av metodanvändning i medelstora och stora företag i svensk industri använde 29 % uppskattningsmetoder, 48 % antal dagars medelefterfrågan och 23 % någon av de båda servicenivåmetoderna (Jonsson och Mattsson, 2014). Ingen använde bristkostnadsmetoder. En viktig anledning till detta är att det är näst intill omöjligt att generellt uppskatta bristkostnader i förväg (Magee et al., 1985, sid 85) Bristkostnader är alltid situationsspecifika och kan variera mellan noll för fallet att det inte uppstår några negativa effekter av att inte kunna leverera fullt ut enligt önskemål från kund å ena sidan och kostnader för fallet att man både förlorar ordern och kunden om brist skulle uppstå å den andra. Att inte använda bristkostnadsmetoder på grund av svårigheter att uppskatta bristkostnader kan emellertid ifrågasättas med tanke på att liknande svårigheter också föreligger vid uppskattning av lämpligt antal dagar för att uppnå en önskad servicenivå och att denna metod trots detta används av ett stort antal företag.

En annan anledning till att bristkostnadsmetoder inte används kan vara att dimensioneringsparametern inte är den samma som uppföljningsparametern, dvs. erhållen servicenivå i form av orderradsservice, och att det inte finns något analytiskt samband mellan

dem. Samma sak är emellertid också fallet för proportionalitetsmetoderna och i stor utsträckning även för servicenivåmetoderna eftersom den dimensionerande servicenivåparametern inte är samma typ av servicenivå som den som används för uppföljning, dvs. som orderradsservice. Problemet är något mindre om man använder fyllnadsgradsservice eftersom det föreligger en viss överensstämmelse mellan dimensioneringsparametern fyllnadsgrad och uppföljningsmättet orderradsservice.

Man kan alltså konstatera, att samtliga metoder som finns tillgängliga för dimensionering av säkerhetslager helt eller i stor utsträckning saknar analytiska samband mellan valda dimensioneringsparametrar och förväntad erhållen servicenivå i form av orderradsservice. Det är följaktligen inte självklart att bristkostnadsmetoderna skall uteslutas från att kunna användas av de här båda anledningarna. Det kan också tilläggas att det finns ett analytiskt samband mellan olika typer av bristkostnader och servicenivåbegreppen cykelservice och fyllnadsgradsservice. Se Herron (1969) och Buffa och Bryant (1980).

Ett sätt att kunna använda de teoretiska dimensioneringsmetoderna trots brist på analytiska samband mellan dimensioneringsparametrar och mått på önskad erhållen servicenivå är att periodiskt mäta erhållen orderradsservice och att jämföra den med önskad orderradsservice. Är erhållen orderradsservice lägre än önskad ökas dimensioneringsparametern, är den högre minskas den. Så görs exempelvis av många företag som använder antal dagar som dimensioneringsmetod och tillvägagångssättet skulle rimligtvis också kunna tillämpas på bristkostnadsmetoder. Förenklat skulle det innebära att man använder en uppskattad genomsnittlig bristkostnad i stället för ett genomsnittligt uppskattat antal dagars efterfrågan för att dimensionera säkerhetslager.

2 Forskningsfrågor och avgränsningar

Ett stort antal bristkostnadsmetoder har beskrivits i litteraturen. Se exempelvis Tersine (1994, sid 216) och Silver et al. (1998, sid 260). Genomgående rör det sig om att kostnadsoptimera säkerhetslager för enskilda artiklar med utgångspunkt från en känd eller uppskattad bristkostnad. Utgångspunkten är ett artikelperspektiv och ett kostnadsperspektiv baserat på en föreställning om att bristkostnader kan uppskattas på ett rimligt korrekt sätt och att den orderradsservice som blir konsekvensen därmed implicit är optimal. Det som främst skiljer de olika metoderna åt är den typ av bristkostnad som används.

Inga bristkostnadsmetoder som utgår från ett marknadsperspektiv med en önskad orderradsservice och som använder bristkostnad som parameter för att uppnå uppsatta mål, har hittats i litteraturen. Inte heller metoder som utgår från ett managementperspektiv och som betraktar grupper av artiklar i stället för artikelindivider, som använder ett hanterbart antal artikelgemensamma parametervärden och som beaktar kapitalbindningseffekter, finns redovisade. Det kan därför vara av intresse att studera hur bristkostnadsmetoder skulle kunna utformas och användas baserat på dessa två perspektiv och på motsvarande sätt som antal dagar används för säkerhetslagerdimensionering praktiskt i företag, dvs. med ett eller endast enstaka uppskattade värden på dimensioneringsparametern för samtliga artiklar i stället för en individuellt uppskattad bristkostnad för varje artikel. Det är då också av intresse att studera vad ett sådant sätt att använda bristkostnadsmetoder skulle kunna innebära ur kapitalbindningssynpunkt jämfört med etablerade och an-

vända metoder baserade på uppskattat antal dagars medelefterfrågan respektive på dimensionerande servicenivåer. Eftersom de bristkostnadsmetoder som finns redovisade i litteraturen utgår från olika typer av bristkostnader är det naturligt att börja med att ställa följande forskningsfråga:

1 Vilken typ av bristkostnad är det mest lämpligt att utgå från med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss orderradsservice för en grupp av artiklar.

