JÖNKÖPING UNIVERSITY
School of Engineering

Säkerhetslageroptimering av ingående komponenter och planeringssystemets inverkan

En fallstudie inom tillverkningsindustri

HUVUDOMRÅDE: *Industriell organisation och ekonomi*
FÖRFATTARE: *Oliver Eriksson och Eric Fransson*
HANDLEDARE: *Leif-Magnus Jensen*
JÖNKÖPING *2019 Maj*

Förord

Författarna vill först tacka fallföretaget Husqvarna vilka möjliggjort studiens genomförande, därtill samtliga respondenter som i intervju bidragit med kunskap och information. Ett särskilt tack till Husqvarnas utsedda handledare Therése Tholin för den tid och engagemang som allokerats. Vidare vill författarna tacka Leif-Magnus Jensen för värdefull återkoppling kontinuerligt under arbetsprocessen. Slutligen vill författarna framföra ett tack till opponenter vars konstruktiva kritik varit till stor nytta.

Jönköping 2019-05-28

_____ _____

Oliver Eriksson Eric Fransson

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom området Industriell Organisation och Ekonomi, med inriktning Logistik och Ledning. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.
Examinator: Leif-Magnus Jensen
Handledare: Leif-Magnus Jensen
Omfattning: 15 hp
Datum: 2019-05-28

Postadress: Box 1026 551 11 Jönköping
Besöksadress: Gjuterigatan 5
Telefon: 036-10 10 00 (vx)

Abstract

Purpose – The purpose of this study is to identify the significance of specific parameters and illustrate possible optimizations within safety stock on a component level. To fulfill the purpose, three research questions were formulated.

[1] What parameters needs to be considered in the calculation of safety stock?

[2] What opportunities for inventory and safety stock optimization can be identified within a manufacturing company, regarding purchased components?

[3] How does safety stock affect risk and service level when simulating identified optimization opportunities?

Method – The study was initiated with a pilot study in order to highlight the problem area and its context. Combined, the pilot study and literature review contributed to the creation of the purpose and research questions. The study is designed in accordance with a case study, used data collection methods included document study and interviews. The interviews generated qualitative primary data which intended to illustrate key employees' knowledge and understanding of the researched phenomenon. The document study generated quantitative secondary data which intended to supplement and triangulate empirical data.

Findings – Problems regarding different approaches when calculating safety stock, influencing parameters in combination with complex system environments poses a challenge for practitioners. Identification of opportunities within safety stock optimization and the selection of parameters can strongly affect the final outcome and consequently the organization's wellbeing. The spectrum of parameters that should be considered when determining safety stock level is extensive, the impact of an individual parameter may vary depending on the context. A critical factor is to identify given circumstances, errors in judgement may cause disproportional levels of safety stock, resulting in shortage or excess inventory. Numerical calculations, taking into account a majority of parameters, proves to determine a more appropriate level of safety stock versus experience-based decisions. To only consider time period coverage based on lead time, as proven by simulation, will result in excess levels of safety stock, hence generating economical and practical implications. Therefore, studied phenomenon and similar are considered to possess favorable conditions for safety stock optimization. Complex system environments in which the studied company conduct supply chain planning, combined with advanced system logics, entails problematic situations. These conditions require a great amount of knowledge within a given system to effectively manage and filter critical information.

Implications – The subject area safety stock in relation to optimization is thoroughly researched as proven by existing literature, hence generating new knowledge within the area is considered challenging. Despite the circumstances, this study succeeds to contribute some knowledge. The study presents and strengthens existing research regarding forecast and parameters effect on safety stock. Significant practical implications consist in revising the safety stock level in accordance to numerical calculation and differentiation of components in correlation to its importance.

Limitations – The study only included one case company, therefore affecting the study's generalizability. Simulation of numerical safety stock calculation within the study cannot be applied on the full range of components or similar companies. The selection of simulated components is deemed insufficient, nevertheless obtained result indicate significant possibilities for optimization within the organization. Restrictions regarding the number of investigated components and interviewed employees may have affected the final results.

Keywords – Safety Stock, Optimization, Parameter, Forecast, Bullwhip, ABC classification, Material planning, Planning system, Simulation, Service level, Inventory management

Sammanfattning

Syfte – Syftet med studien är att identifiera enskilda parametrars inverkan och åskådliggöra optimeringsmöjligheter inom säkerhetslager på komponentnivå. För att besvara syftet har tre frågeställningar formulerats.

[1] Vilka parametrar behöver tas hänsyn till vid beräkning av säkerhetslager?

[2] Vilka möjligheter för lager- och säkerhetslageroptimering kan identifieras inom ett tillverkningsföretag, för inköpta komponenter?

[3] Hur påverkar säkerhetslager risk- och servicenivå vid simulering av identifierade optimeringsmöjligheter?

Metod – Studien initierades med en förstudie vilken avsåg belysa det faktiska problemområdet och dess kontext. Förstudie och litteraturstudie i kombination bidrog till skapandet av syfte och frågeställningar. Studien är utformad enligt typen enfallsdesign, nyttjade datainsamlingsmetoder innefattade dokumentstudie och intervju. Från intervju erhölls kvalitativa primärdata vilket avsåg åskådliggöra nyckelpersoners kunskap och uppfattning av studerat fenomen. Från dokumentstudie erhölls kvantitativa sekundärdata vilket avsåg komplettera empiri och triangulera data.

Resultat – Problematik beträffande tillvägagångssätt vid kalkylering av säkerhetslager, influerande parametrar i kombination med komplexa systemmiljöer, utgör en utmaning. Identifiering av optimeringsmöjligheter inom säkerhetslager och valet av givna parametrar kan starkt påverka slutgiltigt utfall och därmed organisationens välmående. Spektrum av parametrar som bör beaktas vid dimensionering av säkerhetslager är omfångsrikt, en enskild parameters inverkan kan variera beroende på kontext. Identifiering av givna omständigheter kan betraktas kritisk, felbedömning kan medföra oproportionerlig dimensionering av säkerhetslager vilket resulterar i överskottslager kontra bristsituation. Statistisk beräkning, vilken beaktar flertalet parametrar, påvisas dimensionera säkerhetslager mer adekvat kontra erfarenhetsmässiga beslut. Hänsyn till endast täcktid med utgångspunkt i ledtid har genom simulering konstaterats resultera i överdimensionerat säkerhetslager, vilket medför direkt ekonomisk och praktisk implikation. Därav betraktas studerad företeelse och likartade besitta goda möjligheter för säkerhetslageroptimering. Komplexa systemmiljöer i vilket studerat företag planerar produktflöde, i kombination med avancerad systemlogik medför problematik. Omständigheten kräver därav stor kunskap inom givet system för att effektivt hantera och filtrera kritisk information.

Implikationer – Ämnesområdet säkerhetslager i anknytning till optimering är väl utforskat inom existerande litteratur, därav återfinns föga utrymme att generera ny kunskap inom området. Trots givna omständigheter tillför studien i viss omfattning kunskap, genomförd studie framlägger och stärker befintlig forskning beträffande prognos och parameters inverkan på säkerhetslager. Betydande praktiska implikationer består i revidering av säkerhetslagernivå enligt statistisk beräkning och differentiering av komponenter utefter dess betydelse för organisationen.

Begränsningar – Studien innefattade enbart ett fallföretag, valet påverkar därav studiens generaliserbarhet. Simulering av statistisk säkerhetslagerberäkning, vilket utgör ett av studiens fundament, kan inte generaliseras mot fullständigt sortiment eller liknande företag. Studerat urval bedöms otillräckligt, dock indikerar erhållet resultat att betydande optimeringsmöjligheter föreligger inom organisationen. Begränsning beträffande antalet undersöka komponenter och intervjuade personer kan påverkat genererat resultat.

Nyckelord – Säkerhetslager, Optimering, Parameter, Prognos, Bullwhip, ABC-klassificering, Materialplanering, Planeringssystem, Simulering, Servicenivå, Lagerstyrning

Innehållsförteckning

1 INTRODUKTION 1

1.1 BAKGRUND 1
1.2 PROBLEMBESKRIVNING 2
1.3 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR 2
1.4 OMFÅNG OCH AVGRÄNSNINGAR 3
1.5 DISPOSITION 3

2 TEORETISKT RAMVERK 5

2.1 KOPPLING MELLAN FRÅGESTÄLLNINGAR OCH TEORI 5
2.2 DIMENSIONERING AV SÄKERHETSLAGER 5
2.2.1 Anpassningar för periodbeställnings- och beställningspunktsystem 7
2.2.2 Servicenivå 9
2.3 PROGNOSTISERING 9
2.3.1 The Bullwhip Effect 10
2.4 PARTIFORMNINGSMETODER 11
2.4.1 Ekonomisk orderkvantitet 11
2.4.2 Lot-for-lot 12
2.4.3 Least Unit Cost 12
2.4.4 Least Period Cost 12
2.4.5 Wagner-Whitins partiformningsmetod 12
2.5 ABC-KLASSIFICERING 14

3 METOD OCH GENOMFÖRANDE 15

3.1 KOPPLING MELLAN FRÅGESTÄLLNINGAR OCH METOD 15
3.2 ARBETSPROCESSEN 16
3.3 ANSATS 16
3.4 DESIGN 17
3.5 FÖRSTUDIE 17
3.6 DATAINSAMLING 18
3.6.1 Litteraturstudier 18
3.6.2 Dokumentstudier 19
3.6.3 Intervjuer 20
3.7 DATAANALYS 21
3.8 TROVÄRDIGHET 21
3.8.1 Validitet 22
3.8.2 Reliabilitet 22

4 EMPIRI 23

4.1 VERKSAMHETSBESKRIVNING 23
4.1.1 Planeringssystemet Logility Voyager 23
4.2 PARAMETRAR VID DIMENSIONERING AV SÄKERHETSLAGER 24
4.2.1 Planeringssystemets tillförlitlighet 25
4.3 PROGNOSTISERING 26
4.3.1 Diskrepanser i prognostisering 27
4.4 LEVERANTÖR AV SKÄRUTRUSTNING 27
4.5 PLANERINGSSYSTEMETS LOGIK 28

5 ANALYS 31

5.1 FRÅGESTÄLLNING 1 31
5.1.1 Dimensionering av säkerhetslager 31
5.2 FRÅGESTÄLLNING 2 32
5.2.1 Alternativa lösningar vid dimensionering av säkerhetslager 32
5.2.2 Partiformning 33
5.2.3 Prognostisering och bullwhip-effekt 34

5.3 FRÅGESTÄLLNING 3 34
5.3.1 Simulering av beräkningsmetoder 35
6 SLUTSATS 39
6.1 RESULTATDISKUSSION 39
6.2 TEORETISKT BIDRAG 40
6.3 EMPIRISKT BIDRAG 40
6.4 METODDISKUSSION 41
6.5 VIDARE FORSKNING 42
REFERENSER 43
BILAGOR 46

Figurförteckning

Figur 1 - Studiens avgränsning 3
Figur 2 - Disposition 4
Figur 3 - Koppling mellan frågeställningar och teori 5
Figur 4 - Periodbeställningssystem inspirerad av Korponai et al. (2017) 8
Figur 5 - Sambandet mellan SN och kostnad inspirerad av Jonsson och Mattson (2016a) 9
Figur 6 – Illustration av EOK inspirerad av Silver et al. (2017) 11
Figur 7 - Illustration av ABC-klassificering enligt Paretos princip inspirerad av Jonsson och Mattsson (2016a) 14
Figur 8 - Koppling mellan frågeställningar och metod 15
Figur 9 - Tidsplan 16
Figur 10 - Fallstudiens design inspirerad av Yin (2007) 17
Figur 11 - Dataanalysens kronologi 21
Figur 12 - Produkt- och prognosflöde 26
Figur 13 - Alternativ illustration av SL-nivå 37

Tabellförteckning

Tabell 1 - Samband mellan parameter SN och Z 6
Tabell 2 - Orsaker och åtgärder för 'The Bullwhip Effect' enligt Lee et al. (1997) 11
Tabell 3 - LUC räkneexempel inspirerad av Silver et al. (2017) 12
Tabell 4 - Räkneexempel enligt Wagner-Whitins metod inspirerad av Silver et al. (2017) 13
Tabell 5 - Förstudie 18
Tabell 6 - Litteraturstudie 19
Tabell 7 - Dokumentstudier 19
Tabell 8 - Intervjuer 20
Tabell 9 - Illustration av Logility 24
Tabell 10 - Dataextrakt IO för enskild komponent 28
Tabell 11 - Dataextrakt IP för enskild komponent 28
Tabell 12 - Simulering kedja 1 35
Tabell 13 - Simulering kedja 2 36
Tabell 14 - Simulering svärd 1 36
Tabell 15 - Simulering svärd 2 36

1 Introduktion

Kapitlet ger en bakgrund till studien och det problemområde studien byggts upp kring. Vidare presenteras studiens syfte och dess frågeställningar vilka inriktas mot optimering inom säkerhetslager. Därtill beskrivs studiens omfång och avgränsningar vilket primärt innefattar komponentlager. Kapitlet avslutas med rapportens disposition.

