

Vilken servicenivå får man om man dimensionerar säkerhetslager med servicenivå

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

En ofta förordad metod för att dimensionera säkerhetslager är att använda en beräkningsmodell som utgår från en önskad fyllnadsgradservice, Serv2. De beräkningar som man då gör utgår emellertid från ett antal modellantaganden som inte alltid är uppfyllda i verkligheten. Det är därför inte särskilt givet att man får den servicenivå man dimensionerat säkerhetslagret för. I den här simuleringsstudien har graden av överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå studerats. I studien har också de faktorer som påverkar graden av överensstämmelse analyserats. Erhållna resultat kan sammanfattas enligt följande.

Mest avgörande för att få en acceptabel överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer är i vilken utsträckning hänsyn tas till förekommande överdrag, dvs. att saldot kan vara långt under beställningspunkten när ny order initieras. Om sådan hänsyn inte tas kan man räkna med att få servicenivåer som underskrider de man dimensionerat säkerhetslagret för med åtskilliga procentenheter. Ju större kundorderkvantiteterna är desto större blir skillnaderna. Tas hänsyn till överdrag fås en bra eller mer acceptabel överensstämmelse i merparten av de studerade efterfrågefallen. Oavsett om man tar hänsyn till överdrag eller inte får de artiklar som har de högsta och lägsta kundorderfrekvenserna lägre servicenivåer än artiklar med medelhöga orderfrekvenser.

Av resultaten framgår också att överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivå blir bättre ju längre ledtiden är, ju högre servicenivåer man dimensionerar lagret för och ju större orderkvantiteter för påfyllnad av lagret man använder. Sättet att beräkna standardavvikelse har också ett avgörande inflytande på hur mycket mindre den erhållna servicenivån blir jämfört med den som säkerhetslagret dimensionerats för. Det är endast då standardavvikelse beräknats korrekt och per dag som man kan få en rimlig överensstämmelse.

1 Inledning och syfte

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 lämp-

lig säkerhetslagerstorlek sätts proportionell mot efterfrågans storlek, exempelvis antal dagars medelefterfrågan. Även dessa metoder har bedömningsmässiga inslag eftersom den proportionalitetsvariabel som används för beräkningarna är bedömd. 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. 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.

Det man i allmänhet försöker uppnå genom att använda säkerhetslager är en leveransförmåga uttryckt i form av servicenivå. Att använda statistiska metoder känns därför naturligt och man föreställer sig att om man dimensionerar sitt säkerhetslager för en viss artikel baserat på en önskad servicenivå så kommer man att få den servicenivån. Den föreställningen förmedlas också i läroböcker och forskningsrapporter. Att så inte är fallet har påvisats av Mattsson (2003). Det finns två grundläggande orsaker till att man i allmänhet inte uppnår överensstämmelse mellan önskad och erhållen servicenivå. Den ena orsaken är att den servicenivådefinition som man använder för att dimensionera säkerhetslager inte är densamma som den servicenivådefinition som man använder och som är lämplig för att uttrycka och följa upp erhållen leveransförmåga. Exempelvis används servicenivådefinitionen sannolikheten att det inte uppstår brist under en lagercykel (så kallad cykelservice eller Serv1) för dimensionering medan servicenivådefinitionen andel orderrader som kan levereras direkt från lager (så kallad orderradsservice) används för uppföljning av erhållen servicenivå. Den andra orsaken till att man inte får den servicenivå man dimensionerat säkerhetslagret för är att flera av de antaganden som används i teoretiska modeller bygger på inte motsvarar verkliga förhållanden. Det innebär att trots att man använder samma servicenivådefinition för att dimensionera säkerhetslager och för att mäta erhållen servicenivå får man inte önskad överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå.

Syftet med den här studien är att analysera vilka skillnader man kan förvänta sig mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer under olika förhållanden. Av de statistiska metoderna för att dimensionera säkerhetslager är två helt dominerande, den som bygger på att säkerhetslager beräknas med utgångspunkt från cykelservice definierat som andel lagercykler utan brist (Serv1) och den som bygger på att säkerhetslager beräknas med utgångspunkt från fyllnadsgradsservice (Serv2) definierat som den efterfrågan som levereras direkt från lager under en period i förhållande till total efterfrågan under samma period. Studien avgränsas till att omfatta användning av fyllnadsgradsservice både som dimensionerande och uppmätt servicenivå. Analyserna utgår från att orderkvantiteter är bestämda när säkerhetslagren dimensioneras, dvs. hänsyn tas inte till att orderkvantitet och säkerhetslager teoretiskt sett skall dimensioneras samtidigt (Tersine, 1994). Uppkommer brist antas den bristande kvantiteten restnoteras för senare leverans, dvs. brist antas inte innebära förlorad försäljning. Analysen genomförs med hjälp av simulering i ett beställningspunktssystem av periodinspektionstyp med dagliga jämförelser mellan redovisat lagersaldo och beställningspunkter.