De bristkostnadstyper som finns behandlade i litteraturen kan delas in i kvantitetsrelaterade bristkostnader, orderrelaterade bristkostnader, bristkostnader relaterade till bristtillfällena och tidsrelaterade bristkostnader (Silver et al., 1998, sid 245). Kombinationerna tidsrelaterade och kvantitetsrelaterade respektive orderrelaterade bristkostnader förekommer också. Studien avgränsas till de två typer av bristkostnader som praktiskt sett bedöms vara mest relevanta och rimligt lätta att hantera som artikelgemensamma parametrar; bristkostnad som procent av pris per bristande enhet och bristkostnad per restorder som inte kunnat levereras enligt kundönskemål, dvs. en kvantitetsrelaterad och en orderrelaterad bristkostnadstyp.

Eftersom det finns andra vanligt använda tillvägagångssätt för att dimensionera säkerhetslager med syftet att uppnå en viss önskad orderradsservice är det också av intresse att ställa sig följande forskningsfråga:

2 Hur väl presterar bristkostnadsmetoder i förhållande till andra dimensioneringsmetoder med avseende på den kapitalbindning som krävs i säkerhetslager för att uppnå en önskad orderradsservice.

En av fyllnadsgradsmetodens relativa fördelar är att det finns en väsentligen större överensstämmelse mellan dimensioneringsparametern fyllnadsgradsservice och utfallsmåttet orderradsservice än motsvarande för bristkostnad respektive antal dagar. Detta skulle kunna påverka här väl de olika metoderna presterar relativt varandra. I forskningsfråga 2 ingår därför också att studera hur känsliga de båda senare metoderna är för felaktigt satta parametervärden.

Behandlingen av forskningsfråga 2 avgränsas till att omfatta den typ av bristkostnad som presterar bäst enligt resultaten från forskningsfråga 1 och till de säkerhetslagermetoder som bygger på antal dagars medelefterfrågan (i praktiken mest använd enligt Jonsson och Mattsson, 2014) och fyllnadsgradsservice (teoretiskt mest korrekt enligt Axsäter, 2006, sid 33).

Artiklar kostar olika mycket och påverkar därmed kapitalbindningen i säkerhetslager olika mycket. Artiklar bidrar också olika mycket till ett företags samlade leveransförmåga eftersom antalet order per artikel varierar. Det är därför av avgörande betydelse för en dimensioneringsmetods förmåga att prestera en önskad orderradsservice med så låg kapitalbindning som möjligt att nivån på de enskilda artiklarnas orderradsservice differentieras. Mot denna bakgrund kan följande forskningsfråga vara önskvärd att besvara:

3 I vilken utsträckning differentieras artiklars orderradsservice med den metod för dimensionering av säkerhetslager som baseras på antal dagars medelefterfrågan, på fyllnadsgradsservice respektive på bristkostnad.

Endast den typ av bristkostnad som presterar bäst enligt resultaten från forskningsfråga 1 behandlas. Frågan avses besvaras med hjälp av jämförelser av korrelationskoefficienter för pris/orderradsservice och för kundorderfrekvens/orderradsservice. Frågan avses också besvaras genom att analysera den kapitalbindning de olika dimensioneringsmetoderna leder till jämfört med den kapitalbindning som erhålls då alla artiklars säkerhetslager dimensioneras så att de får samma orderradsservice, dvs. inte differentieras alls.

I studien baseras analyser och jämförelser på antagandet att brist inte leder till förlorad försäljning utan endast till att restnoterade kvantiteter levereras vid ett senare tillfälle. Vid servicenivåer som ligger nära 100 % blir skillnaderna små jämfört med fallet att brist leder till förlorad försäljning (Axsäter, 1991, sid 72)

Skillnader mellan olika metoder med avseende på vilken kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss orderradsservice kan i viss utsträckning förväntas bero på önskad orderradsservice. Studien har emellertid avgränsats till att endast omfatta en orderradsservice på 97 %, dvs. en servicenivå som är vanligt förekommande i företag.