1.1 Bakgrund

Ökad globalisering inom organisationers försörjningskedjor och fluktuation i tillgång och efterfrågan innebär att resurseffektivitet och avvägningen lagerhållning kontra servicenivå (SN) är kritiska faktorer att beakta för att bibehålla en hållbar konkurrensfördel (Humair, Ruark, Tomlin, & Willems, 2013). Supply chain management (SCM) har ökat i betydelse då klimatet i vilket företag verkar blivit alltmer oförutsägbar, komplex och konkurrensutsatt (Gebennini, Gamberini, & Manzini, 2009). Vidare menar Gebennini et al. (2009) att företagsledning tvingas fatta skyndsamma beslut beträffade strategiska och operativa angelägenheter vilket genererar betydande logistikutmaningar både upp- och nedströms i försörjningskedjan. En litteraturgenomgång innehållande 139 vetenskapliga artiklar inom forskningsområdet SCM, utförd av Melo, Nickel och Saldanha-da-Gama (2009), visar att majoriteten fokuserar på tre huvudsakliga målsättningar, kostnad, vinst och en kombination av bådadera. Granskade artiklar fördelades enligt följande: kostnad (75%), vinst (16%) och kombination (9%), vilket visar att kostnadsreducering är det främst studerade området. Melo et al. (2009) uttrycker en förvåning kring resultatet då affärsverksamheters grundläggande mål är att generera avkastning.

Rushton, Croucher och Baker (2017) redogör för logistik utifrån ett historiskt perspektiv; logistik har under en längre tid ansetts väsentlig för tillverkning, lagerföring och förflyttning av gods. Från 1950-talets oorganiserade försörjningskedjor till nutida optimerade flöden där logistikens roll anses vara central och vital för en organisations välmående (Rushton et al., 2017). Logistik behandlar samtliga aspekter vilka har inverkan på kostnad och huruvida produkter möter kundkrav, vilket även ställer krav på organisationers resurs- och kostnadseffektivitet (Simchi-Levi, Chen, & Bramel, 2005). Vidare framhålls en minimering av kostnader relaterade till transport och distribution, lagerhållning av råmaterial, produkter i arbete och färdigvarulager.

Kontinuitet inom en organisations försörjningskedja är en kritisk faktor vid tillförsel av råmaterial, komponenter och färdigprodukter, därav nyttjas lagerpunkter (Tang, Liu, & Liu, 2008). Lager används för att tillgodose prognostiserat behov mellan påfyllningstillfällen; för att dämpa eventuella fluktuationer i tillgång, ledtid (LT) och efterfrågan används säkerhetslager (SL) (Sahin & Powell Robinson, 2007). En studie utförd av Jonsson och Mattsson (2008) visar att de parametrar vilka anses kritiska för att uppnå en högpresterande materialbehovsplanering (MRP) är tillförlitlig LT och SL. MRP-systemets huvudsakliga fördel är dess förmåga att smidigt adaptera till förändringar i komplexa tillverkningsmiljöer, till viss del genom simuleringslägen (Silver, Pyke, & Thomas, 2017). MRP-system och vidareutvecklingar, MRP II och ERP, används i stor utsträckning inom tillverkningsindustrin, dock anses systemen sårbara för effekter av osäkerhet (Guide & Srivastava, 2000). Brister i lager kan uppstå av flertalet orsaker däribland fluktuation i kundbehov, variation i LT av inköpt material eller oplanerade störningar inom försörjningskedjan (Korponai, Toth, & Illes, 2017). Därtill påtalas betydelsen av ytterligare lager i form av SL för att hantera nämnda osäkerheter. Korponai et al. (2017) framhåller dock att SL inte syftar till att eliminera samtliga lagerbrister, utan enbart till en fördefinierad SN.

1.2 Problembeskrivning

Inom relevant logistikforskning och litteratur presenteras flertalet teorier och modeller som kan appliceras vid beräkning av SL, likväl givna parametrar vilka bör beaktas. Trots forskningsvärldens bidrag framhåller Jonsson och Mattsson (2006) en tydlig diskrepans mellan teori och praktik, där organisationer i praktiken frekvent grundar beslut om orderkvantitet och SL på individuell bedömning och erfarenhet. Enligt Jonsson och Mattsson (2006) använder endast ett fåtal organisationer tillämpade formella beräkningar och optimeringar beträffande SL. Brister i lager kan orsaka allvarliga störningar i materialtillförsel och följaktligen påverka organisationens SN, vars kostnad ofta är omöjlig att kvantifiera (Korponai et al., 2017). Vidare poängteras undvikande av lagerbrist vara ett viktigt mål för samtliga organisationer, dock anses uppgiften endast möjlig med ändlös lagertillgång med anledning av den stokastiska naturen i behov och LT. Korponai et al. (2017) slutsats innefattar en uppmaning om att definiera en optimal lagernivå där både lagerhållningskostnad och bristkostnad blir invägd.

Enligt Caridi och Cigolini (2002) förekommer tre huvudsakliga problemområden vid användning av SL som dämpningsmetod för stokastiska variabler. Områden där beaktning krävs är dimensionering, positionering och styrning. Dimensionering syftar till SL-nivå, positionering till vilka komponenter och styrning till lämplig återfyllnadstid. Caridi och Cigolini (2002) framhåller även att majoriteten av undersökta organisationer till stor del utelämnar positionering och styrning och därav utgör ett typexempel på ineffektiv användning av planeringssystemets funktionalitet. Inom flertalet planeringssystem erbjuds funktionaliteten, med hjälp av avancerade algoritmer, beslutsstöd, skräddarsydda planeringsprocedurer och optimeringsmöjligheter (Caridi & Cigolini, 2002). En högpresterande materialplanering grundas i applicering av lämpliga metoder korrekt och därmed en representativ bild av verkligheten, parametrar bör därför fastställas matematiskt framför erfarenhetsmässigt (Jonsson & Mattsson, 2008).

Enligt Jonsson och Mattsson (2008) finns ett behov av ytterligare forskning för specifika metoder inom materialbehovsplanering, vidare anses planeringsmiljöer vara av stort intresse. SL är av stor betydelse då efterfrågan varierar under LT, SL har därav en indirekt inverkan på organisationens anseende (Kang, Ullah, & Sarkar, 2018). Kang et al. (2018) menar också att forskning inom SL-optimering är av hög relevans för kommande studier.

Forskning inom SL-optimering åskådliggör den brist vilken återfinns inom flertalet organisationer beträffande hänsynstagande till influerande parametrar vid dimensionering av SL-nivå. Parametersättning och dess inverkan på planeringssystemets kalkyl är således av intresse att undersöka mer djupgående.

1.3 Syfte och frågeställningar

I problembeskrivning framgår en tydlig problematik beträffande tillvägagångssätt vid kalkylering av SL, influerande parametrar i kombination med komplexa systemmiljöer utgör en utmaning för flertalet organisationer. Identifiering av optimeringsmöjligheter inom SL och valet av givna parametrar kan starkt påverka slutgiltigt utfall och därmed organisationens välmående. Studiens syfte lyder därmed:

Identifiera enskilda parametrars inverkan och åskådliggöra optimeringsmöjligheter inom säkerhetslager på komponentnivå.

För att kunna uppnå studiens syfte har tre frågeställningar formulerats.

För att åskådliggöra optimeringsmöjligheter krävs en grundläggande översyn kring påverkande parametrar vid beräkning av SL. Därmed är studiens första frågeställning:

[1] Vilka parametrar behöver tas hänsyn till vid beräkning av säkerhetslager?

För att åskådliggöra optimeringsmöjligheter inom SL i tillverkande företag krävs en granskning och värdering av aktuellt läge för att därefter kunna synliggöra önskat framtida läge. Därmed är studiens andra frågeställning:

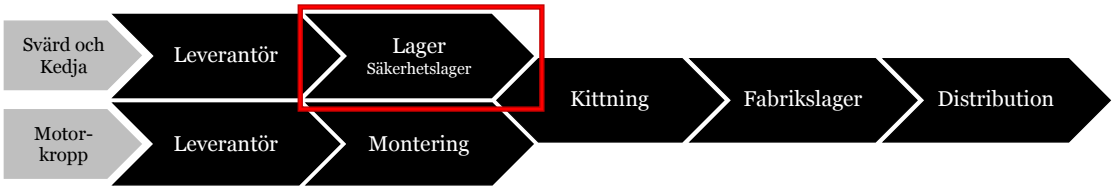
[2] Vilka möjligheter för lager- och säkerhetslageroptimering kan identifieras inom ett tillverkningsföretag, för inköpta komponenter?

För att verifiera utfallet av identifierade optimeringsmöjligheter behöver strategier beprövas. Därmed är studiens tredje frågeställning:

[3] Hur påverkar säkerhetslager risk- och servicenivån vid simulering av identifierade optimeringsmöjligheter?

1.4 Omfång och avgränsningar

Studiens omfång avser att kartlägga ett tillverkningsföretags SL för inköpta komponenter, svärd och kedja, vid kittningsprocess mot färdigmonterad motorkropp. Studiens författare avser att endast undersöka optimeringsmöjligheter vid dimensionering av SL, därtill påverkande faktorer och dess möjlighet till implementering. Lager kommer till viss del att ingå i studien, dock inte primärt fokusområde. Kittningsprocessen kommer därav inte utgöra en del av studien, förändringar i leverantörsvillkor eller alternativa strategiska inköp kommer inte utforskas. Figur 1 illustrerar studiens positionering med hjälp av rödmarkerat område i flödet och dess avgränsning.



Figur 1 - Studiens avgränsning

1.5 Disposition

I figur 2 presenteras studiens disposition i kronologisk ordning för att skapa struktur och ett mer intuitivt flöde, respektive kapitel representeras av motsvarade numrering.

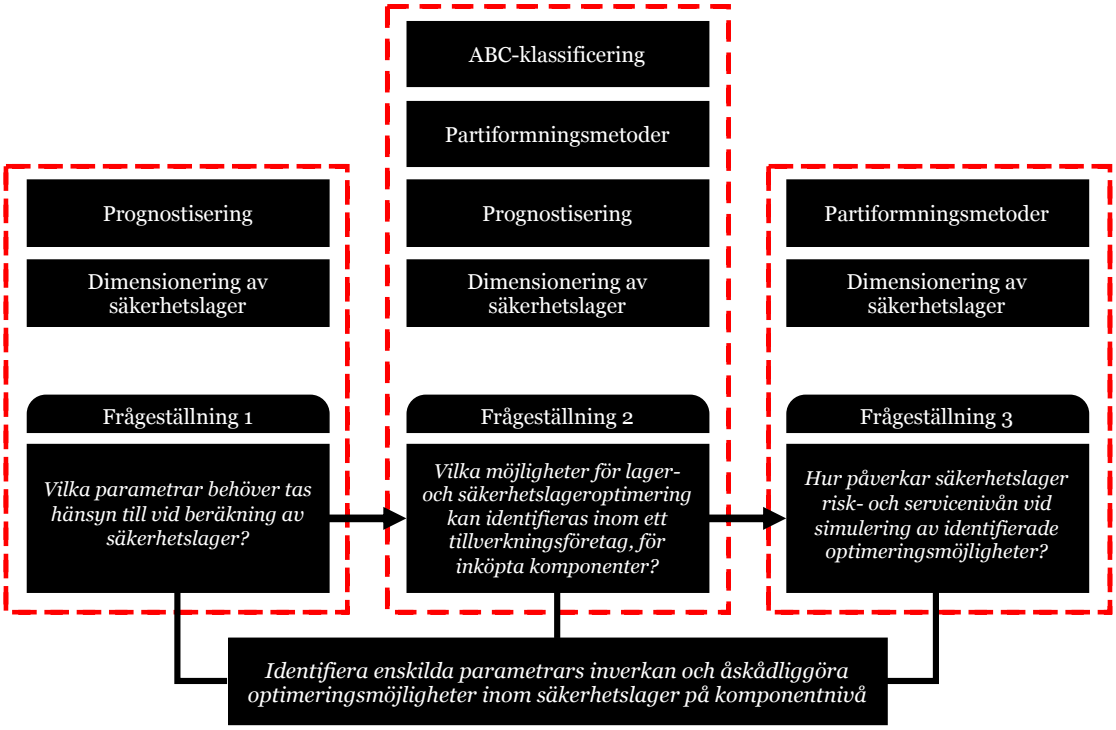
Figur 2 - Disposition

2 Teoretiskt ramverk

Kapitlet inleds med redovisning av koppling mellan frågeställning och teori, därefter presenteras relevanta teorier inom bland annat dimensionering av säkerhetslager och partiformningsmetoder. Teoretiskt ramverk åsyftar att öka förståelsen för problemområdet och identifiera tillämpbarhet.