2 Orsaker till missöverensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå och förhållanden som påverkar

Det finns fyra huvudorsaker till att man inte får den servicenivå som man dimensionerat lagret för trots att man använder samma servicenivådefinition för dimensionering och uppföljning. En orsak till att det uppstår skillnader mellan dimensionerande och erhållen servicenivå har att göra med att använda lagerstyrningsmodeller utgår från antagandet att alla kundorder/uttag avser ett styck vilket sällan är fallet i verkligheten. Detta förhållande gäller både beställningspunktssystem, täcktidsplanering och materialbehovsplanering. För beställningspunktssystem blir konsekvensen att lagersaldot nästan alltid kommer att vara mindre än beställningspunkten när ny lagerpåfyllnadsorder initieras. Det uppstår med andra ord ett så kallat överdrag som leder till att den kvantitet som finns i lager vid ordertillfället inte täcker efterfrågan under ledtid. Detta leder i sin tur till att erhållen servicenivå kommer att bli lägre än den som önskas och som använts för att dimensionera säkerhetslagret eftersom säkerhetslagret endast är avsett för att fånga upp variationer i efterfrågan under ledtid. Olika sätt att ta hänsyn till överdrag, inklusive att inte ta någon hänsyn alls, påverkar följaktligen missöverensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållen servicenivå. Denna orsak till missöverensstämmelse har tidigare påvisats av Mattsson (2012).

Effekterna av att inte ta hänsyn till överdrag vid bestämning av beställningspunkter påverkas också av hur stora orderkvantiteterna för lagerpåfyllnad är. Att så är fallet beror på att den extra brist i lager som inträffar på grund av att hänsyn inte eller endast delvis tas till överdrag bara inträffar en gång per lagercykel. Ju större orderkvantiteter desto färre lagercykler och därmed desto mindre sammanlagd bristkvantitet per period och därmed högre servicenivå under perioden.

Den andra huvudorsaken till missöverensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå är att den teoretiska modell för beräkning av säkerhetslager som praktiskt taget alltid används bygger på antagandet att efterfrågevariationerna är normalfördelade. Den modellen används också i den här analysen. Verkliga efterfrågevariationer följer i allmänhet en compound Poissonfördelning som är sammansatt av slumpässigt antal kundorder per dag och slumpmässigt varierande orderkvantiteter (Bagchi et al., 1984). Verkliga efterfrågefördelningar avviker därmed mer eller mindre från normalfördelningen beroende på aktuell kundorderfrekvens och kundorderstorlek.

Graden av missöverensstämmelse på grund av att efterfrågan inte är normalfördelad beror inte bara på antal kundorder per dag och hur stora kundorderkvantiteterna är. Ett annat förhållande som påverkar är ledtidens längd. Detta kan förklaras av den centrala gränsvärdessatsen som stipulerar att summan av många små slumpässigt varierande tal är ungefär normalfördelad även om talen var för sig inte är normalfördelade. Efterfrågan under ledtid tenderar därför att blir mer normalfördelad ju längre ledtiden är.

Den utsträckning i vilken normalfördelningen på ett rimligt sätt motsvarar verklig efterfrågefördelning vid beräkning av säkerhetslager påverkas också av hur hög servicenivå man använder. Enligt Mattsson (2010) ger normalfördelningen mer rättvisande säkerhetslager och därmed erhållna servicenivåer ju högre servicenivån är. Följaktligen påverkar använd servicenivå graden av missöverensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå.

