

# Optimal differentiering av servicenivåer för att effektivisera lagerstyrning

Stig-Arne Mattsson

## Sammanfattning

*Differentiering av servicenivåer innebär att olika artiklar ges olika höga servicenivåer vid dimensionering av säkerhetslager. Traditionellt har sådan differentiering genomförts genom att klassificera artiklarna i ett artikelsortiment och att fastställa lämpliga servicenivåer för varje artikelklass. Servicenivån för varje artikel blir därefter bestämd av servicenivån för den artikelklass som artikeln tillhör. Ett alternativ till sådan gruppvis differentiering är att differentiera varje artikel individuellt baserat på en optimering av summa bristkostnader och lagerhållningssärkostnader. I den här studien har en metod för att åstadkomma detta utvecklats. Dessutom har en jämförelse mellan de olika alternativen gjorts med hjälp av simulering av ett slumpmässigt urval artiklar från ett medelstort verkstadsföretag. Resultaten kan sammanfattas enligt följande.*

*Individuell differentiering medför alltid lägre behov av säkerhetslager för att uppnå en viss önskad servicenivå jämfört med att använda gruppvis differentiering baserad på klassificeringsvariablerna volymvärde, pris eller antal uttag per år. För fallet med förlorad försäljning minskar säkerhetslagret med storleksordningen 25 procent mer än vid användning av bästa gruppdifferentieringsalternativ och för fallet med restorderkostnader med storleksordningen 120 procent mer.*

## 1 Introduktion och syfte

Differentiering av servicenivåer på olika artiklar har traditionellt åstadkommit genom att klassificera dem efter någon lämplig variabel, exempelvis volymvärde, och att tilldela varje artikelklass olika servicenivåer. Ofta betecknas de olika klasserna med A, B, C etc där A är den högsta klassen, B den näst högsta osv. Artiklarna tilldelas därefter de servicenivåer efter klasstillhörighet och säkerhetslagret för var och en av dem dimensioneras med utgångspunkt från dessa servicenivåer. Detta sätt att differentiera servicenivåer innebär följaktligen en gruppvis differentiering.

Studier har visat att sådan differentiering påtagligt kan reducera den kapitalbindning som krävs för att uppnå en för hela artikelsortimentet önskad servicenivå. Se exempelvis Mattsson (2011). Detta gäller vare sig om konsekvensen av brist i lager är förlorad försäljning, restorderkostnader eller kostnader för störningar i produktionen. Den här typen av differentiering baseras på att säkerhetslagerdimensioneringen utgår från fastställda servicenivåer. Dimensionering av säkerhetslager kan emellertid också baseras på

bristkostnader. Problemet i det fallet är att bristkostnader inte är möjliga att generellt uppskatta i förväg. Varje servicenivå motsvaras emellertid indirekt av en viss bristkostnad som kan beräknas analytiskt. Genom att utgå från givna servicenivåer kan man följaktligen beräkna dess motsvarande bristkostnader. Eftersom optimering av ett säkerhetslagers storlek innebär en minimering av lagerhållningssärkostnader och bristkostnader blir det då också möjligt att differentiera artiklar individuellt och inte endast gruppvis på basis av någon klassificeringsvariabel. Det är rimligt att förvänta sig att en sådan individuell differentiering möjliggör ett ytterligare lägre behov av säkerhetslager än vad som kan åstadkommas med hjälp av gruppvis differentiering.

Syftet med det projekt som redovisas i den här rapporten är utveckla en metodik som med utgångspunkt från en totalt för hela artikelsortimentet önskad servicenivå, via bristkostnadsberäkning analytiskt bestämma individuella servicenivåer för varje artikel. Syftet är också att analysera hur behovet av kapitalbindning i säkerhetslager kan förväntas reduceras jämfört med vad som är möjligt med traditionell gruppvis differentiering.

## 2 Differentiering av servicenivåer i litteraturen

Inga studier som behandlar differentiering av servicenivåer individuellt med hjälp av optimering av bristkostnader och lagerhållningssärkostnader har hittats i litteraturen. Gruppvis differentiering finns emellertid beskriven i många läroböcker och forskningsrapporter. Ett antal författare diskuterar användning av gruppvis differentiering med utgångspunkt från volymvärdeklassificering. Se exempelvis Tersine (1994, sid 546). Shah (1988, sid 344) diskuterar också differentierad lagerstyrning baserad på volymvärdeklassificering och beskriver olika lagerstyrningspolicys för varje volymvärdeklass. Han hävdar att de storheter som ingår i volymvärdet var för sig är mindre relevanta men att de tillsammans utgör en viktig styrparameter.