2.1 Koppling mellan frågeställningar och teori

Studiens teoretiska ramverk innefattar ett flertal byggstenar vilka bidrar till besvarandet av syfte och frågeställningar, i figur 3 illustreras sambandet mellan teori och respektive frågeställning. Studiens frågeställningar besvaras, i stigande ordning, med hjälp av förvärvad kunskap sammanställd inom teoretiskt ramverk. Teorier inom dimensionering av SL agerar ramverkets grund och är således av kritisk karaktär för att uppnå syftet. Rödmarkerat område inom figur 3 för respektive frågeställning speglar vilka byggstenar som främst nyttjades.



Figur 3 - Koppling mellan frågeställningar och teori

2.2 Dimensionering av säkerhetslager

Vid beräkning av SL finns flertalet parametrar att ta hänsyn till beroende på osäkerhet i LT och efterfrågan. Ett av tillvägagångssätten som anses vara standardformeln (Schmidt, Hartmann, & Nyhuis, 2012) vid dimensionering av SL är att enbart beakta säkerhetsfaktorn (Z) och standardavvikelse (σ_D) i efterfrågan. Formel 1, beräkning av SL enligt Schmidt et al. (2012) presenteras nedan.

Formel 1

$$SL = Z \; x \; \sigma_D$$

Lumsden (2012) och Schmidt et al. (2012) presenterar ytterligare en grundläggande beräkning för dimensionering av SL, ingående parametrar är Z, efterfrågans spridning under en tidsenhet (σ_D) och LT. Formel 2, beräkning av SL enligt Lumsden (2012) presenteras nedan.

Formel 2

$$SL = Z \; x \; \sigma_D \; x \; \sqrt{LT}$$

Z är ett tal härrörande från normalfördelningens utformning, för att uppnå en önskad SN krävs ett definierat tal Z (Lumsden, 2012), sambandet framgår i tabell 1. Vidare framhåller Lumsden (2012) att SL ökar progressivt i samband med höjning av SN, en ökning av SN vid normalfördelningens extrem innebär en kraftig stegring vad gäller SL. Vid höjning av SN tilltar dessutom lagerrelaterade kostnader exponentiellt, vilket skapar en ekonomiskt ohållbar situation om företag väljer att fastställa en högre SN (Lumsden, 2012). Prak, Teunter och Syntetos (2017) genomförde en simulering av traditionella SL-beräkningar och anför en svaghet med Lumsden (2012) och Schmidt et al. (2012) kalkyl, fel i prognostisering och avsaknad av varians i LT kan leda till otillräckliga lagernivåer.

Tabell 1 - Samband mellan parameter SN och Z

Servicenivå (SN)	90,00%	95,00%	96,00%	97,00%	97,50%	98,00%	99,00%	99,50%	99,90%	99,95%	99,99%
Säkerhetsfaktor (Z)	1.28	1.65	1.75	1,88	1.96	2.05	2.33	2.57	3.09	3.29	4.00

En modifikation av formel 2, enligt Schmidt et al. (2012), är att substituera σ_D mot σ_F, där σ_F representerar standardavvikelsen i prognosfel under LT. Formel 3, beräkning av SL med hänsyn till σ_F presenteras nedan.

Formel 3

$$SL = Z\ x\ \sigma_F\ x\ \sqrt{LT}$$

Saad, Merino Perez och Vega Alvarado (2017) har ett förhållningssätt likt formel 2, vid dimensionering av SL, dock adderas ytterligare en dimension där standardavvikelsen för LT (σ_{LT}) tas hänsyn till. Därtill menar Saad et al. (2017) att komplettering bidrar till ökad precision i beräkning när LT varierar stokastiskt. Formel 4, beräkning av SL enligt Saad et al. (2017) presenteras nedan.

Formel 4

$$SL = Z\ x\ \sqrt{\sigma_D^2\ x\ LT + \sigma_{LT}^2\ x\ D^2}$$

En behovsorienterad dimensioneringsmetod av SL vilken tar hänsyn till variansen U (Var(U)), där U innefattar antalet enheter som understigit orderpunkten vid orderläggning, även kallad 'undershoot' presenteras av Schmidt et al. (2012). Formel 5, beräkning av SL med hänsynstagande till Var(U) presenteras nedan.

Formel 5

$$SL = Z\ x\ \sqrt{Var(U) + LT\ x\ \sigma_D^2}$$

Schmidt et al. (2012) redogör för en dimensioneringsmetod av SL genom att förena formel 4 och formel 5, metoden underbyggs av formel 4 men ytterligare en dimension adderas, vilken är Var(U). Formel 6, beräkning av SL genom kombination presenteras nedan.

Formel 6

$$SL = Z\ x\ \sqrt{Var(U) + LT\ x\ \sigma_D^2 + D^2\ x\ \sigma_{LT}^2}$$

Schmidt et al. (2012) genomförde en simuleringsstudie där ett flertal dimensioneringsmetoder för SL testades, resultatet från studien och dess implikationer presenteras i listan nedan.

- Formel 1, erhöll en SN >94% när låg grad av variation i LT förekom, dimensioneringsmetoden motstår större fluktuation i efterfrågan acceptabelt. Vid hög grad av variation i LT åstadkommer metoden, i medel, endast 76% SN.
- Formel 2, motstår variation i LT bättre än formel 1, dock påverkas formeln starkt av större variation i LT vilket resulterar i ett misslyckade att uppnå önskad SN.
- Formel 3, erhöll en SN mellan 96–99% under samtliga genomförda tester, metoden används fördelaktigt vid situationer där efterfrågan inte fluktuerar i större utsträckning. Metoden motstår dock hög variation i LT.

- Formel 4, erhöll en SN mellan 96–99% under samtliga genomförda tester, metoden kan användas med fördel under medium till hög variation i LT och större fluktuation i efterfrågan.
- Formel 5, motstår variation i LT bättre än formel 1, dock enbart under särskilda förutsättningar, likt formel 2 försämras utfallet vid extremt höga variationer i LT.
- Formel 6, erhöll en SN mellan 96–99% under samtliga genomförda tester, metoden anses lämplig då större fluktuation i efterfrågan förekommer och medium till hög variation i LT existerar.

2.2.1 Anpassningar för periodbeställnings- och beställningspunktsystem

Inom periodbeställningssystem med fast LT och stokastisk variation i efterfrågan krävs likväl beaktning till LT enligt Korponai et al. (2017), därmed inkluderas detta i föreslagen beräkning av SL. En förenklad version av periodbeställningssystem illustreras i figur 4. Dimensionering av SL, enligt Korponai et al. (2017), grundas i att först beräkna två huvudtyper av efterfrågan i förhållande till tidsperioder, vilka framgår i formel 7 och formel 8.

Formel 7

$$d_t = t \; x \; \bar{d}_t$$

Formel 8

$$d_\tau = \; \tau \; x \; \bar{d}_\tau$$

Korponai et al. (2017) väljer att definiera enskilda parametrar enligt följande: d_t avser efterfrågan under en bestämd period t där t motsvarar tiden mellan två inleveranser, d_τ avser efterfrågan under LT där τ definieras till LT för påfyllnad, $\bar{d}_\tau$ och $\bar{d}_t$ åsyftar efterfrågans medelvärde under respektive tidsperiod. Kalkylering av SL kräver att efterfrågans standardavvikelse (σ_d) beräknas, antalet perioder används utifrån önskad precision. Vid förvärvad kunskap om tidigare perioders variation i efterfrågan kan slutsatser dras beträffande variationer för hela planeringshorisonten (Korponai et al., 2017). Vidare presenteras beräkning av nästkommande periods variation i efterfrågan i formel 9.

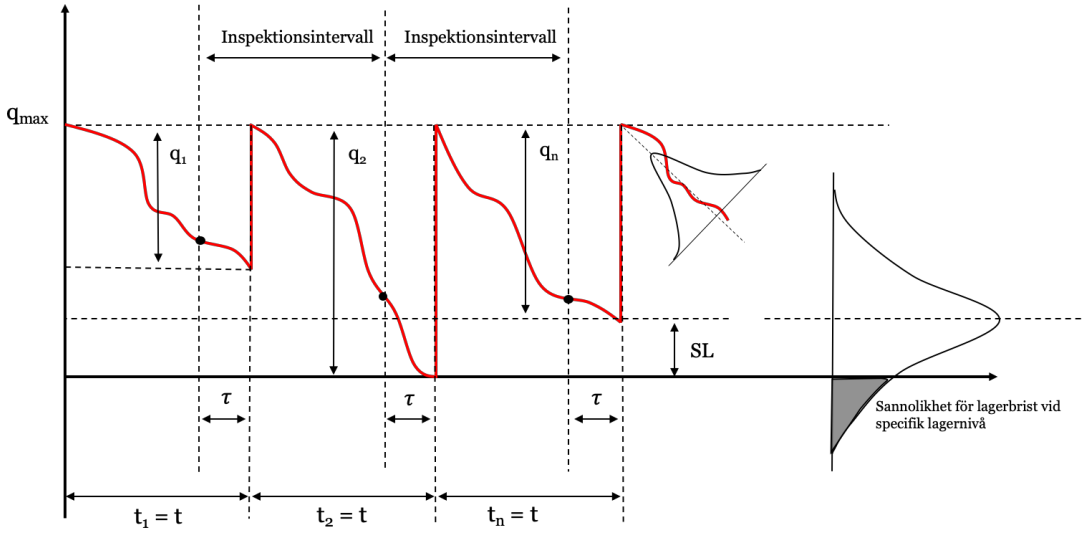
Formel 9

$$\sigma_{d_{(\tau+t)}} = \; \sigma_d \; x \; \sqrt{\frac{\tau + t}{t_{incr.}}}$$

Parameter $\sigma_{d_{(\tau+t)}}$ avser efterfrågans standardavvikelse under påfyllnadsledtid och tid mellan två inleveranser, $t_{incr.}$ beträffar tidsökning vilken används för att beräkna standardavvikelse i efterfrågan (Korponai et al., 2017). Då SN är fördefinierad, efterfrågan varierar stokastiskt och LT är förutsägbar kan SL beräknas enligt formel 10. Studiens författare har valt att substituera somliga variabler för att skapa enhetlighet i rapporten. Periodbeställningssystemet och dess betydande beteckningar illustreras i figur 4.

Formel 10

$$SL_d = \; Z \; x \; \sigma_{d_{(\tau+t)}} \; \leftrightarrow \; SL_d = Z \; x \; \sigma_d \; x \; \sqrt{\frac{\tau + t}{t_{incr.}}}$$



Figur 4 - Periodbeställningssystem inspirerad av Korponai et al. (2017)

Vid konstant efterfrågan och stokastisk variation i LT kan enligt Korponai et al. (2017) beställningspunktsystem användas för att minimera total lagerförningskostnad. Påfyllnadsledtid är därav inte förutbestämd och kan variera i två riktningar, vilket bestäms av slumpmässiga variabler. Korponai et al. (2017) menar att om lagernivån endast dimensioneras enligt periodens planerade längd kan detta resultera i lagerbrist tills ny leverans anländer. Enligt Korponai et al. (2017) krävs två separata beräkningar för att definiera en artikels SL och beställningspunkt (q_r). Beräkning av SL redovisas i formel 11, och beställningspunkt i formel 12.

Formel 11

$$SL_\tau = Z \; x \; d_{\sigma_{\bar{\tau}}} = Z \; x \; \bar{d} \; x \; \sigma_\tau$$

Formel 12

$$q_r = \; \bar{d} \; x \; \bar{\tau} + \; SL_\tau = \; d_{\sigma_{\bar{\tau}}} + Z \; x \; d_{\sigma_{\bar{\tau}}}$$

Slutligen presenterar Korponai et al. (2017) två förslag till beräkning av SL när stokastisk variation förekommer i såväl LT som efterfrågan. Antaget att stokastisk variation existerar, är normalfördelad och oberoende av varandra, det vill säga slumpmässiga variabler påverkar inte varandra. Under givna förutsättningar kan ett lägre SL fastställas med hjälp av kombinerad kalkylering kontra summan av de separata beräkningarna. Formel 13, beräkning av SL vid oberoende stokastiska variabler, enligt Korponai et al. (2017), redovisas nedan. I fall då stokastiska variabler förekommer och influerar varandra erhålls ett högre kalkylerat SL, formel 14 redovisar beräkning av SL enligt givna förutsättningar.