En tredje huvudorsak kan vara att standardavvikelsen inte beräknas på ett helt teoretiskt korrekt sätt. Bristande noggrannhet uppstår därför att alltför få efterfrågevärden ingår i beräkningarna, dvs. det stickprov som standardavvikelseberäkningen bygger på är för litet, eller att det förekommer systematiska prognosfel när standardavvikelsen beräknas baserat på prognosfel i stället för efterfrågevariationer (Mattsson, 2007a). Att standardavvikelser dessutom ofta beräknas approximativt med hjälp av MAD, Mean Absolute Deviation, som förutsätter att efterfrågan är normalfördelad är också en felkälla. En ytterligare felkälla är konverteringen av beräknad standardavvikelse per period till standardavvikelse under ledtid. För att den formel som brukar användas för detta ändamål skall ge tillfredsställande resultat får det inte förekomma någon autokorrelation mellan olika perioders efterfrågevärden (Mattsson, 2007b). Sådan autokorrelation är inte helt ovanlig. Sättet att beräkna standardavvikelser påverkar missöverensstämelsen mer eller mindre av alla dessa defekter. I den analys som genomförts har de förhållanden som har med systematiska prognosfel och förekomst av autokorrelation att göra inte studerats. Dessa defekter har uteslutits genom att efterfrågan genererats slumpmässigt per dag under hela den period som simulerats.

Den fjärde huvudorsaken är att den formel som brukar användas vid beräkning av den så kallade servicefunktionen för bestämning av säkerhetsfaktorer är en approximation av det teoretiskt korrekta sambandet. Denna förenkling har emellertid endast betydelse när orderkvantiteten är klart mindre än efterfrågans standardavvikelse under ledtid (Axäter, 1991). Så är sällan fallet och därför behandlas inte effekter av denna orsak till bristande överensstämmelse vidare här.

Sammanfattningsvis påverkas graden av överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer av följande förhållanden.

- Kundorderfrekvens och storlek på kundorderkvantiteter
- Sättet att hantera överdrag
- Längden på ledtid för lagerpåfyllning
- Storleken på använd servicenivå
- Storlek på orderkvantiteter för lagerpåfyllning
- Sättet att beräkna standardavvikelser

3 Angreppssätt, simuleringsmodell och analysdata

Syftet med den här studien är att analysera och utvärdera i vilken utsträckning man får den servicenivå som man dimensionerat säkerhetslagret för under de förhållanden som beskrivits ovan. Att genomföra en sådan studie kan endast göras med hjälp av simulering eftersom man av olika skäl inte kan experimentera med verkliga förhållanden. Inom ramen för simulering är två alternativa tillvägagångssätt möjliga. Ett sådant alternativ är att basera simuleringen på faktiska data från företag, ett annat att basera simuleringen på statistiskt slumpmässigt genererade efterfrågedata och utvalda representativa parametervärden. Att utgå från faktiska data har fördelen att de i sann mening är verkliga. Detta alternativ är emellertid också förknippat med en del svårigheter och nackdelar. Det är i allmänhet inte möjligt att få tag på efterfrågedata över en tillräckligt lång period för att kunna åstadkomma en acceptabelt hög reliabilitet. Det är inte heller möjligt att säkerställa att företagsdata i rimlig omfattning är representativa vilket försvårar förutsättningarna för att åstadkomma en acceptabel validitet. Dessutom är det med utgångs-

punkt från företagsdata svårt att på ett säkert och tydligt sätt kunna karakterisera och kontrollera vad det är för förhållanden som råder. Simuleringarna i den här studien baseras därför på konstruerade data och parametervärden som representerar olika typiska förhållanden.

Tjugofyra olika efterfrågefall omfattande 8 olika kundorderfrekvenser och 3 olika fall av kundorderkvantiteter har simulerats. De olika fallen framgår av tabell 1. För kundorderkvantiteter anges de kvantitetsintervall som använts vid slumpmässig bestämning av kvantiteter. För varje efterfrågefall och artikel har efterfrågan under sex tusen dagar genererats med utgångspunkt från de i tabellen visade kundorderfrekvenserna och orderkvantiteterna. En Poissonfördelning har använts för att slumpmässigt generera antal kundorder per dag och en rektangelfördelning för att bestämma kvantitet per kundorder. Det antas att det går tjugo arbetsdagar per månad och därmed 240 arbetsdagar per år.

Varje efterfrågefall har omfattat tjugo olika artiklar för att minska risken för ett för stort slumpmässigt inflytande på resultaten. Av tabell 1 framgår medelefterfrågan per månad för de olika efterfrågefallen och i tabell 2 variationskoefficienterna för efterfrågan under ledtid för vart och ett av de olika efterfrågefallen och tre olika ledtidalternativ. Det kan påpekas att variationskoefficienten inte påverkas av kundorderstorleken.