Hax och Candea (1984, sid 188) argumenterar för klassificering efter volymvärde vid differentierad lagerstyrning med motivet *since investment in inventory of any given item is proportional to two of the item's most important characteristics, the item's usage and its cost, a commonly used method of classification is the so-called ABC inventory classification according to the annual dollar usage*. Att klassificera med hjälp av volymvärden förordas av Lewis (1975, sid 201) med motiveringen att de datauppgifter som krävs är lätta att få tag på och att klassificeringssättet är enkelt att tillämpa. Lewis tillägger dock att dess tillämpning i ett färdigvarulager indirekt innebär ett antagande om att alla produkter har samma vinstmarginal och menar att man i stället bör klassificera med avseende på respektive produkts årliga täckningsbidrag om detta inte alls stämmer med verkligheten.

Fogarty och Hoffmann (1983, sid 171) föreslår ett antal olika variabler för att klassificera artiklar, bland andra volymvärde och pris per styck. Författarna menar att val av lämpligt kriterium endast kan göras från fall till fall. Jonsson och Mattsson (2009, sid 94) föreslår att utöver volymvärde använda förbrukningsfrekvens i form av antal uttag per år för klassificering av artiklar. Inga böcker eller artiklar som specifikt behandlar val av klassificeringsvariabler har hittats.

### 3 Beräkningsmetodik

Differentiering så att olika artiklar får olika servicenivåer syftar till att få en viss total servicenivå i medeltal för samtliga artiklar med så låg kapitalbindning som möjligt. Eftersom olika artiklar påverkar den totala servicenivån olika mycket är det 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 gå till avgörs av vad det är för typ av konsekvenser en brist leder till. Två fall behandlas i den här studien. Det ena fallet avser när brister leder till en kostnad som är proportionell mot värdet av de bristande kvantiteterna. Detta inträffar framför allt 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. Erhållen servicenivå mäts därför lämpligen som andel av efterfrågan uttryckt som volymvärde som kunnat levereras direkt från lager. För varje enskild artikel blir levererat volymvärde dess servicenivå gånger efterfrågan uttryckt som volymvärde, dvs efterfrågans volymvärde per år för respektive artikel är de vikter som skall användas vid beräkning av den totala servicenivån för hela sortimentet. Indirekt innebär detta att vinstmarginalen i procent antas vara lika stor för samliga artiklar och att denna vinstmarginal gånger efterfrågans volymvärde utgör de totala bristkostnaderna per år.

Det andra fallet avser att brist medför en fast kostnad som är oberoende av värdet av den bristande kvantiteten. Detta inträffar i färdigvarulager när brister resulterar i en restleverans till kund. Bristkostnaden är den kostnad som uppstår när restordern skall levereras vid ett senare tillfälle. Det inträffar också i ett lager av råmaterial, köpta komponenter och egentillverkade halvfabrikat när brister 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. Antalet orderrader per år för respektive artikel är följaktligen de vikter som skall användas vid beräkning av den totala servicenivån för hela sortimentet. Indirekt innebär detta att bristkostnaden antas vara lika stor för samliga artiklar.

För att kunna koppla samman den för hela artikelsortimentet önskade genomsnittliga servicenivån och motsvarande bristkostnader per artikel har följande tillvägagångssätt tillämpats. Först väljs en preliminär bristkostnad. För fallet med förlorad försäljning bestäms denna i form vinstmarginal gånger pris per styck, dvs alla artiklar antas ha samma vinstmarginal i procent och för fallet med restorderkostnader en fast kostnad per bristtillfälle som är lika stor för alla artiklar. Från en sådan bristkostnad beräknas för varje artikel motsvarande fyllnadsgradsservice och en total viktad medelfyllnadsgradservice för hela artikelsortimentet. Viktningen görs enligt ovan för respektive fall. Om den viktade medelservicenivån skiljer sig från önskad servicenivå görs proceduren om med en ny preliminär bristkostnad. Förfarandet fortsätts tills den viktade medelfyllnadsgradsservicen blir lika stor som den önskade servicenivån. Motsvarande fyllnadsgradservice per artikel används därefter som servicenivå vid dimensionering av säkerhetslager. Beräkningarna görs enligt följande.