Formel 13

$$SL = \; \sqrt{SL_d^2 + \; SL_\tau^2} = Z \; x \; \sqrt{\bar{d}^2 \; x \; \sigma_\tau^2 + \; \sigma_d^2 \; x \; \frac{\tau + t}{t_{incr.}}}$$

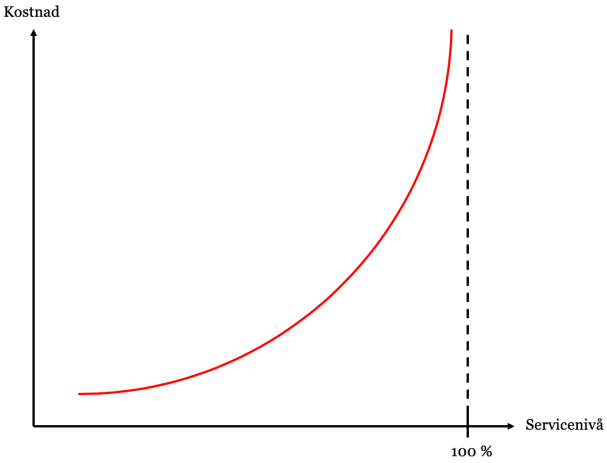
Formel 14

$$SL = \; SL_d + \; SL_\tau = Z \; x \; \bar{d} \; x \; \sigma_\tau + Z \; x \; \sigma_d \; x \; \sqrt{\frac{\tau + t}{t_{incr.}}} = Z \; x \; (d_{\sigma_{\bar{\tau}}} + \; \sigma_{d_{(\tau+t)}})$$

Valet av formel för att uppnå optimal dimensionering av SL är beroende av omgivning och påverkande faktorer, däribland stokastisk variation i LT och efterfrågan samt en organisations definierade SN för tillgänglighet. Korponai et al. (2017) framhåller att vid stokastisk variation i efterfrågan existerar två val av strategier för att tillgodose SN, (1) minska osäkerhet vid fluktuation i efterfrågan genom tillförlitlig prognostisering, alternativt (2) ökning av befintlig SL-nivå. Däremot vid stokastisk variation i LT menar Korponai et al. (2017) att ytterligare två strategier för beaktning återfinns, (1) mer strikt kvalificering av leverantörer för att reducera osäkerhet i tillgång, alternativt (2) ökning av befintlig SL-nivå för att motverka fluktuation i LT. Snyder, Koehler, Hyndman och Ord (2004) drar en liknande slutsats; att valet av leverantör och dess osäkerhet i LT kan leda till betydande ökning i SL.

2.2.2 Servicenivå

Det existerar flertalet olika definitioner av SN och kan därav uppfattas tvetydigt, Jonsson och Mattsson (2016a) nämner bland annat andel komplett levererade kundorder direkt från lager och andel ordervärde direkt levererad från lager. Axsäter (2015) framhåller att implikationen vid upprätthållande av hög SN riskerar att resultera i oerhört höga kostnader för företag. Sambandet mellan SN och kostnad illustreras i figur 5, där 100 % SN påvisar en ekonomisk ohållbar situation.



Figur 5 - Sambandet mellan SN och kostnad inspirerad av Jonsson och Mattson (2016a)

Parametern SN anses vara en av de främst använda nyckeltal, vad gäller kundservice, inom SCM (Albrecht, 2017), vidare påtalas att SN åsyftar uppfyllandet av kundorder på artikelnivå. Om variation i efterfrågan inte identifierats utan antas konstant kan resultatet bli lägre SN under perioder av hög efterfrågan och högre under låg efterfrågan i jämförelse med önskvärt värde (Snyder et al., 2004).

2.3 Prognostisering

Effektiv SCM är starkt beroende av prognostisering för efterfrågans medelvärde och varians, särskilt vid dimensionering av SL är tillförlitlighet i prognostisering av efterfrågan vital (Trapero, Cardos, & Kourentzes, 2019). Prak och Teunter (2019) redovisade en genomgång av tidigare forskning gällande prognostiserings implikation på SL, diskrepans mellan lagerstyrning och prognostisering anses problematisk. Den vanligaste metoden för prognostisering innefattar extrapolering av historiska behovsdata (Axsäter, 2015). Extrapolering innebär en approximativ beräkning av hur data utvecklas över tid utan kända värden (Nationalencyklopedin AB, u.d.). Metoder vilka används vid prognostisering härstammar främst från statistisk analys av tidsserier, metoderna är kompatibla med datoriserade lagerstyrningssytem (Axsäter, 2015). Vidare framhåller Axsäter (2015) att konceptet inriktar sig mot att urskilja förhållandevis enkla mönster i efterfrågan vilka kan antas beskriva behovscykler, modellen har ofta inslag av stokastiska variabler. Behovet för en artikel kan i många fall vara beroende av andra artiklars behov (Axsäter, 2015), exempelvis ingående komponenter i kit till färdigprodukt, prognostisering utgår därav från färdigproduktens efterfrågan.

Vid prognostisering kan tre vanligt förekommande efterfrågemönster urskiljas, (1) slumpmässig variation där efterfrågan varierar stokastiskt kring ett medelvärde, (2) trend då efterfrågan tilltar eller avtar en rad perioder och (3) säsongsvariation vilket medför att efterfrågan varierar cykliskt över årstider (Axsäter, 2015; Jonsson & Mattsson, 2016a). Genom att integrera kända trender och säsongseffekter i SL-planering kan lagerstyrning effektiviseras (Snyder et al., 2004). Två grundläggande beräkningsmetoder för prognostisering av efterfrågan är glidande medelvärde och exponentiell utjämning. Glidande medelvärde är en av de simplaste beräkningsmetoderna och innebär att hänsyn tas till tidigare perioders utfall vad gäller efterfrågan (Jonsson & Mattsson, 2016a). Metoden framhålls dock känslig för stokastisk variation om prognostisering avser ett kort intervall, antalet perioder vilka tas i beaktning avgörs från fall till fall (Jonsson & Mattsson, 2016a). Beräkningsmetod exponentiell utjämning innebär att utfallet i efterfrågan från flertalet tidigare perioder viktas och därmed utgör kommande periods prognos (Jonsson & Mattsson, 2016a). En utjämningsfaktor (α) definieras utifrån hur stor vikt senaste periods utfall skall influera prognos för nästkommande period. Ett högre α-värde medför adaptivitet i prognos mot systematiska efterfrågeförändringar, vad gäller stokastisk variation skapar ett högre värde instabilitet. Formel 15, beräkning av prognos med exponentiell utjämning enligt Jonsson och Mattsson (2016a) presenteras nedan. P(t+1) motsvarar prognos för kommande period, E(t) utfallet från senaste perioden.

Formel 15

$$P(t+1) = \alpha \, x \, E(t) + (1-\alpha) \, x \, P(t)$$

2.3.1 The Bullwhip Effect

Vanligt förekommande materialförsörjningssystem såsom periodbeställnings- och beställningspunktsystem har en betydande nackdel vad gäller större infrekventa orderläggningar, detta kan orsaka obefogade lagernivåer, såväl höga som låga (Rushton et al., 2017). Mindre förändringar i efterfrågan, nedströms, medför en förstärkning av variabiliteten för involverad aktör uppströms i försörjningskedjan (Rushton et al., 2017; Silver et al., 2017). En större ökning i efterfrågan påverkar starkt tillverkningsföretag vilket har påföljden högre tillverkningskostnad då oregelbundna orderkvantiteter och tidsintervall äger rum (Harrison & van Hoek, 2008). Lee, Padmanabhan och Whang (1997) anger fyra möjliga orsaker till varför 'The Bullwhip Effect' förekommer, (1) 'demand signal processing', (2) 'the rationing game' (3) 'order batching' och (4) 'price variations'. (1) innebär en oregelbunden efterfrågan i samband med att historiska data utgör underlag för prognoser, (2) innefattar strategiska beslut från köpare när bristsituation förutses (Lee et al., 1997). (3) sker när ordersärkostnad är signifikant vilket innebär att orderläggning inom varje period inte är ekonomiskt hållbart, (4) innebär att variation i pris förekommer vilket påverkar orderstorlekar (Lee et al., 1997). I tabell 2 presenteras orsaker och åtgärder för 'The Bullwhip Effect' enligt Lee et al. (1997).

Tabell 2 - Orsaker och åtgärder för 'The Bullwhip Effect' enligt Lee et al. (1997)

Orsaker	Bidragande faktorer	Åtgärder
Demand Signaling	• Avsaknad av transparens i behov • Flera olika prognoser • Långa ledtider	• Åtkomst till POS-data • Begränsa kontroll över återfyllnad • Reduktion av ledtid
Order Batching	• Hög ordersärkostnad • FTL-ekonomi • Slumpmässig orderläggning	• EDI • LTL, 3PL • Regelbundenhet i leveranser
Price Variations	• High-Low prissättning • Osynkroniserade leveranser och order	• EDLP • Köpkontrakt
Rationing Game	• Ökad köpvillighet vid brist • Okunnighet om leveransvillkor • Obegränsade orderstorlekar och gratis returer	• Allokering enligt historisk försäljning • Transparens av kapacitet och information • Begränsad flexibilitet; reservationer i kapacitet

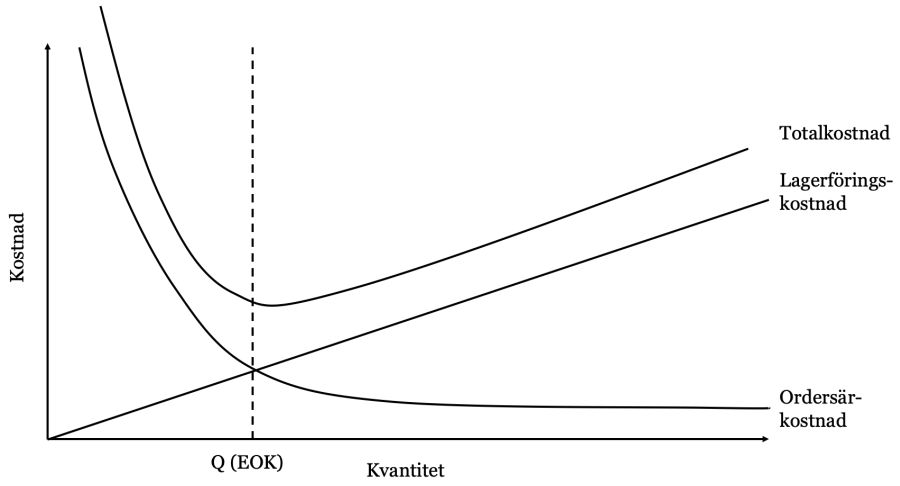
2.4 Partiformningsmetoder

2.4.1 Ekonomisk orderkvantitet

Ekonomisk orderkvantitet (EOK) är en klassisk metod för att beräkna antalet artiklar per orderläggning ur ekonomisk synpunkt, avvägning sker mellan lagerförningskostnad och ordersärkostnad (Rushton et al., 2017). Illustration av EOK och dess hänsyn till respektive kostnad återfinns i figur 6. Vid användning av EOK existerar flertalet förutsättningar vilka måste uppfyllas, Silver et al. (2017) nämner nio punkter, bland andra: (1) efterfrågan är konstant och förutbestämd, (2) orderkvantitet skall levereras samtidigt och (3) planeringshorisonten är lång och variabler förändras inte över tid. Formel 16, beräkning av EOK presenteras nedan. Ingående variabler i formeln är efterfrågan (D) under bestämd tidsperiod, ordersärkostnad (O) avser kostnad för orderläggning och administrering, lagerränta (L) vilket avser intern ränta för bundet kapital under bestämd tidsperiod och värdet (V) motsvarar artikelns styckvärde (Silver et al., 2017).

Formel 16

$$EOK = \sqrt{\frac{2\ x\ D\ x\ O}{L\ x\ V}}$$



Figur 6 – Illustration av EOK inspirerad av Silver et al. (2017)

2.4.2 Lot-for-lot

Partiformningsmetoden Lot-for-lot (LFL) innebär att orderläggning sker för en exakt efterfrågan inom en bestämd tidsperiod, metoden medför att orderkvantitet därav varierar mellan ordertillfällen (Silver et al., 2017). Vidare framhåller Silver et al. (2017) att en fördel med LFL är att lagerförningskostnad nästintill blir obefintlig, då utgångspunkt är att samtliga artiklar förbrukas inom given tidsperiod. Partiformningsmetoden är dock inte lämplig om ordersärkostnad är signifikant, eftersom variabeln bortses från i ekvationen.

2.4.3 Least Unit Cost

Partiformningsmetoden Least Unit Cost (LUC) innebär att orderläggning sker med målsättning att erhålla lägsta möjliga styckkostnad och hänsyn tas till såväl ordersärkostnad som lagerförningskostnad (Silver et al., 2017). Tillvägagångssättet vid LUC ackumulerar enskild periods efterfrågan och väger därefter kvantitet mot respektive kostnad, om orderkvantitet täcker för många perioder kommer lagerförningskostnad öka och därav påverka artikelns styckkostnad. I tabell 3 redovisas ett räkneexempel av metoden LUC, lägsta möjliga totala styckkostnad uppnås vid beställning för tre perioder.