Tabell 1 Efterfrågan per månad i medeltal för respektive kundorderfrekvens och kundorderkvantitet.

Orderfrekvens	Kundorder Orderkvantiteter			
	per år	1 - 3 st	4 - 12 st	16 - 48 st
10 per dag	2400	400	1600	6400
5 per dag	1200	200	800	3200
3 per dag	720	120	480	1920
1 per dag	240	40	160	640
0,5 per 2 dag	120	20	80	320
1 per vecka	48	8	32	128
1 per 2 v:or	24	4	16	64
1 per månad	12	2	8	32

Tabell 2 Variationskoefficienter för efterfrågan under ledtid för de olika efterfrågefallen och respektive ledtidalternativ

Orderfrekvens	Kundorder per år	Variationskoefficienter		
		LT = 2	LT = 10	LT = 20
10 per dag	2400	0,23	0,11	0,07
5 per dag	1200	0,33	0,15	0,11
3 per dag	720	0,42	0,19	0,13
1 per dag	240	0,74	0,33	0,23
0,5 per 2 dag	120	1,05	0,47	0,33
1 per vecka	48	1,66	0,74	0,53
1 per 2 v:or	24	2,36	1,06	0,75
1 per månad	12	3,31	1,48	1,05

Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic och baserats på en beställningspunktsmodell av typ (s,Q) med daglig inspektion, dvs med fast orderkvantitet. För samtliga artiklar har priset satts till 500 kr och lagerhållningsfaktorn till 20 %. Ekonomisk orderkvantitet har beräknats med Wilsons formel för tre olika ordersärkostnader; 50, 200 och 500 kr. Säkerhetslager har beräknats från tre olika servicenivåer, 94, 97 och 99 %. Negativa säkerhetslager tilläts. Tre olika ledtider har analyserats; 2, 10 och 20 dagar.

Vid simuleringarna genomfördes för varje artikel och dag lageruttag, kontroll av aktuellt saldo i förhållande till beställningspunkt, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under sextusen dagar. För att öka validiteten i simuleringarna genererades den dagliga efterfrågan för varje efterfrågestruktur och artikel i förväg och sparades i ett Excel-ark i stället för att genereras under simuleringens gång. Simuleringar för att jämföra dimensionerande och erhållna servicenivåer kunde därigenom genomföras med exakt samma utgångsdata.

Utöver alternativet att inte inkludera hänsyn till överdrag har två alternativa metoder för att beräkna och använda överdrag analyserats. Det ena och enklare alternativet innebär att beställningspunkten i genomsnitt antas underskridas mitt i inspektionsintervallet. Eftersom inspektionsintervallet satts till en dag blir medelöverdragskvantiteten lika med medelefterfrågan under dagar med efterfrågan dividerat med två. Det andra sättet är en mer teoretiskt korrekt metodik som innebär att överdragskvantiteten beräknas med hjälp av följande uttryck (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

Eftersom överdraget är en stokastisk variabel måste i princip hänsyn även tas dess variationer genom att inkludera dess standardavvikelse vid säkerhetslagerberäkningen. Detta har endast gjorts för den teoretiskt mer korrekta modellen för att bibehålla enkelheten i den enkla modellen. Standardavvikelse per dag har visat sig vara en acceptabel approximation för denna standardavvikelse (Mattsson, 2005). Säkerhetslagret har därför beräknats på följande sätt i detta fall.

$$SL = \sigma \cdot \sqrt{Lt + 1}$$

där Lt = ledtiden i dagar och σ = efterfrågans standardavvikelse per dag.

4 Resultat och analys

Resultaten från de genomförda simuleringarna med avseende på i vilken utsträckning som erhållen servicenivå överensstämmer med den servicenivå som man dimensionerat säkerhetslagret för under vart och ett av de respektive förhållanden som beskrevs i avsnitt 2 redovisas i det här avsnittet. Kundorderfrekvensens och kundorderstorlekens betydelse inkluderas i vart och ett av dem.

4.1 Överdrag

Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer på grund av olika sätt att ta hänsyn till överdrag som funktion av kundorderfrekvens och kundorderstorlek redovisas i tabell 3. UÖD står för att beställningspunkten inte kompletteras med överdrag, EÖD att ett överdrag motsvarande en halv dags medelefterfrågan används och TÖD att ett teoretiskt beräknat överdrag används. Tabellen avser fallet med en ledtid på 10 dagar, orderkvantiteter för lagerpåfyllnad motsvarande en ordersärkostnad på 200 kr, en servicenivå på 97 % och standardavvikelser beräknade på ett teoretiskt korrekt sätt per dag.