Sannolikheten att brist inte inträffar under en lagercykel beräknas med hjälp av följande formel för fallet med förlorad försäljning (Tersine, 1994, sid 324).

$$P(0) = 1 - (Lhf \cdot OK \cdot E) / (OK \cdot E + Lhf \cdot OK \cdot E)$$

där  $Lhf$  = lagerhållningsfaktor  
 $OK$  = använd orderkvantitet  
 $Bks$  = bristkostnad per styck  
 $E$  = efterfrågan per år

För fallet med restorder beräknas sannolikheten i stället med hjälp av följande formel (Silver et al., 1998, sid 260).

$$P(0) = 1 - (Lhf \cdot OK \cdot E) / (OK \cdot E)$$

där  $Lhf$  = lagerhållningsfaktor  
 $OK$  = använd orderkvantitet  
 $Bkg$  = bristkostnad restordertillfälle  
 $Ant$  = antal order per år

Antalet standardavvikelser som motsvarar dessa sannolikheter, dvs säkerhetsfaktorn  $k$ , hämtas därefter från en normalfördelningstabell eller beräknas med hjälp av Excel funktionen

$$NORMSINV(k)$$

Med hjälp av säkerhetsfaktorn beräknas värdet på frekvensfunktionen med hjälp av följande formel (Silver et al., 1998, sid 296).

$$f(x) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot e^{-(x^2/2)}$$

Därefter beräknas servicefunktionen med hjälp av följande uttryck och Excel funktionen  $NORMSFÖRD(k)$  (Silver et al., 1998, sid 735).

$$F(x) = 1 - \int_x^\infty f(t) dt = 1 - \int_x^\infty (1/\sqrt{2\pi}) \cdot e^{-(t^2/2)} dt$$

Slutligen beräknas den fyllnadsgrad som motsvarar den fastställda bristkostnaden med hjälp av följande formel (Silver et al., 1998, sid 268).

$$F(x) = 1 - (f(x) \cdot OK) / E$$

där  $f(x)$  = standardavvikelsen under ledtid  
 $OK$  = använd orderkvantitet

#### 4 Testdata och simuleringsmodell

För att kunna studera vad differentiering med hjälp av bristkostnader betyder för behovet av säkerhetslager så att en viss önskad genomsnittlig servicenivå kan uppnås för

hela artikelsortimentet har simulering använts. För att kunna göra jämförelser har simuleringarna också inkluderat påverkan på säkerhetslagret vid gruppvis differentiering av servicenivåer. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic och baseras på ett stickprov bestående av 155 slumpmässigt valda inköpsartiklar från ett medelstort verkstadsföretag. Artiklarnas egenskaper i olika avseenden kan karakteriseras enligt följande.

Prisintervall	5 ó 2.605 kronor
Antal dagar per år med efterfrågan	4 ó 217 stycken
Efterfrågan per år	4 ó 14.130 stycken
Maximal efterfrågan per dag	1 ó 456 stycken
Ledtid	1 ó 45 dagar
Orderkvantitet	3 ó 1000 stycken
Antal inleveranser per år	1 ó 17 stycken

För jämförelsen med gruppvis klassificering har klassificeringsvariablerna volymvärde, pris per styck och antal uttag per år behandlats i studien. Följande klassindelningar har använts.

Volymvärde	A $\geq$ 100 000 kronor
	B $\geq$ 23 000 kronor
	C $<$ 23 000 kronor

Pris	A $\geq$ 239 kronor
	B $\geq$ 68 kronor
	C $<$ 68 kronor

Antal uttag per år	A $\geq$ 164 styck per år
	B $\geq$ 58 styck per år
	C $<$ 58 styck per år

Volymvärdeklass A svarar för 74 % av omsättningen, B för 18 % och C för 8 %. För samtliga variabler innehåller klass A 17 % av artiklarna, B 23 % av artiklarna och C 60 % av artiklarna.

Servicenivån för klass B genomgående satts till 97 %. Servicenivåerna för klass A och C har därefter anpassats så att den viktade medelservicenivån för hela artikelsortimentet blivit 97 % och så att säkerhetslagret blivit så litet som möjligt. Eftersom det varit fråga om ett begränsat antal anpassningar är det emellertid inte fråga om någon säkerställd minimering av säkerhetslagret.

Den simuleringsmodell som använts bygger på ett beställningspunktssystem av (s,Q)-typ, dvs med fast orderkvantitet. Negativa säkerhetslager tillåts. För att få så korrekta beställningspunkter som möjligt har tillägg gjorts för de överdrag av beställningspunkter som uppkommer genom att kundorderkvantiteterna alltid är större än ett. Vid simuleringen simuleras dagliga lageruttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under sex tusen dagar. För fallet med förlorad försäljning elimineras den efterfrågan som motsvaras av kundorderkvantiteten om inte hela kvantiteten kan levereras direkt från lager medan uppkomna brister restnoteras för senare leverans för fallet med fast

restorderkostnad. Efter varje genomförd simuleringskörning beräknas erhållen servicenivå och säkerhetslager i medeltal för varje. Erhållet säkerhetslagret definieras som medelvärdet av den kvantitet som finns i lager vid inleveranstillfällena. Efter de för hela artikelsortimentet genomförda simuleringskörningarna beräknas viktade medelvärden av erhållna servicenivåerna samt den sammanlagda kapitalbindningen i säkerhetslager.