Tabell 3 - LUC räkneexempel inspirerad av Silver et al. (2017)

Period	Efterfrågan	Månader i lager	Lagerförningskostnad	Ordersärkostnad	Kvantitet	Total styckkostnad
1	10	0	0 kr	540 kr	10	54,0 kr
2	62	1	248 kr	540 kr	72	10,9 kr
3	12	2	344 kr	540 kr	84	10,5 kr
4	130	3	1 904 kr	540 kr	214	11,4 kr
5	154	4	4 368 kr	540 kr	368	13,3 kr

2.4.4 Least Period Cost

Partiformningsmetoden Least Period Cost (LPC), framtagen av Silver och Meal (1973), även kallad ”The Silver-Meal method” framhålls vara den mest välkända och effektiva partiformningsmetoden av Ho, Chang och Solis (2006). Metoden grundas i fyra variabler, vilka är period, kvantitet, ordersärkostnad och lagerhållningskostnad, dessa variabler vägs mot varandra tills lägsta möjliga totalkostnad per period uppnås (Silver et al., 2017). Partiformningsmetod LPC och dess funktion väljer orderkvantitet i försök att replikera egenskaper formeln EOK besitter när efterfrågan är konstant över tid, nämligen minimera kostnad per tidsenhet baserat på hur länge kvantiteten tillgodoser behov (Silver et al., 2017). Beräkning av total kostnad per tidperiod med partiformningsmetod LPC enligt Silver et al. (2017) redovisas i formel 17.

Formel 17

$$\frac{Ordersärkostnad + Lagerhållningskostnad\ (för\ antal\ perioder, T)}{T}$$

Formeln prövas för ett antal perioder framåt och kvantiteten väljs utifrån lägst beräknad total kostnad, vidare resulterar det i antalet perioder orderläggning skall motsvara.

2.4.5 Wagner-Whitins partiformningsmetod

En partiformningsmetod stundtals beskriven vara en optimal lösning (Silver et al., 2017) till fastställande av orderkvantitet är Wagner-Whitins metod. Metoden syftar till att minimera total ordersär- och lagerhållningskostnad inom ett antal givna perioder. En grundläggande förutsättning för metoden är att antingen behovet upphör efter planeringshorisont eller att manuell definiering av utgående lager fastställs (Silver et al., 2017; Wagner & Whitin, 2004). Vidare menar Silver et al. (2017) att algoritmen används för att lösa sekventiella beslutsproblem, vad gäller total kostnad och spridning över dess planeringshorisont. Tabell 4 illustrerar ett räkneexempel vid tillämpning av Wagner-Whitins partiformningsmetod. Inom en given period t återfinns t antal kostnadsalternativ.

Tabell 4 - Räkneexempel enligt Wagner-Whitins metod inspirerad av Silver et al. (2017)

Lagerhållningskostnad	4	kr/st/period										
Ordersärkostnad	540	kr/order										
Efterfrågan	10	62	12	130	154	129	88	52	124	160	238	41
Period	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	540	788	**884**	2444	4908	7488	9600	11056	15024	20784	30304	32108
2		1080	1128	2168	4016	6080	7840	9088	12560	17680	26248	27888
3			1328	1848	3080	4628	6036	7076	10052	14532	22148	23624
4				**1424**	2040	3072	4128	4960	7440	11280	17944	19256
5					1964	**2480**	3184	3808	5792	8992	14704	15852
6						2504	2856	3272	4760	7320	12080	13064
7							3020	**3228**	4220	6140	9948	10768
8								3396	3892	5172	8028	8684
9									**3768**	4408	6312	6804
10										**4308**	5260	5588
11											4848	**5012**
12												5388

I räkneexemplet antas följande: (1) lagerhållningskostnad har definierats till 4 kr/st/period, (2) ordersärkostnad är fast, 540 kr/order inom given planeringshorisont och (3) tillgång och efterfrågan sammanfaller vid planeringshorisontens slut och lager är därav obefintligt i slutet av period 12. Studiens författare kommer nedan redogöra för metodens logik vad gäller nödvändiga beräkningar mellan period 1 till 3.

Markerade celler i tabell 4 representerar orderläggning och ackumulerad kostnad fram till en given period. Vidare definieras perioder i x-led till antalet perioder en order skall täcka, perioder i y-led avser vilken period orderläggning sker. Exempelvis orderläggs den första markerade cellen i period 1 och tillgodoser behov till och med period 3, 884 kr är därmed den ackumulerade kostnaden fram till och med period 3.

Beräkning av period 1, y-led, till och med period 3 innefattar sex separata kostnadsalternativ, nedan benämnda K_n (P), där n avser alternativet och P perioden.

(1) avser orderläggning i period 1 för att tillgodose efterfrågan i period 1, endast ett kostnadsalternativ återfinns. Därav beaktas endast ordersärkostnad då hela kvantiteten förbrukas inom perioden.

$$K_1\ (1)\ = 540\ kr$$

I (2) identifieras två kostnadsalternativ, K_1 (2) och K_2 (2).

$$K_1\ (2) = 540 + (\ 62\ x\ 4\ x\ 1) = \ 788\ kr$$

$$K_2\ (2) = 540\ +\ 540\ =\ 1080\ kr$$

K_1 (2) innebär att orderläggning sker i period 1 och att efterfrågan i period 2 tillgodoses med denna order, därav tillkommer lagerhållningskostnad. Alternativ K_2 (2) innebär att ny order läggs för enbart period 2, därav tillkommer en ytterligare ordersärkostnad.

I (3) identifieras tre kostnadsalternativ, K_1 (3), K_2 (3) och K_3 (3).

$$K_1\ (3) = 540 + (\ 62\ x\ 4\ x\ 1)\ + (12\ x\ 4\ x\ 2) = \ 884\ kr$$

$$K_2\ (3) = 540\ +\ 540\ + (12\ x\ 4\ x\ 1) = \ 1128\ kr$$

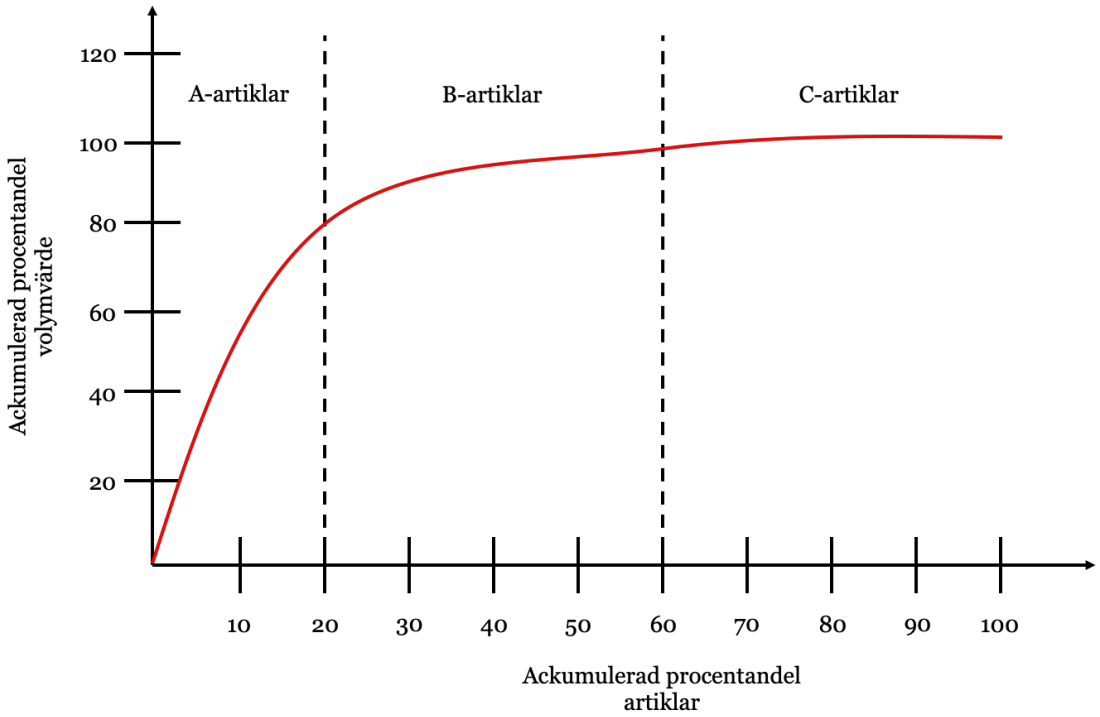
$$K_3\ (3) = 540\ + (62\ x\ 4\ x\ 1) + \ 540\ =\ 1328\ kr$$

K_1 (3) innebär att orderläggning sker i period 1 för ackumulerad efterfrågan till och med period 3, därav tillkommer lagerhållningskostnad i två separata steg men enbart en ordersärkostnad. Alternativ K_2 (3) innefattar separata orderläggningar, därav två ordersärkostnader, i period 2 orderläggs efterfrågan motsvarande period 2 och 3 vilket innebär att lagerhållningskostnad tillkommer. Alternativ K_3 (3) innefattar två orderläggningar, orderläggning 1 sker i period 1 och motsvarar efterfrågan för period 1 och 2, orderläggning 2 sker i period 3 och motsvarar enbart efterfrågan i innevarande period.

Som tidigare nämnt, ökar antalet kostnadsalternativ successivt i korrelation till period t, för att identifiera lägsta ackumulerad kostnad för samtliga perioder genomförs beräkning inom given planeringshorisont. I planeringshorisontens sista period återfinns därmed t antal kostnadsalternativ där lägsta total kostnad väljs. Därefter utses respektive orderläggningstillfälle med utgångpunkt i sista periodens totala kostnad.

2.5 ABC-klassificering

ABC-klassificering är en metod för att kategorisera och avgöra en artikels betydelse i jämförelse med en grupp andra artiklar, klassificering fördelas enligt A, B och C (Silver et al., 2017). ABC-klassificering används i stor utsträckning inom organisationer för att effektivisera hantering av lagerförda artiklar (Teunter, Babai, & Syntetos, 2010). Enligt Chu, Liang och Liao (2008) baseras den traditionella ABC-klassificeringen på Paretos princip, artiklar kategoriserade A-klass utgör, i många fall, 15–20% av den totala mängd artiklar samt representerar 75–80% av totalt lagervärde. Artiklar kategoriserade B-klass utgör 30–40% av total mängd artiklar och cirka 15% av totalt lagervärde, klass C utgör därmed cirka 40–50 % av total mängd artiklar och 10–15% av totalt lagervärde (Chu et al., 2008). Organisationer använder ABC-klassificering vid osäkerhet och bristande möjligheter att förbättra prognostisering, metoden kan användas i syfte att minska risken för att totalt lagervärde ökar utan att i större utsträckning påverka SN (Iqbal, Malzahn, & Whitman, 2017). En ABC-klassificering kan utföras baserat på ett flertal olika kriterier, Jonsson och Mattsson (2016a) nämner bland annat volymvärde per artikel, täckningsbidrag per produkt, antal kundorder per år och antal lageruttag per år. Som tidigare nämnt, utgår traditionell ABC-klassificering från Paretos princip, principen illustreras i figur 7.



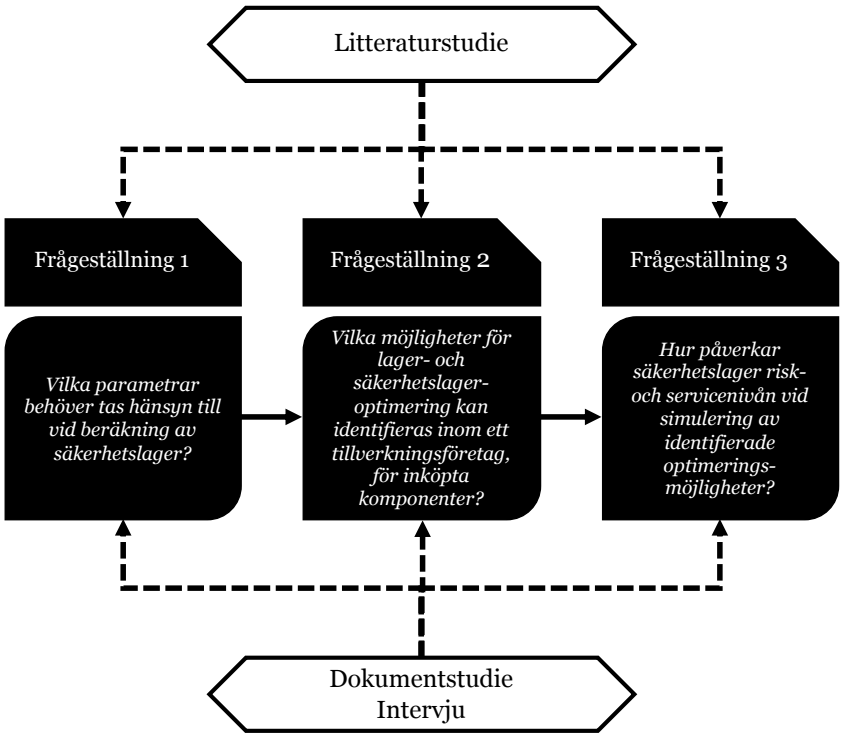
Figur 7 - Illustration av ABC-klassificering enligt Paretos princip inspirerad av Jonsson och Mattsson (2016a)

3 Metod och genomförande

Kapitlet introducerar koppling mellan frågeställningar och metod, valda metoder för datainsamling är dokumentstudie och intervju. Därefter beskrivs studiens arbetsprocess, ansats och design vilket speglar genomförande. Studiens litteraturgenomgång redogörs i syfte att möjliggöra replikering, därav redovisas samtliga steg. Slutligen förs ett resonemang kring studiens trovärdighet.