Tabell 3 Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika sätt att hantera överdrag

Orderfrekvens	Orderkvantitet: 1-3			Orderkvantitet: 4-12			Orderkvantitet: 16-48		
	UÖD	EÖD	TÖD	UÖD	EÖD	TÖD	UÖD	EÖD	TÖD
10 per dag	-3,4	-0,5	-0,1	-5,2	-1,0	-0,3	-9,7	-3,0	-1,7
5 per dag	-2,4	-0,5	0,0	-3,6	-0,9	-0,1	-5,9	-2,0	-0,8
3 per dag	-2,0	-0,5	-0,1	-3,1	-0,9	-0,1	-4,6	-1,7	-0,6
1 per dag	-1,6	-0,4	-0,1	-2,6	-1,0	-0,2	-3,9	-1,6	-0,6
0,5 per 2 dag	-1,5	-0,3	-0,2	-2,8	-1,0	-0,3	-4,0	-1,6	-0,7
1 per vecka	-2,2	-0,3	-0,5	-4,1	-1,3	-0,7	-5,0	-1,9	-0,9
1 per 2 v:or	-2,2	0,1	-0,5	-5,1	-1,5	-1,2	-7,1	-2,5	-1,6
1 per månad	-5,5	-1,7	-1,7	-7,0	-1,6	-1,6	-10,7	-3,2	-2,3

Som framgår av tabellen blir erhållen servicenivå alltid mindre än den servicenivå som säkerhetslagret dimensionerats för. Om kompensation för överdrag inte används blir missöverensstämelsen oacceptabelt stor även för fallen hög orderfrekvens och små kundorderkvantiteter, dvs. även för fallen med låga efterfrågevariationer. Tillåts en avvikelse på storleksordningen en procentenhet ger både användning av det enkla och det teoretiskt beräknade överdraget en acceptabel överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållen servicenivå för fallen med små och medelstora kundorderkvantiteter utom vid lägst kundorderfrekvens. Det teoretiska överdraget ger emellertid klart bättre överensstämmelse än det överdrag som beräknas som medelefterfrågan per dag dividerad med två. För fallet med stora kundorderkvantiteter är det endast användning av teoretiskt beräknat överdrag som ger acceptabel överensstämmelse med undantag för högst och lägst kundorderfrekvens.

Av de erhållna resultaten är det utöver skillnader i erhållna och dimensionerande servicenivåer två saker som är värda att notera. Det är vanligt att man bedömer möjligheterna att approximera efterfrågevariationer med en normalfördelning med utgångspunkt från hur stor variationskoefficienten för efterfrågan är. Vanligt använda riktmärken är storleksordningen 0,5. Exempelvis menar Schönsleben (2000, sid 415) att man kan tillåta sig att utgå från normalfördelning om variationskoefficienten är mindre än eller lika med 0,4. Som framgick av avsnitt 3 beror inte variationskoefficienten på hur stor orderkvantiteten är. Man borde därför få samma grad av överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer för de tre fallen med olika kundorderstorlekar. Så är som framgår av tabellen inte fallet. En slutsats är därför att man inte endast kan använda

variationskoefficienten för att avgöra användbarheten av normalfördelning som modell för efterfrågevariationer. Hänsyn måste också tas till kundorderstorlekarna.

Det andra som är värt att notera är att överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer är sämst för de högsta och lägsta kundorderfrekvenserna, eller uttryckt på ett annat sätt, erhållna servicenivåer blir lägre för artiklar med hög och låg kundorderfrekvens jämfört med artiklar med medelhög kundorderfrekvens. Speciellt är detta av intresse med avseende på hög orderfrekvens eftersom sådana artiklar har störst inflytande på ett företags totala leveransförmåga. Att erhållen leveransförmåga är beroende av kundorderfrekvens beror på två saker. En orsak är att låg orderfrekvens leder till att överdragets andel av beställningspunkten blir högre. Överdragen ger därför större negativ påverkan på erhållen servicenivå i dessa fall (Mattsson, 2012). Den andra orsaken är att hög orderfrekvens i allmänhet leder till högre omsättningshastighet och därmed till fler lagercykler per år. Den extra brist i lager som inträffar på grund av att hänsyn inte eller endast delvis tas till överdrag inträffar endast en gång per lagercykel. Fler lagercykler och därmed större sammanlagd bristkvantitet per period på grund av överdrag leder därför till lägre erhållen servicenivå under perioden. För artiklar med hög kundorderfrekvens är denna effekt större än den påverkan på erhållen servicenivå som beror på att överdragets andel av beställningspunkten är mindre.