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 ledtidvariationer. 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 dimensioneringsparametrar, exempelvis med hjälp av någon form av ABC-klassificering. Värdet på respektive differentieringsparameter är identisk för samtliga artiklar. En annan avgränsning är att ekonomisk orderkvantitet enligt kvadratrotsformeln används för att bestämma hur stor orderkvantiteten skall vara per inleveranstillfälle.

3 Dimensioneringsmetoder och differentieringsegenskaper

I det här avsnittet presenteras de teoretiska metoder för dimensionering av säkerhetslager som ingår i studien. Aspekter på de olika metodernas egenskaper vad gäller differentiering av erhållen orderradsservice behandlas också.

3.1 Antal dagar

Väljer man metoden att beräkna säkerhetslager från ett uppskattat antal dagar sätts säkerhetslagret lika med detta antal dagar gånger prognostiserad medelefterfrågan per dag. Det innebär att man vid säkerhetslagerberäkningen inte tar hänsyn orderkvantitetens storlek, inte till att efterfrågevariationerna är olika för olika artiklar, inte till att olika artiklar har olika höga priser och inte till att olika artiklar har olika långa ledtider för lagerpåfyllnad. Trots detta och trots att antal dagar sätts lika för samtliga artiklar kom-

mer erhållen orderradsservice att differentieras på ett sätt som gör att man får ett tämligen effektivt förhållande mellan kapitalbindning och önskad servicenivå. Mattsson (2013) har visat att detta indirekt och automatiskt åstadkoms genom att säkerhetslagret blir dimensionerat så att artiklar med hög kundorderfrekvens och lågt pris får högre orderradsservice än artiklar med låg kundorderfrekvens och högt pris.

3.2 Fyllnadsgradservice

Används fyllnadsgradsservice beräknas säkerhetslagret med hjälp av följande ekvation.

$$SL = k \cdot \sigma \cdot \sqrt{Lt} \dots\dots\dots(1)$$

där k = säkerhetsfaktorn
 Lt = ledtiden i dagar
 σ = standardavvikelsen per dag

Säkerhetsfaktorn, k , bestäms med hjälp av den så kallade servicefunktionen.

$$SF(k) = (1 - FG) \frac{OK}{\sigma_{Lt}} \dots\dots\dots(2)$$

där SF = servicefunktionen
 FG = fyllnadsgraden
 OK = använd orderkvantitet
 σ_{Lt} = standardavvikelsen för efterfrågevariationer under ledtid.

Som framgår av ekvation (1) tas hänsyn till efterfrågevariationer och till ledtidens längd vid dimensionering av säkerhetslager med denna metod. Ju större variationer, desto större säkerhetslager. Dimensioneringen påverkas även indirekt av hur stora efterfrågevariationerna är genom att standardavvikelsen också ingår i ekvation (2). Metoden innebär också att hänsyn tas till aktuella orderkvantiteter eftersom orderkvantiteten ingår i beräkningen av servicefunktionen. Säkerhetslagerberäkningen gäller under förutsättning att efterfrågan är normalfördelad.

Med avseende på differentieringsegenskaper har Mattsson (2013) visat att servicefunktionen blir större ju mindre efterfrågevariationerna är under ledtid med minskat säkerhetslager som följd. Konsekvensen blir att ju högre orderfrekvens och därmed mindre relativ efterfrågevariation, desto lägre erhållen servicenivå, dvs. tvärtemot vad som är önskvärt för att få ett så optimalt förhållande som möjligt mellan orderradsservice och kapitalbindning. Mattsson (2013) har också visat att servicefunktionens värde blir lägre ju högre priset är vilket i sin tur medför att säkerhetslagerkvantiteten blir större med högre kapitalbindning som följd. Fyllnadsgradsmetoden påverkar sålunda även i detta avseende förhållandet mellan orderradsservice och kapitalbindning på ett negativt sätt genom att höga priser leder till större säkerhetslagerkvantiteter.