3.1 Koppling mellan frågeställningar och metod

Koppling mellan frågeställningar och metod illustreras i figur 8, samtliga frågeställningar besvarades med hjälp av empiriska data insamlade genom dokumentstudie, intervju och litteraturstudie. Vidare krävde frågeställning [3] att grundförståelse fastställts genom besvarandet av frågeställning [1] och [2].

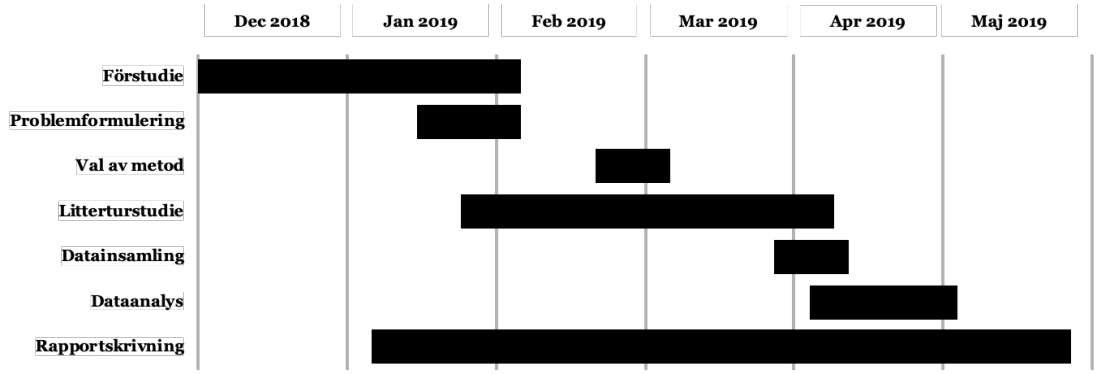


Figur 8 - Koppling mellan frågeställningar och metod

För att besvara frågeställning [1] krävdes en orientering i aktuell forskning gällande SL-beräkning och dess ingående parametrar, dokumentstudie och intervju bidrog med empiriska data från fallföretaget vilket resulterade i triangulering av data. Frågeställning [2] krävde en djupare förståelse till ämnesområdet där litteraturstudien medverkade i valet av beräkningsmetod samt teorier relaterande till området. Dokumentstudie och intervju tillförde en nulägesuppfattning av fallföretagets tillvägagångssätt vid beräkning av SL där optimering stod i fokus. För att slutligen besvara frågeställning [3] nyttjades underlag erhållet från frågeställning [1] och [2], samtliga datainsamlingsmetoder avsåg att understödja besvarandet.

3.2 Arbetsprocessen

Kandidatuppsatsens tidsplan presenteras i figur 9, respektive fas placerades i ett bestämt tidsrum med syfte att erhålla en konstant arbetsbelastning och möjliggöra färdigställande av studien inom given tidsram, vilken var vårterminen 2019. Studiens inledande fas, förstudie, genomfördes med målsättning att tillsammans med fallföretaget konkretisera problemet inom SL för inköpta komponenter. Utfallet från förstudien resulterade i en problemformulering vilket utgjorde startpunkten för det huvudsakliga arbetet. Fastställande av problemformulering gav upphov till tydliga riktlinjer för vilka sökområden relevans ansågs hög för studien, därmed påbörjades litteraturstudien. Val av metod grundades i förvärvad kunskap från litteraturstudie och problemformulering, primär fokusering vid val av metod härstammade från att på bästa möjliga sätt besvara syfte och frågeställningar. Studiens datainsamling inträffade inom ett begränsat intervall då tidsplan och fallföretagets tillgänglighet sammanföll naturligt. Dataanalys påbörjades parallellt med datainsamling för att möjliggöra eventuella kompletteringar för data som inhämtats, vilket ansågs fördelaktigt då kommunikationskanalen fortfarande var öppen. Fasen rapportskrivning ägde rum kontinuerligt under vårterminen 2019 då dokumentation anses kritiskt för fallstudie.



Figur 9 - Tidsplan

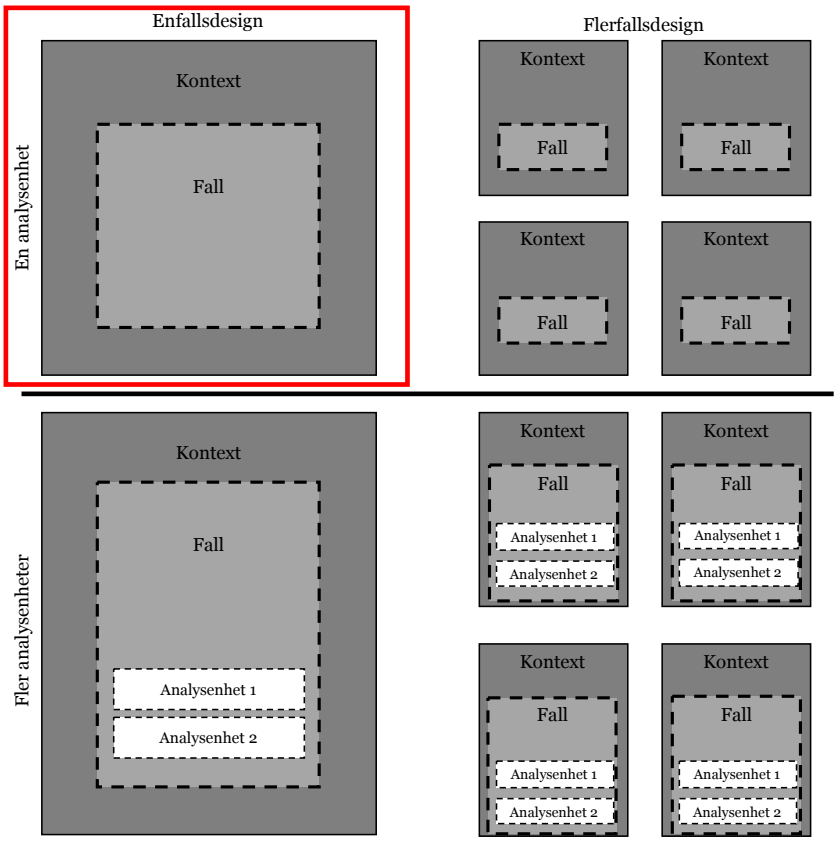
3.3 Ansats

Studiens frågeställningar har inslag av såväl kvalitativ som kvantitativ inriktning, vilket innebär att både verbal och statistisk analys genomförts. För att besvara frågeställning [1] nyttjades primärt en kvalitativ inriktning då litteraturstudie och intervju huvudsakligen användes vid insamling av data. Frågeställningar [2] och [3] kan snarare anses grundas i en kombination av kvalitativ och kvantitativ inriktning, dock mer präglad av sistnämnda. Studien syftade inte till att generera ytterligare teorier, området är väl utforskat sedan tidigare vilket påvisades i litteraturstudien. Från befintlig teori var avsikten försök till optimering av SL i ett enskilt fall, dock strävade studien till att bidra med ökad förståelse inom området. Därmed anses studiens ansats vara av induktiv karaktär, vilket enligt Patel och Davidson (2011) kategoriseras vara upptäckandets väg. Vidare kan induktiv ansats sammanfattas till en process där forskare, från enskilda fall, formulerar en teori (Patel & Davidson, 2011), vilket speglats i studiens arbetsprocess.

Studiens analysfas innefattade ett planerat deduktivt steg då anpassad teori beprövas genom simulering. Steget bedömdes kritiskt med hänsyn till besvarande av frågeställning [3], vilket avsåg åskådliggöra aktuellt läge. Beräkningsmetod i simulering valdes med hänsyn till simplicitet, resultat jämfördes med verkligt utfall från planeringssystem i syfte att identifiera optimeringsmöjligheter. Studiens intervjuer utgjordes av kvalitativa data då intervjuformen var av typen semi-strukturerad, insamlade data kunde därav inte kvantifieras och tolkas statistiskt. Studiens dokumentstudie bestod, främst, av kvantitativa data då insamlade data genererades från fallföretagets planeringssystem i form av valda parametrar och underlag för simulering.

3.4 Design

För att uppnå en djupare förståelse och därmed kunna besvara studiens syfte och frågeställningar, ansågs forskningsdesign fallstudie lämplig. Yin (2007) förespråkar fallstudie vid undersökning av en mindre avgränsad grupp där djup förståelse anses vara centralt. Forskning vilken utgår från fallstudiemetod avser att undersöka ett givet fenomen på djupet i sitt naturliga sammanhang (Skärvad & Lundahl, 2016). Vidare framhåller Skärvad och Lundahl (2016) att fallstudier inom kvantitativ forskning anses vara av hög relevans, resonemanget stärker därmed studiens val av design. Design för studien inbegriper en enfallsdesign med en analysenhet, fallet avser fallföretagets SL för ingående komponenter. Studiens författare har valt att huvudsakligen fokusera på analys enligt följande: (1) MRP-systemets logik och kalkyl och (2) personal i fallföretaget vilka, direkt eller indirekt, inverkar på utfallet gällande SL. Figur 10 illustrerar fallstudiedesign, rödmarkerat område symboliserar vald design.



Figur 10 - Fallstudiens design inspirerad av Yin (2007)

3.5 Förstudie

Förstudien syftar till att skapa en förståelse för det faktiska problemet och dess kontext, vidare kan specifik kunskap förvärvas där litteraturstudie saknar underlag (Patel & Davidson, 2011). Patel och Davidsson (2011) framhåller att förstudier likväl bidrar till valet av datainsamlingsmetod för optimal överensstämmelse. Enligt Skärvad och Lundahl (2016) tillför förstudien ett underlag för förståelse av nulägessituation samt uppdragsformulering, den är även användbar i hänseendet att klient och utredare bekantas.

Studiens författare genomförde en förstudie för att skapa en förståelse och konsensus gällande fallföretagets problematik inom definierat område. I tabell 5 redovisas de möten som ägt rum inom ramen för förstudie. Första mötet syftade till att identifiera problemområde och eventuell avgränsning, intervju genomfördes enligt metod ostrukturerad där två nyckelpersoner från fallföretaget närvarade. Förstudiens andra möte syftade till att säkerställa konsensus mellan författare och fallföretag gällande tidigare mötes diskussion. Slutligen fastställdes studiens preliminära problemformulering.

Tabell 5 - Förstudie

Datum	Syfte	Metod	Deltagare	Tidsåtgång
2018-12-06	Identifiering av problemområde	Ostrukturerad intervju	Supply Planning Manager, Logility Global Inventory Optimization Process Lead	1 h
2019-02-07	Avstämning av problemformulering	Ostrukturerad intervju	Logility Global Inventory Optimization Process Lead	0,5 h

3.6 Datainsamling

Valet av datainsamlingsmetoder grundades i studiens natur, studie av SL kräver stora mängder data för att skapa en förståelse av fluktuation över tid, därav valdes metoden dokumentstudie för att säkerställa objektivitet i insamlade data. Datainsamlingsmetod intervju valdes då studien eftersträvar en mer djupgående förståelse av materialplaneringsprocessen och dess implikationer. Slutligen nyttjades litteraturstudie för att skapa en stabil grund och uppfattning av befintlig teori inom valt område, insamlingsmetoden betraktas vara av kritisk karaktär för studiens utfall. Studien innefattar primär- och sekundärdata insamlade med hjälp av flertalet metoder, förfarandet stärker enligt Yin (2007) fallstudiens validitet och reliabilitet.

3.6.1 Litteraturstudier

Litteraturstudier syftar till att identifiera och synliggöra befintlig kunskap från teori, modeller och utförda undersökningar, inom det valda området. Ackumulerad kunskap kan då påvisa eventuella brister eller avsaknad i forskningsområdet vilket kan bistå forskare med vad som faktiskt är väsentligt att undersöka (Patel & Davidson, 2011). Enligt Yin (2007) är litteraturstudier av stor betydelse innan övrig datainsamling påbörjas i fallstudier, detta för att litteraturen ger vägledning för vilka data och strategier beaktning bör tas till och tillämpas under forskningsarbete.