4.2 Ledtid

Hur ledtiden påverkar skillnaderna mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika sätt att ta hänsyn till överdrag och vid olika kundorderfrekvenser redovisas i tabell 4. Tabellen avser fallet med kundorderkvantiteter på mellan 4 och 12 styck, orderkvantiteter för lagerpåfyllnad motsvarande en ordersärkostnad på 200 kr, en servicenivå på 97 % och standardavvikelse beräknade på ett teoretiskt korrekt sätt per dag.

Tabell 4 Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika ledtider och olika sätt att hantera överdrag

Orderfrekvens	Utan överdrag			Enkelt överdrag			Teoretiskt överdrag		
	LT = 2	LT = 10	LT = 20	LT = 2	LT = 10	LT = 20	LT = 2	LT = 10	LT = 20
10 per dag	-10,0	-5,2	-3,7	-2,1	-1,0	-0,8	-0,4	-0,3	-0,3
5 per dag	-7,1	-3,6	-2,5	-1,8	-0,9	-0,7	-0,1	-0,1	-0,1
3 per dag	-5,8	-3,1	-2,3	-1,7	-0,9	-0,8	0,1	-0,1	-0,2
1 per dag	-5,0	-2,6	-2,0	-1,5	-1,0	-0,7	0,0	-0,2	-0,2
0,5 per 2 dag	-5,4	-2,8	-2,0	-1,8	-1,0	-0,7	-0,3	-0,3	-0,3
1 per vecka	-6,7	-4,1	-3,2	-1,7	-1,3	-1,2	-0,6	-0,7	-0,7
1 per 2 v:or	-8,7	-5,1	-4,2	-2,1	-1,5	-1,3	-1,0	-1,2	-1,0
1 per månad	-15,2	-7,0	-5,0	-2,6	-1,6	-1,4	-1,4	-1,6	-1,3

Av resultaten framgår tydligt att överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer blir bättre ju längre ledtiden är för fallen utan överdrag och med enkelt överdrag. Detta är ett förväntat resultat eftersom längre ledtider medför att överdragets storlek i förhållande till beställningspunkten blir mindre och att följaktligen överdragets relativa betydelse minskar med ledtidens längd. Längre ledtider medför också att fler dagliga efterfrågevärden slås samman och att den sammanslagna efterfrå-

gan enligt centrala gränsvärdeessatsen tenderar ett bli mer normalfördelad ju fler efterfrågevärden som slås samman.

4.3 Servicenivå

Även använd servicenivå påverkar skillnaderna mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer. De resultat som erhållits i detta avseende vid användning av enkelt överdrag och vid olika kundorderfrekvenser redovisas i tabell 5. Tabellen avser fallet med olika kundorderkvantiteter, orderkvantiteter för lagerpåfyllnad motsvarande en ordersärkostnad på 200 kr och standardavvikelse beräknade på ett teoretiskt korrekt sätt per dag.

Tabell 5 Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika höga servicenivåer och alternativa kundorderkvantiteter

Orderfrekvens	Orderkvantitet: 1-3			Orderkvantitet: 4-12			Orderkvantitet: 16-48		
	94%	97%	99%	94%	97%	99%	94%	97%	99%
10 per dag	-0,6	-0,5	-0,3	-1,4	-1,0	-0,6	-4,5	-3,0	-1,5
5 per dag	-0,6	-0,5	-0,4	-1,2	-0,9	-0,6	-3,0	-2,0	-1,0
3 per dag	-0,6	-0,5	-0,3	-1,3	-0,9	-0,5	-2,5	-1,7	-0,9
1 per dag	-0,2	-0,4	-0,3	-1,1	-1,0	-0,7	-2,1	-1,6	-1,0
0,5 per 2 dag	0,2	-0,3	-0,4	-0,9	-1,0	-0,7	-2,0	-1,6	-1,1
1 per vecka	0,6	-0,3	-0,4	-1,3	-1,3	-1,0	-1,8	-1,9	-1,5
1 per 2 v:or	1,1	0,1	-0,5	-1,2	-1,5	-1,5	-2,5	-2,5	-1,9
1 per månad	-0,3	-1,7	-1,4	-1,5	-1,6	-1,4	-3,7	-3,2	-2,4