3.3 Bristkostnader

Med bristkostnadsmetoder beräknas storleken på säkerhetslagret genom att optimera summan av lagerhållningskostnader och bristkostnader. Två alternativa beräkningsmetoder baserade på olika typer av bristkostnader har inkluderats i studien. Enligt det ena

alternativet används bristkostnad per restorder. Med antagandet att brist inte leder till förlorad försäljning blir då den kostnadsoptimala sannolikheten att brist inte inträffar under en lagercykel enligt följande (Silver et al., 1998, sid 266).

$$\Phi(k) = 1 - (Pris \cdot Lhf \cdot Q) / (Bkg \cdot Ant) \dots\dots\dots(3)$$

där Lhf = lagerhållningsfaktorn
 Q = använd orderkvantitet
 Bkg = bristkostnad restorder
 Ant = antal kundorder per år

Den andra bristkostnadsmetoden utgår från bristkostnad per styck för artiklar som inte kunnat levereras enligt önskemål från kund. Med antagandet att brist inte medför förlorad försäljning blir då den kostnadsoptimala sannolikheten att brist inte inträffar under en lagercykel följande (Tersine, 1994, sid 216).

$$\Phi(k) = 1 - (Pris \cdot Lhf \cdot Q) / (Proc/100 \cdot Pris \cdot D) \dots\dots\dots(4)$$

där Lhf = lagerhållningsfaktorn
 Q = använd orderkvantitet
 $Proc$ = procentuell bristkostnad
 $Pris$ = pris per styck
 D = efterfrågan per år

Jämfört med Tersines formel har bristkostnaden per styck satts lika med en procentsats gånger respektive artikels pris i stället för en fast bristkostnad per styck. Det blir därigenom möjligt att använda samma parametervärde för samtliga artiklar. Båda beräkningsmetoderna gäller under förutsättning att efterfrågan är normalfördelad. Säkerhetsfaktorn k hämtas från en normalfördelningstabell eller beräknas med hjälp av Excel-funktionen $NORMSINV(\Phi(k))$.

Med de båda bristkostnadsmetoderna enligt ovan tas, som framgår av ekvation (3) och (4), hänsyn till efterfrågevariationer under ledtid och orderkvantiteter på motsvarande sätt som för fyllnadsgradsmetoden.

Det som framför allt skiljer bristkostnadsmetoderna från övriga metoder är att de bygger på optimering av summa bristkostnader och lagerhållningskostnader. Det innebär att dessa metoder differentierar säkerhetslagren individuellt per artikel. Metoden som bygger på bristkostnader per restorder differentierar även individuellt per artikel med avseende på kundorderfrekvens vilket framgår av ekvation (3). Den kan därför förväntas att prestera ytterligare bättre än metoden som bygger på bristkostnad per styck för fallet att man använder orderradsservice som mått på leveransförmåga

4 Angreppssätt, fallföretag och simuleringsmodell

För att kunna analysera hur stor kapitalbindningen i säkerhetslager måste vara för att ge en viss total utgående servicenivå i form av orderradsservice för grupper av artiklar har simulering använts. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic.

4.1 Fallföretag och använda datauppgifter

Simuleringarna har baserats på slumpmässigt uttagna stickprov av 250 olika lagerförda artiklar från vardera fem olika företag.

- Ett tillverkande företag med lager av köpta och egentillverkade halvfabrikat (B)
- Två tillverkande företag med lager av produkter för distribution (D,E)
- Ett distribuerande företag med lager av produkter för distribution till lokala lager (C)
- Ett distribuerande företag med lager av reservdelar (A)

För varje artikel i dessa företag har data om ledtid, pris per styck, orderkvantitet samt antal kundorder per år erhållits. Dessutom har uppgifter om efterfrågan per dag under ett år samlats in. I en del fall förekommer enstaka extrema efterfrågevärden under enstaka dagar. Det kan exempelvis bero på att man fått enstaka exceptionellt stora kundorder eller bero på att det funnits leveransproblem som resulterat i toppar i utleveranserna när lagret fyllts på. För att undvika att sådana extrema efterfrågevärden påverkar jämförelsen av de båda studerade dimensioneringsmetoderna har insamlade efterfrågedata bearbetats. Detta har åstadkommit genom att identifiera extremvärden med hjälp av statistiska metoder och därefter ersätta dem med medelefterfrågan per dag under de dagar då efterfrågan förekommit.

Ett års daglig efterfrågan är en för kort period för att kunna få stabilitet i det simulerade materialflödet och för att kunna utesluta en tillräckligt lång inkörningsperiod från beräkningar av erhållna resultat. För att få ett tillräckligt omfattande efterfrågeunderlag genererades därför slumpmässigt sex tusen dagars efterfrågan per artikel motsvarande tjugofem års verksamhet med hjälp av bootstrapping från de efterfrågedata som samlats in.

De karakteriserande artikel- och efterfrågeförhållandena i de olika företagen som är av störst intresse med avseende på erhållen servicenivå och kapitalbindning i säkerhetslager har sammanställts i tabell 1.