## 5 Resultat och analys

Resultaten av de genomförda simuleringarna i form av procentuell minskning av säkerhetslager vid differentiering av servicenivåer jämfört med att inte differentiera alls och med samma erhållna totala servicenivå för hela artikelsortimentet redovisas i tabellerna 1 och 2. De angivna siffrorna i tabellhuvudena avser använda servicenivåer för respektive klassificeringsvariabel. Den andra raden i varje tabell avser procentuell minskning av simulerat säkerhetslager i förhållande till att alla artiklar får samma servicenivå.

Tabell 1 avser fallet med förlorad försäljning. Av tabellen framgår tydligt att individuell differentiering baserad på optimering av bristkostnader och lagerhållningssärkostnader ger klar lägre säkerhetslager än vad som blir fallet om något av de gruppbaseade differentieringsalternativen används.

Tabell 1 Förändring av simulerat säkerhetslager i procent för fallet förlorad försäljning

<i>Individuell differentiering</i>	<i>Pris</i>	<i>Antal uttag</i>	<i>Volymvärde</i>
	95,0-97,0-98,4	98,4-97,0-92,1	97,5-97,0-92,0
- 8,8 %	- 1,1 %	- 6,1 %	- 1,5 %

Motsvarande resultat för fallet med fast restorderkostnad visas i tabell 2. I det här fallet blir minskningen av säkerhetslagret än större om man använder en individuell och bristkostnadsbaserad differentiering av servicenivåer. Minskningen av kapitalbindningen i säkerhetslager har mer än fördubblats.

Tabell 2 Förändring av simulerat säkerhetslager i procent för fallet fast restorderkostnad

<i>Individuell differentiering</i>	<i>Pris</i>	<i>Antal uttag</i>	<i>Volymvärde</i>
	86,0-97,0-98,6	98,7-97,0-89,0	94,8-97,0-99,9
- 42,7 %	- 19,0 %	- 8,7 %	+ 3,8 %

## 6 Sammanfattning och slutsatser

Differentiering av servicenivåer innebär att olika artiklar ges olika höga servicenivåer vid dimensionering av säkerhetslager. Traditionellt har sådan differentiering genomförts genom att klassificera artiklarna i ett artikelsortiment och att fastställa en lämplig servicenivå för varje artikelklass. Servicenivån för varje artikel blir därefter bestämd av servicenivån för den artikelklass som artikeln tillhör. Som ett alternativ till sådan gruppvis differentiering kan man använda en individuell artikelvis differentiering baserad på optimering av summa bristkostnader och lagerhållningssärkostnader. I den här studien har en jämförelse mellan de olika alternativen gjorts med hjälp av simulering. Resultaten kan sammanfattas enligt följande.

Individuell differentiering medför alltid lägre behov av säkerhetslager för att uppnå en viss önskad servicenivå jämfört med att använda gruppvis differentiering baserad på klassificeringsvariablerna volymvärde, pris eller antal uttag per år. För fallet med förlo-  
rade försäljning minskar säkerhetslagret med storleksordningen 25 procent mer än vid användning av bästa gruppdifferentieringsalternativ och för fallet med restorderkostna-  
der med storleksordningen 120 procent mer.

## Referenser

- Fogarhty, D. ó Hoffman, T. (1983) Production and inventory management, South-Western Publishing.
- Hax, A. ó Candea, D. (1984) Production and inventory management, Prentice-Hall.
- Jonsson, P. ó Mattsson, S-A. (2009) Manufacturing planning and control, McGraw-Hill.
- Lewis, C. (1975) Demand analysis and inventory control, Saxon House Books.
- Mattsson, S-A. (2011) Differentiering av servicenivåer för effektivare lagerstyrning, Forskningsrapport, Logistik och transport, Chalmers Tekniska Högskola.
- Schönsleben, P. (2004) Integral logistics management, St Lucie Press.
- Shah, N. (1988) An integrated concept of materials management, McGraw-Hill.
- Silver, E. ó Pyke, D. ó Peterson, R. (1998) Inventory management and production planning and scheduling, John Wiley & Sons.
- Tersine, R. (1994) Principles of inventory and materials management, Prentice-Hall.