Av tabellen framgår tydligt att för samtliga fall med olika kundorderfrekvenser och samtliga fall med olika kundorderkvantiteter minskar skillnaderna mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer med ökande servicenivå. Med tanke på de resultat som tidigare erhållits av Mattsson (2010) är detta helt förväntat. Att det finns vissa irreguläriteter för fallen med den minsta kundorderkvantiteten och de lägsta kundorderfrekvenserna beror på avrundningsfel eftersom beställningspunkterna i dessa fall motsvarar enstaka styck.

4.4 Orderkvantitet

Orderkvantitetens påverkan på skillnaderna mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika kundorderfrekvenser och olika sätt att ta hänsyn till överdrag redovisas i tabell 6 för ordersärkostnader motsvarande 50 kr, 200 kr och 500 kr. Tabellen avser fallet med kundorderkvantiteter på mellan 4 och 12 styck, ledtider på 10 dagar, en servicenivå på 97 % och standardavvikelse beräknade på ett teoretiskt korrekt sätt per dag.

Tabell 6 Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika stora orderkvantiteter och olika sätt att hantera överdrag

Orderfrekvens	Utan överdrag			Enkelt överdrag			Teoretiskt överdrag		
	OSK 50	OSK 200	OSK 500	OSK 50	OSK 200	OSK 500	OSK 50	OSK 200	OSK 500
10 per dag	-9,7	-5,2	-4,0	-3,0	-1,0	-0,6	-1,8	-0,3	-0,2
5 per dag	-5,7	-3,6	-2,9	-2,0	-0,9	-0,6	-0,9	-0,1	0,0
3 per dag	-4,5	-3,1	-2,6	-1,7	-0,9	-0,8	-0,6	-0,1	-0,1
1 per dag	-3,8	-2,6	-2,1	-1,6	-1,0	-0,7	-0,6	-0,2	-0,1
0,5 per 2 dag	-3,8	-2,8	-2,2	-1,5	-1,0	-0,7	-0,7	-0,3	-0,2
1 per vecka	-4,8	-4,1	-3,3	-1,7	-1,3	-0,8	-1,1	-0,7	-0,4
1 per 2 v:or	-6,4	-5,1	-3,9	-2,1	-1,5	-0,8	-1,6	-1,2	-0,5
1 per månad	-8,6	-7,0	-6,1	-2,3	-1,6	-1,4	-2,0	-1,6	-1,1

Resultaten visar att överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer för samtliga fall av kundorderfrekvenser och olika sätt att ta hänsyn till överdrag blir bättre ju större orderstorlekarna är. Detta är som framgick i avsnitt 2 helt förväntat. Den extra brist i lager som inträffar på grund av att hänsyn inte eller endast delvis tas till överdrag inträffar endast en gång per lagercykel. Ju större orderkvantiteter desto färre lagercykler. Den sammanlagda bristkvantiteten per period blir därmed lägre med åtföljande högre erhållen servicenivå under perioden.

4.5 Standardavvikelser

Den betydelse sättet att beräkna standardavvikelser har för skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika sätt att ta hänsyn till överdrag och vid olika kundorderfrekvenser redovisas i tabell 7. Tabellen avser fallet med kundorderkvantiteter på mellan 4 och 12 styck, en ledtid på 10 dagar, orderkvantiteter för lagerpåfyllnad motsvarande en ordersärkostnad på 200 kr och en servicenivå på 97 %. De alternativa beräkningssätt som inkluderats är standardavvikelser beräknade approximativt med hjälp av MAD per månad, standardavvikelser beräknade teoretiskt korrekt per månad och standardavvikelser beräknade teoretiskt korrekt per dag.