Tabell 1 Karakteristiska förhållanden för de olika fallföretagen

	Korrelation mellan ledtid och eft fr (1)	Medelantal efterfrågedagar/år (2)	Andel artiklar med var ko-eff ≥ 1 (3)	Korrelation efterfr/kund-orderfrekv(4)	Korrelation efterfrågan / pris (5)
A	0,03	67	21	0,66	-0,30
B	-0,09	42	46	0,71	-0,14
C	0,03	63	67	0,28	-0,25
D	-0,02	57	53	0,24	-0,06
E	0,07	71	38	0,52	-0,15

Kolumn 1 i tabellen visar korrelationen mellan ledtider och efterfrågan. Dessa uppgifter är av intresse för att se i vilken utsträckning olikheter i ledtider spelar någon roll för metoden antal dagars medelefterfrågan eftersom denna beräkningsmetod inte tar hänsyn till ledtidens längd. Erhållna värden visar att det praktiskt taget inte finns någon korrelation alls mellan ledtidernas längder och storleken på efterfrågan i de studerade företagen.

Därmed kan man inte förvänta sig att olikheter i ledtider har särskilt stor betydelse för dagmetodens effektivitet relativt fyllnadsgradsmetoden och bristkostnadsmetoderna.

I kolumn 2 anges medelantalet efterfrågedagar per år för artiklar tillhörande respektive företag. Det ger en uppfattning om hur lågfrekvent efterfrågan är och därmed hur sannolikt det är att normalfördelningen på ett rimligt sätt kan representera efterfrågans fördelning. Företag A och E utmärker sig genom att ha många efterfrågedagar per år medan företag B är deras motsats. Artiklarna i detta företag har i medeltal endast efterfrågan i storleksordningen var sjätte dag. Även värdena i kolumn 3 ger en bild av hur rimligt det är att anta normalfördelad efterfrågan vid användning av fyllnadsgrad och bristkostnad för att dimensionera säkerhetslager med ovanstående beräkningsformler. Ju lägre variationskoefficienten för efterfrågan under ledtid är, desto mer korrekt blir säkerhetslagerberäkningen och desto mindre kommer erhållna servicenivåer att differentieras när man använder fyllnadsgradsmetoden. Värdena anger andel artiklar som har en variationskoefficient för efterfrågan under ledtid som är större än 1. I företag D finns en mycket stor andel sådana artiklar medan företag A och E har en majoritet artiklar för vilka det kan vara mer rimligt att anta att efterfrågan är normalfördelad.

En av huvudanledningarna till att dagmetoden kan ge låg kapitalbindning i förhållande till erhållen orderradsservice är enligt Mattssons studie (2013) att det finns en positiv korrelation mellan efterfrågans storlek och antal kundorder samt en negativ korrelation mellan efterfrågans storlek och pris per styck. Erhållna värden på dessa korrelationer visas i kolumn 4 av 5. Som framgår av kolumn 4 är korrelationen med kundorderfrekvenser positiv för samtliga företag men betydligt högre för företag A och B jämfört med C och D. För samtliga företag finns också en negativ korrelation mellan efterfrågans storlek och pris per styck enligt kolumn 5. Företag A och C uppvisar klart högre negativ korrelation än företag D.

4.2 Simuleringsmodell

Den simuleringsmodell som använts i studien bygger på ett beställningspunktssystem av (s,S)-typ. Återfyllnadsnivån har beräknats som beställningspunkten plus ekonomisk orderkvantitet enligt Wilsons formel. Beställningspunktssystemet har tillämpats som ett periodinspektionssystem med daglig inspektion. Överdraget har satts till en halv dags medelefterfrågan (Mattsson, 2005). Negativa säkerhetslager har inte tillåtits. Standardavvikelser för efterfrågevariationer har beräknats per dag därefter ledtidsjusterats.

Som startvärden för antal dagar, fyllnadsgrad respektive bristkostnad vid beräkning av säkerhetslager valdes ett lägre värde än vad som kunde förväntas ge en önskad orderradsservice för artikelgruppen som helhet. Baserat på dessa startvärden simulerades uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under 25 år motsvarande sex tusen dagar. Uppkomna brister restnoterades för senare leverans. För att ta hänsyn till insvängningsförlopp inkluderades inte det första året vid resultatberäkningarna. Efter varje genomförd simuleringskörning beräknades den erhållna totala orderradsservicen för hela artikelgruppen som det viktade medelvärdet av de ingående artiklarnas enskilda orderradsservice. Viktningen gjordes med hjälp av antalet kundorder per år. Antal dagar, fyllnadsgrad respektive bristkostnad ökades därefter successivt vid varje följande simulering tills den målsatta nivån för orderradsservice på 97 % uppnåtts. Ett överskridande på mindre än 0,05 procentenheter accepterades.