Litteraturstudien tog sin utgångspunkt i artikeldatabaser ProQuest Central, ScienceDirect, Taylor & Francis och SpringerLink, dessa nyttjades för att erhålla granskade artiklar, peer-reviewed, inom ämnesområde vilket avsågs undersökas. I tabell 6 presenteras studiens litteratursökning i sin helhet, artikeldatabas SpringerLink återfinns inte i tabellen då relevanta sökträffar uteblev. Litteraturstudien initierades genom att definiera ett flertal begrepp vilka ansågs ha stark koppling till ämnesområdet, dessa omvandlades sedan till sökord genom att kombineras med boolska operatorer, trunkering och frassökning. För att ytterligare avgränsa antalet sökträffar användes filter, ett typiskt filter frekvent använt under litteratursökning var begränsning utefter publikationsår. Avgränsning utefter publikationsår möjliggör att aktuell forskning återfås, vidare ansågs sökning inom titel, nyckelord och sammanfattning fördelaktigt för att effektivt sålla bort irrelevant forskning. Slutligen valdes forskningsartiklar baserat på dess likhet till denna studie, vad gäller område och målsättning, först grundat i genomgång av en given artikels titel och sammanfattning. Godkändes artikeln enligt utsatta kriterier granskades den i sin helhet.

Tabell 6 - Litteraturstudie

Databas	Sökord	Filter	Antal träffar	Valda träffar
ProQuest Central	("Safety stock" AND "Stochastic" AND "Risk" AND "Calculate" AND "Shortage" AND "Parameter" AND "Supply chain")	2012-2019, nyckelord, titel och sammanfattning	51 st	1 st
ProQuest Central	"The bullwhip effect" AND Upstream AND Batching AND "Inventory management"	Cited by (highest)	131 st	1 st
ProQuest Central	(Harvey m. wagner) AND (Thomson m. whitin)	Författare	2 st	1 st
ProQuest Central	"ABC classification" AND "Inventory Management" AND "service level"	2010-2019, vetenskapliga artiklar	21 st	1 st
ScienceDirect	("Safety stock" OR "Buffer stock" OR "Buffer inventory") AND Calculation	2014-2019	6 st	1 st
ScienceDirect	"Safety stock" AND Forecast	2012-2019, nyckelord, titel och sammanfattning	19 st	2 st
ScienceDirect	Forecast AND Demand AND Models AND Trend AND Season		8 st	1 st
ScienceDirect	"ABC classification" AND "Inventory control" AND Accuracy		35 st	1 st
ScienceDirect	"Safety stock" AND "Service level"	2012-2019, nyckelord, titel och sammanfattning	36 st	1 st
Taylor & Francis	"Safety stock" AND "Parameters"		11 st	1 st
Taylor & Francis	"Classification" AND "Service cost" AND Forecast	2012-2019	22 st	1 st

3.6.2 Dokumentstudier

Enligt Yin (2007) har datainsamlingsmetod dokumentstudie flertalet fördelar vad gäller objektivitet i rådata. Därtill påtalas metoden vara stabil, vilket innebär att data kan granskas vid åtskilliga tillfällen för att säkerställa dess pålitlighet. Metoden avser att bidra till täckande information vad gäller faktiska företeelser, tidsrum för enskilda händelser och dess miljö (Yin, 2007). Patel och Davidson (2011) belyser vikten av källkritik vad gäller dokumentstudier, det är inledningsvis nödvändigt att identifiera när, var och varför dokumentet tillkommit för att säkerställa ett undvikande av bakomliggande agenda. Dokumentstudie anses vara av hög relevans vid forskning med designinriktning fallstudie (Yin, 2007).

Studiens författare nyttjade datainsamlingsmetod dokumentstudie för att erhålla relevant data och statistik från fallföretagets planeringssystem. Dokumentstudier bidrog till ett gediget underlag för kalkyler som genomförts i dataanalys. Metoden understödde även informationssökning vad gäller generella data rörande fallföretagets verksamhet. I tabell 7 redovisas genomförda dokumentstudier, dess syfte och tidsåtgång.

Tabell 7 - Dokumentstudier

Datum	Syfte	Tid
2019-03-26	Årsredovisning - Företagsbeskrivning	1 h
2019-03-29	Dataexktrakt - artikelinformation med säkerhetslagerparametrar	2 h
2019-03-29	Avstämning av dataextrakt mot affärssystem	1 h
2019-04-09	Dataextrakt IP/IO databas	2 h
2019-04-11	Dataexktrakt - Produktstruktur motorsåg	1 h
2019-04-17	Dataexktrakt - Prognostiserat behov svärd och kedja	2 h

Extraherade data från planeringssystem erhölls med hjälp av fallföretagets utsedda handledare, handledaren innehar rollen 'Logility Global Inventory Optimization Process Lead' och ansågs därmed besitta god kunskap och insikt i fallföretagets system, Logility. Avstämning av extraherade data i planeringssystem skedde kontinuerligt under dokumentstudien.

3.6.3 Intervjuer

Enligt Yin (2007) är datainsamlingsmetod intervju en betydelsefull källa av information inom forskningsdesign fallstudie, intervjuer i denna kontext tar frekvent formen av styrda samtal snarare än strukturerade utfrågningar. Kvalitativa intervjuer syftar till att identifiera och synliggöra en persons egenskaper eller uppfattning av ett givet fenomen (Patel & Davidson, 2011). Vidare menar Patel och Davidson (2011) att formulering av svarsalternativ inte kan förutbestämmas då respondenten själv skall utrycka svaret för att uppnå hög trovärdighet. Intervjuer kan kategoriseras utefter dess grad av standardisering, en intervju med hög grad av standardisering eftersträvar likhet i utformning och genomförande (Skärvad & Lundahl, 2016). Vidare framhåller Skärvad och Lundahl (2016) att intervjuer med låg grad av standardisering inte präglas av identisk ordningsföljd eller frågeformulering. Vad gäller grad av strukturering anger Patel och Davidson (2011) att en helt strukturerad intervju lämnar ytterst lite utrymme till utvecklande svar från respondenten, för ostrukturerade intervjuer gäller motsatsförhållandet.

Intervjuer designades enligt typen semi-strukturerad då respondent ges möjlighet, genom öppna frågor, att bevara en given frågeställning fritt. Strategin ansågs fördelaktig då mer täckande information kunde erhållas gentemot strukturerad intervju. Två intervjuer genomfördes enligt metod ostrukturerad, dess syfte var att tillsammans med handledare på fallföretaget klargöra information vilken erhållits. Respondent valdes ut baserat på deras roll inom företaget och ansågs komplettera varandra med information från olika perspektiv. Utgångspunkt togs i rollen materialplanerare, vilken har operativt ansvar för de komponenter vilka avsågs undersökas. Därtill valdes respondenter med taktiskt och strategiskt ansvar för området. Fallföretagets planeringssystem är relativt nyimplementerat, därav ansågs en av fallföretagets 'super-users' lämplig att intervjua. I tabell 8 redovisas samtliga genomförda intervjuer med personer av intresse för studien.

Tabell 8 - Intervjuer

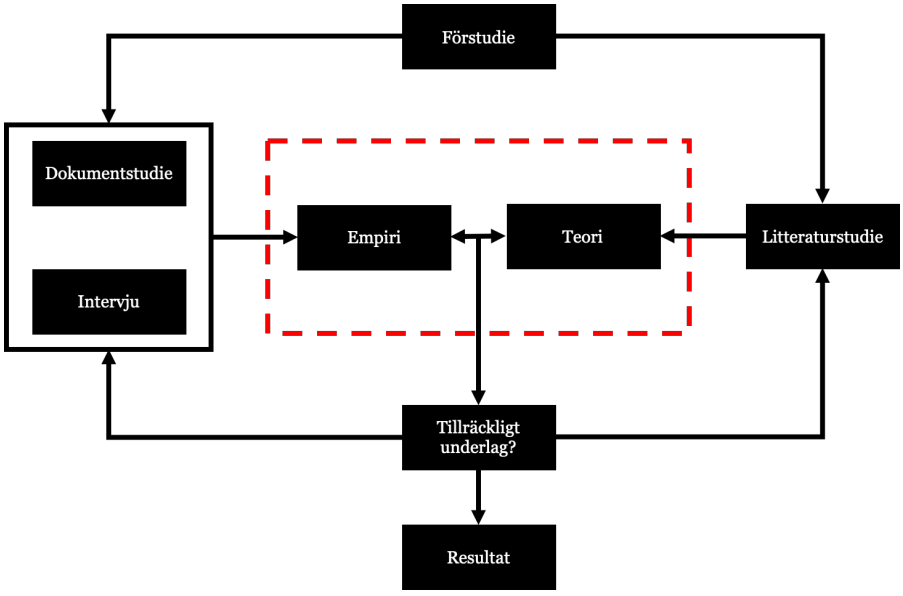
Datum	Syfte	Roll	Metod	Tid
2019-04-02	Klargörande av dataextrakt	Logility Global Inventory Optimization Process Lead	Ostrukturerad	1 h
2019-04-03	Affärssystem	Super-user Logility	Semi-strukturerad	0,5 h
2019-04-03	Säkerhetslager färdigprodukter	Supply Planner	Semi-strukturerad	0,5 h
2019-04-09	Planeringssystemets logik	Logility Global Inventory Optimization Process Lead	Ostrukturerad	0,5 h
2019-04-10	Säkerhetslager, inköp komponenter	Material Planner	Semi-strukturerad	0,7 h
2019-04-10	Säkerhetslager	Manager Material Planner	Semi-strukturerad	0,5 h
2019-04-10	Säkerhetslager, sekretess	Logistic Manager	Semi-strukturerad	0,4 h

Samtliga intervjuer initierades med att klargöra studiens och intervjuns syfte, respondenten tillfrågades om godkännande för inspelning av samtal samt informerades om vilken information som kommer publiceras. Dessa åtgärder vidtogs för att efterfölja forskningsetiska aspekter (Patel & Davidson, 2011). Intervjuer genomfördes i fallföretagets lokaler och bokades med hjälp av utsedd handledare, mer tid än beräknat avsattes för att undvika situationer med stress. Intervjufrågor utformades med respondentens arbetsroll i åtanke, samtliga frågor återfinns i bilaga 1, 2, 3, 4 och 5. Frågor med given numrering fastställdes på förhand, underliggande frågor, markerade med bokstav, genererades baserat på respondentens svar.

3.7 Dataanalys

Studien innefattar såväl kvalitativa som kvantitativa data, där kvalitativa data främst härstammar från genomförda intervjuer med personer av intresse inom fallföretaget, och kvantitativa data från fallföretagets planeringssystem. För att möjliggöra ett besvarande av frågeställning [1], [2] och [3] analyserades likväl kvalitativa som kvantitativa data och jämfördes senare med hjälp av mönsterpassning med teoretiska förväntningar. Yin (2007) benämner tillvägagångssättet mönsterjämförelse. Frågeställning [3] inriktar sig mer mot kvantitativa data då frågan till stor del besvaras genom matematisk beräkning och statistisk analys. Studiens beräkningar har utförts i Microsoft Excel, insamlade data från dokumentstudien bidrog med verkliga numeriska data vilka senare omformaterades och därav möjliggjorde anpassning i optimeringssyfte. Simulering genomfördes genom att nyttja extraherade data vilka utgjorde indata i anpassade Excel-formler, utdata resulterade i analysunderlag. Identifierade optimeringsmöjligheter utgick från teoretiskt ramverk. Utförda intervjuer bidrog likväl till möjlighet att besvara studiens slutliga frågeställning, respondenters svar jämfördes och analyserades.

Figur 11 illustrerar dataanalysens positionering i förhållande till föregående steg i processen. Rödmarkerat område skall symbolisera faktisk dataanalys, där empiri och teori genomgår mönsterjämförelse. Som tidigare nämnt, inleddes studien med en förstudie i syfte att klargöra problemområdet. Vidare initierades datainsamling och litteraturstudie som ett resultat av lyckad förstudie. Datainsamling och litteraturstudie underbygger processen dataanalys vilket syftar till att generera studiens resultat. Vid otillräckligt underlag, under dataanalys, kompletterades empiri och teori med ytterligare information.



Figur 11 - Dataanalysens kronologi

3.8 Trovärdighet

Enligt Yin (2007) förekommer fyra kvalitetsaspekter vilka bör beaktas vid design av studie, dessa är: begreppsvaliditet, intern validitet, extern validitet och reliabilitet. En studies validitet syftar till att forskare undersöker vad som avses att undersökas, reliabilitet innefattar att mätningen utförs på ett tillförlitligt sätt (Patel & Davidson, 2011). Skärvad och Lundahl (2016) framhåller att reliabilitet anses vara ett nödvändigt villkor för att erhålla validitet. Det anses vara av stor vikt att formulera och konstruera en beviskedja i samband med fallstudien, för att ytterligare stärka trovärdighet och reliabilitet (Yin, 2007).