Tabell 7 Skillnader mellan dimensionerande servicenivåer och erhållna servicenivåer vid olika sätt att beräkna standardavvikelser och olika sätt att hantera överdrag

Orderfrekvens	Utan överdrag			Enkelt överdrag			Teoretiskt överdrag		
	MAD	Std mån	Std dag	MAD	Std mån	Std dag	MAD	Std mån	Std dag
10 per dag	-7,7	-7,4	-4,9	-2,6	-2,4	-0,9	-2,0	-1,8	-0,1
5 per dag	-6,2	-5,6	-3,3	-2,7	-2,4	-0,7	-2,0	-1,7	0,1
3 per dag	-3,2	-2,9	-3,0	-1,0	-0,8	-0,9	-0,3	-0,1	-0,1
1 per dag	-4,0	-3,4	-2,7	-1,9	-1,6	-1,0	-1,5	-1,0	-0,2
0,5 per 2 dag	-4,0	-3,5	-2,7	-1,9	-1,6	-0,9	-1,7	-1,3	-0,3
1 per vecka	-4,4	-4,1	-4,5	-1,8	-1,4	-1,7	-1,5	-1,0	-1,4
1 per 2 v:or	-6,4	-6,1	-5,3	-2,4	-1,9	-1,7	-2,7	-2,2	-1,4
1 per månad	-8,4	-8,0	-7,8	-2,4	-2,2	-2,2	-3,6	-3,6	-3,0

Som framgår av tabellen blir överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer bättre om standardavvikelsen beräknas teoretiskt korrekt och ännu bättre om den också beräknas per dag i stället för per månad. Detta resultat är helt i överensstämmelse med tidigare studier (Mattsson, 2007a). Effekterna av sättet att beräkna standardavvikelse är något mindre för fallen med högst kundorderfrekvens.

7 Sammanfattning och slutsatser

I den här simuleringsstudien har graden av överensstämmelse mellan den fyllnadsgrad som säkerhetslager dimensioneras för och den fyllnadsgrad som erhålls med hjälp av det dimensionerade säkerhetslagret analyserats. Studien har också omfattat analyser av vad det är för faktorer som påverkar graden av överensstämmelse. De resultat som erhållits kan sammanfattas enligt följande.

Mest avgörande för att få en acceptabel överensstämmelse mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer är i vilken utsträckning hänsyn tas till förekommande överdrag. Om sådan hänsyn inte tas kan man räkna med att få servicenivåer som underskrider de man dimensionerat säkerhetslagret för med åtskilliga procentenheter. Ju större kundorderkvantiteterna är desto större blir skillnaderna. Tas hänsyn till överdrag fås en bra eller mer acceptabel överensstämmelse i den helt övervägande delen av alla studerade efterfrågefall. Oavsett om man tar hänsyn till överdrag eller inte får de artiklar som har de högsta och lägsta kundorderfrekvenserna lägre servicenivåer än artiklar med medelhöga orderfrekvenser.

Av resultaten framgår också att överensstämmelsen mellan dimensionerande och erhållna servicenivåer blir bättre ju längre ledtiden är, ju högre servicenivåer man dimensionerar lagret för och ju större orderkvantiteter för påfyllnad av lagret man använder. I det förstnämnda fallet beror det på egenskaper hos normalfördelningen och på att överdragets storlek i förhållande till beställningspunkten blir mindre vid längre ledtider. Även i det andra fallet beror det på egenskaper hos normalfördelningen. I det sistnämnda fallet beror den förbättrade överensstämmelsen på att större orderkvantiteter leder till färre bristrisktilfällen och därmed mindre påverkan från överdrag. Sättet att beräkna standardavvikelse har också ett avgörande inflytande på hur mycket mindre den erhållna servicenivån blir jämfört med den som säkerhetslagret dimensioneras för. Det är endast då standardavvikelse beräknats korrekt och per dag som man kan få en rimlig överensstämmelse.

Referenser

Axsäter, S. (1991) Lagerstyrning, Studentlitteratur.

Bagchi, U., Haya, J., Ord, J. (1984) Concepts, theory and techniques: modeling demand during lead time, *Decision Science*, Vol. 15, sid 157-176.

Mattsson, S-A. (2003) Avvikelse 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. (2007a) Standardavvikelser för säkerhetslagerberäkning, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

Mattsson, S-A. (2007b) Beräkning av standardavvikelser vid cyklisk efterfrågan, Logistik och transport, Chalmers Tekniska Högskola.

Mattsson, S-A. (2010) Demand distributions in inventory management, Logistik och transport, Chalmers Tekniska Högskola.

Mattsson, S-A. (2012) Hänsyn till överdrag som förutsättning för effektiv lagerstyrning, Permatron Research.

Schönsleben, P. (2000) Integral logistics management, The St. Lucie Press.

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