När överensstämmelse mellan erhållen och önskad orderradsservice uppnåts, beräknades 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 (Tersine, 1994, sid 208). Dessutom beräknades korrelationskoefficienter mellan orderradsservice och kundorderfrekvens respektive pris.

5 Resultat

5.1 Jämförelse av bristkostnadsmetoder

I studien har två olika metoder för dimensionering av säkerhetslager baserat på bristkostnader utvärderats, dels bristkostnader uttryckta som kostnad per restorder, dvs. som den kostnad som uppstår när en kundorder måste restnoteras, och dels bristkostnader uttryckta som bristkostnad per styck för kvantiteter som inte kunnat levereras enligt önskemål från kund. Utvärderingen har gjorts genom att jämföra den kapitalbindning som krävs i säkerhetslager vid användning av bristkostnad per styck och bristkostnad per restorder för att uppnå en önskad total orderradsservice på 97 %. Den redovisas i tabell 2.

Tabell 2 Procentuell högre kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av bristkostnad som procent av pris per styck för dimensionering jämfört med användning av bristkostnad per restorder

Företag	A	B	C	D	E	Medel
	40	47	30	41	45	41

Som framgår av tabellen krävs ett klart större säkerhetslager i samtliga företag om man använder bristkostnad per styck jämfört med bristkostnad per restorder. I medeltal för de fem företagen blir kapitalbindningen 41 % högre. Detta resultat är förväntat eftersom bristkostnad per restorder i mycket större utsträckning representerar uppföljningsmättet orderradsservice än vad bristkostnad per styck gör.

5.2 Jämförelser med fyllnadsgradsmetoden respektive dagmetoden

Resultaten från jämförelserna mellan den metod som utgår från en gemensam bristkostnad per restorder och metoderna som utgår från en gemensam fyllnadsgradsservice respektive ett gemensamt antal dagars medelefterfrågan visas i tabell 3. Tabellen visar hur mycket högre kapitalbindningen blir om man använder fyllnadsgrad respektive antal dagar för dimensionering av säkerhetslager i procent jämfört med dimensionering baserad på bristkostnad per restorder.

Tabell 3 Procentuell högre kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av fyllnadsgradsservice (Serv2) respektive antal dagars medelefterfrågan för dimensionering jämfört med användning av bristkostnad per restorder

Företag	A	B	C	D	E	Medel
Fyllnadsgrad	53	51	33	41	53	46
Antal dagar	31	30	15	29	12	23

Resultaten i tabellen visar att man får en väsentligt högre kapitalbindning om man använder fyllnadsgrad eller antal dagar för att dimensionera säkerhetslager, i medeltal 46 % respektive 23 % högre. Speciellt stora är skillnaderna med avseende på fyllnadsgrad. Motsvarande resultat har redovisats av Mattsson (2011). Skillnaderna i kapitalbindning kan till stor del förklaras av de olika dimensioneringsmetodernas egenskaper med avseende på differentiering som redovisades i avsnitt 3.

Som framgått ovan är en av fyllnadsgradsmetodens fördelar jämfört med de båda övriga dimensioneringsmetoderna att det finns en väsentligen större likhet och överensstämmelse mellan dimensioneringsparametern fyllnadsgradsservice och utfallsmåttet orderradsservice än mellan antal dagar respektive bristkostnad per restorder och orderradsservice. Hur känsliga dessa båda metoder är med avseende på att sätta korrekta parametervärden kan därför vara av betydelse när deras prestationsförmåga jämförs. Detta har därför också studerats genom att beräkna hur stora avvikelser man får i erhållen orderradsservice för olika stora procentuella avvikelser från korrekt parametervärden. Resultaten i medeltal för samtliga studerade fallföretag redovisas i tabell 4.

Tabell 4 Skillnader i procentenheter i erhållen orderradsservice vid procentuella avvikelser från korrekt antal dagar respektive bristkostnad

Proc. avvik	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Bristkostnad	-1,2	-0,8	-0,5	-0,2	0	+0,2	+0,4	+0,5	0,6
Antal dagar	-2,2	-1,6	-0,9	-0,4	0	+0,3	+0,6	+0,9	+1,1

Av tabellen framgår att felkänsligheten är klart mindre för bristkostnadsmetoden jämfört med dagmetoden. En feluppskattning av bristkostnaderna på -30 % leder till mindre än 1 % lägre orderradsservice än önskad och en feluppskattning på +30 % till 0,5 % för hög orderradsservice. Med tanke på att det finns många andra inslag av osäkerhet vid dimensionering av säkerhetslager kan detta betraktas som mycket låg felkänslighet.

5.3 Metodjämförelser med avseende på grad av differentiering

Som påpekades i avsnitt 3 är olika metoder för dimensionering av säkerhetslager olika effektiva med avseende på grad av differentiering av orderradsservice för olika artiklar. För att studera detta förhållande för de olika dimensioneringsmetoder som ingått i studien har korrelationskoefficienter för pris/orderradsservice och kundorderfrekvens/orderradsservice beräknats för respektive metod. Resultaten redovisas i tabellerna 5, 6 och 7.

Tabell 5 Korrelation mellan erhållen orderradsservice och pris respektive kundorderfrekvens vid användning av fyllnadsgradsservice för dimensionering av säkerhetslager

Företag	A	B	C	D	E	Medel
Pris	-0,18	-0,07	+0,08	-0,07	-0,07	-0,06
Orderfrekvens	+0,46	+0,39	+0,53	+0,29	+0,26	+0,39

Tabell 6 Korrelation mellan erhållen orderradsservice och pris respektive kundorderfrekvens vid användning av antal dagar för dimensionering av säkerhetslager

Företag	A	B	C	D	E	Medel
Pris	-0,51	-0,35	-0,02	-0,30	-0,06	-0,25
Orderfrekvens	+0,66	+0,42	+0,53	+0,33	+0,32	+0,45

Tabell 7 Korrelation mellan erhållen orderradsservice och pris respektive kundorderfrekvens vid användning av bristkostnad per restorder för dimensionering av säkerhetslager

Företag	A	B	C	D	E	Medel
Pris	-0,80	-0,57	-0,11	-0,61	-0,07	-0,43
Orderfrekvens	+0,58	+0,33	+0,43	+0,26	+0,26	+0,37

Som framgår av tabellerna är korrelationen mellan kundorderfrekvens och orderradsservice positiv för samtliga metoder i samtliga företag, dvs. alla metoderna medför i större eller mindre utsträckning att artiklar med hög kundorderfrekvens får högre orderradsservice. Skillnaderna är emellertid måttliga både mellan företag och mellan metoder. I medeltal uppvisar antal dagar högst korrelation och därmed störst differentiering. Med avseende på pris och orderradsservice är korrelationen negativ för samtliga företag utom för företag C när fyllnadsgrad används för dimensionering av säkerhetslager. Den negativa korrelationen är klart minst vid användning av fyllnadsgradsservice och högst vid användning av bristkostnader. Att den negativa korrelationen mellan pris och orderradsservice blir låg vid användning av fyllnadsgradsservice har förklarats av Mattsson (2013). Resultaten indikerar att det i första hand är skillnader i differentiering av artiklars orderradsservice med avseende på pris som påverkar de olika dimensioneringsmetodernas prestanda med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en önskad orderradsservice.

Ytterligare ett sätt att jämföra metodernas effektivitet med avseende på differentiering har genomförts. I detta fall har den kapitalbindning i säkerhetslager som de olika dimensioneringsmetoderna medför jämförts med den kapitalbindning som erhålls då alla artiklar dimensioneras så att de får samma orderradsservice, dvs. inte differentieras alls. Skillnaderna kan betraktas som den dimensioneringspotential som utan verklig differentiering av dimensioneringsparametrar finns för respektive metod. Differentieringspotentialen uttrycks som procentuellt möjlig minskning av kapitalbindning i säkerhetslager jämfört med att inte differentiera. Resultaten framgår av tabell 8.

Tabell 8 Procentuellt minskad kapitalbindning i säkerhetslager vid användning av fyllnadsgradsservice (Serv2), antal dagar respektive bristkostnader för dimensionering jämfört med att ha samma orderradsservice för samtliga artiklar

Företag	A	B	C	D	E	Medel
Serv2	-15	-20	-28	-11	-20	-19
Antal dagar	-28	-31	-38	-20	-42	-32
Bristkostnad	-44	-47	-46	-38	-48	-45

Tabell 8 visar att störst minskning av kapitalbindning i säkerhetslager jämfört med att låta samtliga artiklar få samma orderradsservice fås med hjälp av bristkostnadsmetoden och minst minskning med hjälp av fyllnadsgradsmetoden. Resultaten med avseende på

differentieringseffekter analyserat på detta sätt överensstämmer följaktligen med de resultat som erhöles när differentieringseffekter studerades med hjälp av graden av korrelation mellan orderradsservice och orderfrekvens respektive pris. De erhållna resultaten påvisar också den stora betydelse för kapitalbindningens storlek som det har att differentiera olika artiklars orderradsservice.

6 Sammanfattning

Det finns ett antal olika metoder för dimensionering av säkerhetslager baserat på bristkostnader. De skiljer sig framför allt åt med avseende på vilken typ av bristkostnad som används. I den här studien har två av dessa metoder utvärderats, dels den metod som bygger på bristkostnader uttryckta som kostnad per restorder och dels den som bygger på bristkostnader uttryckta som bristkostnad per styck för restorder respektive kvantiteter som inte kunnat levereras enligt önskemål från kund. Resultaten av simuleringarna visar att ett klart mindre säkerhetslager fås om man använder bristkostnad per restorder jämfört med bristkostnad per styck. I medeltal för de fem studerade företagen blir kapitalbindningen 41 % lägre.

Den metod som utgår från bristkostnad per restorder har jämförts med dimensioneringsmetoder som utgår från en artikelgemensam fyllnadsgradsservice respektive ett artikelgemensamt antal dagars medelefterfrågan. Resultaten från jämförelserna visar att man får en väsentligt högre kapitalbindning om man använder fyllnadsgrad eller antal dagar för att dimensionera säkerhetslager, i medeltal 46 % respektive 23 % högre för de olika företagen.

Eftersom det finns väsentligen mindre likhet och överensstämmelse mellan dimensioneringsparametrarna antal dagar respektive bristkostnad per restorder och orderradsservice än motsvarande för fyllnadsgradsservice har känsligheten med avseende på att sätta korrekta parametrar också analyserats. Resultaten visar att felkänsligheten är klart mindre för bristkostnadsmetoden jämfört med dagmetoden. En feluppskattning av bristkostnaderna på -30 % leder till mindre än 1 % lägre orderradsservice än önskad och en feluppskattning på +30 % till 0,5 % för hög orderradsservice.

Att de olika metoderna presterar olika bra med avseende på den kapitalbindning som krävs för att uppnå en viss orderradsservice kan i stor utsträckning förväntas bero på respektive metods förmåga att differentiera erhållen orderradsservice för olika artiklar. För att studera detta förhållande har dels korrelationskoefficienter för pris/orderradsservice och kundorderfrekvens/orderradsservice beräknats för respektive metod. Dessutom har resulterande kapitalbindning med de tre olika metoderna jämförts med fallet att alla artiklar får samma orderradsservice, dvs. utan differentiering. Med avseende på korrelation mellan kundorderfrekvens och orderradsservice är korrelationskoefficienten positiv och ungefärligen lika stor för samtliga metoder medan den med avseende på pris och orderradsservice är negativ. I det senare fallet är korrelationen betydligt högre för bristkostnadsmetoden än för övriga metoder och den är också klart högre för dagmetoden än för fyllnadsgradsmetoden. Med avseende på skillnader i kapitalbindning relativt att inte differentiera erhållen orderradsservice framgår också tydliga skillnader. Bristkostnadsmetoden medför klart lägst kapitalbindning och även dagmetoden medför lägre kapitalbindning än metoden som bygger på fyllnadsgradsservice. I

medeltal för de fem företagen erhöles en minskning av kapitalbindningen med 45, 32 respektive 19 procent.

Referenser

Axsäter, S. (1991) Lagerstyrning, Studentlitteratur.

Axsäter, S. (2006) Inventory control, Springer.

Buffa, F. och Bryant, T. (1980) Reflecting logistics costs in customer service level targets, Production and Inventory Management, Nr. 1.

Coleman, J. (2000) Determining the correct service level target, Production and Inventory Management Journal, Vol. 41 Nr. 1.

Forslund, H. och Jonsson, P. (2008) How to measure on-time delivery performance: State-of-the-art description and perceived performance, Forskningsrapport, Linnéuniversitetet.

Herron, P. (1969) Service levels versus stockout penalties – A suggested synthesis, Production and Inventory Management, Nr. 1.

Jonsson, P. och Mattsson, S-A. (2014) Best practice vid lagerstyrning i svensk industri, Forskningsrapport, Chalmers Tekniska Högskola.

Magee, J., Copacino, W. och Rosenfield, D. (1985) Modern logistics management, John Wiley & Sons, sid 82.

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

Mattsson, S-A. (2011) Utvärdering av fem metoder för dimensionering av säkerhetslager med avseende på kapitalbindning, Institutionen för Logistik och Transport, Chalmers Tekniska Högskola.

Mattsson, S-A. (2013) Säkerhetslager som antal dagars medelefterfrågan eller baserat på fyllnadsgradsservice, Forskningsrapport, Permatron Research.

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

Tersine, R. (1994) Principles of inventory and materials management, Prentice-Hall.