3.8.1 Validitet

Designkriteriet validitet kan delas upp i begrepps-, intern- och extern validitet, dessa bidrar till studiens tillförlitlighet och kan synliggöra eventuella brister i forskningen (Yin, 2007). Skärvad och Lundahl (2016) definierar validitet enligt ”frånvaro av systematiska mätfel” (s. 108), likt Yin (2007) väljer Skärvad och Lundahl (2016) att fördela validitet i underkategorier extern och intern.

Begreppsvaliditet

Kriteriet begreppsvaliditet innefattar bland annat användandet av flertalet källor vad gäller data och belägg, samt formulering av beviskedja för att möjliggöra spårbarhet i data. Dessa åtgärder genomförs för att säkerställa objektivitet och operationella mått (Yin, 2007). Studiens författare uppfyller kriteriet begreppsvaliditet genom att använda artiklar av typen ’peer-reviewed’, det vill säga publicerade artiklar i ansedda tidskrifter, granskat av experter inom området. Med hjälp av granskade artiklar kunde mått gällande SL jämföras med befintlig teori, därtill är det från fallföretagets perspektiv säkerställt att måtten är operationella.

För att stärka begreppsvaliditet ytterligare nyttjades flertalet datainsamlingsmetoder vilka avsåg studera samma fenomen. Tillvägagångssättet vid datainsamling tyder på datatriangulering enligt Yin (2007), vidare menar Patel och Davidsson (2011) att utfallet från valda metoder kan generera data vilka konvergerar eller divergerar, båda utfall anses vara av intresse.

Intern validitet

Enligt Yin (2007) inbegriper intern validitet till störst del dataanalys. För att säkerställa god intern validitet har studiens författare vidtagit åtgärder i form av mönsterjämförelse, alternativa rivaliserande teorier och logiska modeller. Skärvad och Lundahl (2016) menar att intern validitet syftar till att mäta det som avses att mätas, uppnås hög intern validitet råder likhet mellan teoretisk och operationell definition. Vidare hävdar Skärvad och Lundahl (2016) att fullständig intern validitet sällan går att uppnå. Studiens författare eftersträvade förstärkt intern validitet genom mönsterpassning, jämförelse av studiens empiriska mönster med applicerbara teorier, både överensstämmande och rivaliserande. Datainsamlingsmetod dokumentstudie nyttjades på så vis att endast relevanta data inhämtats, vilka är påverkande parametrar vid dimensionering av SL och statistiska data från planeringssystem med avsikt att genomföra simulering.

Extern validitet

Extern validitet avser till vilken grad en fallstudies resultat kan generaliseras och appliceras på andra fall (Yin, 2007). Vidare framhåller Yin (2007) att slutsatser baserat på endast ett fall utgör en bristfällig grund vid försök till generalisering, vilket innebär att fallstudier är i behov av replikering för att uppnå hög extern validitet. Enligt Yin (2007) är användandet av teori en kritisk faktor vid studie av ett fall. Studiens författare har genom litteraturstudie noggrant granskat och valt ut teorier till analysunderlag. Studiens genomförda simulering grundas i stickprov bestående av fyra utvalda komponenter, på grund av stickprovets omfattning kan inte generella resultat uppnås.

3.8.2 Reliabilitet

Kriteriet reliabilitet bedöms utefter mätinstrumentets tillförlitlighet, det vill säga hur väl instrumentet motstår slumpinflytanden och tillfälliga omständigheters inverkan (Patel & Davidson, 2011; Skärvad & Lundahl, 2016). Vidare menar Yin (2007) att utveckling av databas samt användning av regelverk, för fallstudien, kan underlätta dess återskapande vilket resulterar i höjd reliabilitet. För att på bästa sätt inkorporera dessa faktorer har studiens författare valt att konstruera databaser för samtliga insamlade data, från såväl dokumentstudie, intervju som litteraturstudie för att möjliggöra replikering. Databas för dokumentstudie har skapats innehållandes samtliga rådata, detta för att säkerställa studiens kvalitet och därav undvika försummande av potentiellt kritiska data. Vid intervjutillfällen har ljudinspelning använts kontinuerligt, med syfte att möjliggöra en efterföljande kontroll av insamlad information. Litteraturstudiens genomgång präglades av stringent protokollföring av samtliga sökningar, vilket skapar en tydlig kartläggning av förfarande.

4 Empiri

Kapitlet initieras med en verksamhetsbeskrivning i kombination med en grundläggande redogörelse för fallföretagets planeringssystem, Logility. Vidare presenteras insamlade data från intervju och dokumentstudie i relation till influerande parametrar vid dimensionering av säkerhetslager. Planeringssystemets tillförlitlighet ur användarens perspektiv redovisas kortfattat. Därtill framförs data gällande prognostisering, leverantörer av skärutrustning och planeringssystemets logik vilka likväl inverkar på säkerhetslager.

4.1 Verksamhetsbeskrivning

Husqvarna Group består av tre divisioner Husqvarna, Gardena och Construction, segmenterade mot olika marknader (Husqvarna Group, 2019). Husqvarna-divisionen fokuserar på tillverkning av produkter för skogs-, park-, och trädgårdsskötsel ämnade för professionella användare likväl konsumenter med höga krav. Divisionens produktportfölj innefattar bland annat handhållna bensin- och batteridrivna röj- och motorsågar, gräs- och robotgräsklippare. Divisionen stod 2018 för cirka 66% av Husqvarna Groups nettoförsäljning, där Europa utgjorde 42%, Nordamerika 46% och resterande delar av världen 12% av försäljningen (Husqvarna Group, 2019). Det existerar fyra huvudsakliga varumärken inom divisionen dessa är Husqvarna, Zenoah, Jonsered och Klippo, huvudkonkurrenter är bland andra STIHL Group, Deere & Company och Honda (Husqvarna Group, 2019).

Husqvarna-divisionens tillverkning av motorsågar, med varumärke Husqvarna, sker vid fabriken belägen i Huskvarna. Motorkropp, det vill säga motorsåg utan svärd och kedja, tillverkas mot lager för att, efter kundorder, genomgå en kittningsprocess där kundens krav på svärdlängd och kedja tillgodoses. Kundorderpunkt är därav belägen nedströms i försörjningskedjan, artiklar lagerförs enligt logiken för moduler. Studiens avgränsning och omfång har definierats till lager och SL av ingående komponenter svärd och kedja vid fabrikslagret i Huskvarna.

4.1.1 Planeringssystemet Logility Voyager

En konsekvens av fallföretagets storlek och dess massiva produktportfölj innebär att företaget förlitar sig på enskilda individers kompetens inom specifika områden i kombination med avancerade systemstöd för att möjliggöra koordinering och differentiering. Planeringssystemet Logility Voyager nyttjas i syfte att effektivisera fallföretagets försörjningskedja, från anskaffning till distribution. Systemet visualiserar potentiella utfall över tid, baserat på tillgänglig information föreslår systemet exempelvis när orderläggning för en specifik artikel skall utföras. Med hjälp av systemstödet kan planerare erhålla en lättöverskådlig översiktsbild och agera därefter. I tabell 9 presenteras en typisk vy av Logilitys gränssnitt, vilken materialplanerare interagerar med dagligen. Vilket framgår i given tabell är att ett flertal rader och kolumner existerar, där kolumn motsvarar definierat tidsintervall under planeringshorisonten. Kolumn ’Location’ avser i illustrationen två fysiska platser, NDC-13 vilket motsvarar fabriken i Huskvarna och Leverantör X vilket avser leverantör av enskild komponent. Systemet tillåter planerare att få inblick i respektive aktörs verksamhet, planerad produktion vid leverantörsfabrik och planerad inleverans till fallföretagets fabrik. På rad ’Total Inventory’ kan lagerutveckling över tid utläsas, därtill redovisas ’Safety Stock Target’ vilket utgör en indikator för lägsta rekommenderade lagernivå för en given SL-policy. Tabell 9 avser endast att exemplifiera planeringssystemets gränssnitt, därav har siffror ersatts med indikatorer Low/Medium/High.

Tabell 9 - Illustration av Logility

Location	Type	Avail. Bal	Month A	Month B	Month C	Month D	Month E	Month F	Month G	Month H
NDC-13	Planned Transfer Out		Low	Low	Low	Medium	Medium	High	High	Medium
	Bill of Material Component Usage		Low	Low	Low	Medium	Medium	High	High	Medium
	Firm Purchases		Low							
	Planned Purchases			Low	High	High	Medium	Low	Low	Medium
	Total Inventory	High	High	High	High	High	Medium	High	High	High
	Safety Stock Target		High	Medium	High	Medium	High	High	High	High
	Transfer In Minimum		Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Leverantör X	Firm Transfer Out		Low							
	Planned Transfer Out			Medium	High	Medium	Medium	Low	Low	Low
	Firm Production		Low							
	Planned Production			Medium	High	Medium	Medium	Low	Low	Low
	Transfer In Minimum		Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Planeringssystemet Logility nyttjas främst av nedströms aktörer i försörjningskedjan, bland annat avdelning Supply & Demand där ansvar för prognostisering av färdigprodukt ingår. Logistikchef framhåller att systemets funktionalitet primärt innefattar lagerhantering och optimering av lagernivåer, systemet är däremot inte optimalt för produktionstransaktioner såsom materialplanering. Följaktligen nyttjar materialplanerare i huvudsak andra system vid planering av material, därmed anses kunskap inom systemet Logility generellt låg. Fortbildning inom systemet är planerad vilket skall ge upphov till fördjupad kunskap och förståelse. Målsättning inom avdelning materialplanering, enligt logistikchef, är att på sikt använda ett och samma system för samtliga komponentgrupper. Endast ingående komponenter svärd, svärdskydd och kedja har integrerats med systemet Logility, avdelningschef för materialplanering belyser problematiken vid behov av substitution. Vidare påtalas materialplaneringsrollen som kritisk då ersättare inte existerar i dagsläget, införande av temporär ersättare vid behov har planerats.

4.2 Parametrar vid dimensionering av säkerhetslager

Vid granskning av fallföretagets planeringssystem, Logility Voyager, genom datainsamlingsmetod dokumentstudie framkom ett flertal parametrar som förefaller betydelsefulla vid dimensionering av SL. En policy som frekvent förekommer inom fallföretaget för beräkning av SL är SN. Definierad procentsats för beräkning av SL, kombinerat med tillgängligt lagersaldo motsvarar förmågan att vid exempelvis SN = 90% tillgodose 9 av 10 utleveranser. Ytterligare en SL-policy som identifierats var fallföretagets utgångspunkt i prognostiserat behov, SL dimensioneras därmed enligt en fastställd täcktid för prognostiserad efterfrågan. Ett tredje och sista exempel på förekommande SL-policy för fallföretagets planering av ingående komponenter svärd och kedja är 'SS FIXED 0', vilket innebär att inget SL nyttjas. Funktionen kan användas vid utfasning av artiklar. I bilaga 6 och 7 återfinns dataextrakt för svärd och kedja, dataextraktet redovisar endast grundläggande parametrar som kan influera beräkning av SL.

En artikels policy vad gäller SL-nivå och orderkvantitet fastställs uteslutande av fallföretagets planeringssystem, planeringssystemet genomför en avvägning mellan två kritiska mått. De mått som används vid avvägning är omsättning och marginal för specifik artikel, varje mått erhåller en klass enligt logiken för ABC-klassificering. Därefter sker en sammanvägning av dessa klasser och artikeln tilldelas en så kallad ABC-hybrid. Baserat på given ABC-hybrid kommer systemet att fastställa en policy för SL och orderkvantitet. Beträffande ingående komponenter svärd och kedja hänförs främst prognos och SN från färdigkittad artikel, eftersom svärd och kedja är av typen multi-echelon. Ansvarig materialplanerare eller motsvarande inom fallföretaget har valet att åsidosätta planeringssystemets förslag till SL-nivå, genom manuella regler, så kallade 'exceptions', i denna studie benämnt undantag. Ett vanligt förekommande undantag är att SL skall tillgodose behov under en given täcktid, genom att definiera ett undantag kommer ordinarie policy bortses från. Ett fastställt undantag kommer råda under obestämd tid tills manuell revidering sker. Undantag nyttjas av planerare främst när information erhålls vilket planeringssystem ännu inte tagit i beaktning. Fastställande av undantag kan likväl härröra från erfarenhet som rimlighetskänsla, i specifika fall kan strategiska beslut avgöra en artikels enskilda parametrar.

Vid intervju med materialplanerare framkom att utnyttjandet av undantag inte appliceras inom dimensionering av SL för sortimentet skärutrustning. En frekvent företeelse inom sortimentet för dimensionering av SL är nyttjandet av ett definierat intervall för min- och maxnivå avseende täcktid i dagar. SL tillåts därmed inte av systemet att under- eller överstiga definierat intervall. Oberoende av definierat undantag råder angivna min- och maxnivåer som gränsvärden för lägsta respektive högsta SL, vid revidering av nivå kontaktar materialplanerare utsedd super-user. Super-user realiserar revidering genom att uppdatera parametrar i en Excel-fil där veckovis dataöverföring till planeringssystemet äger rum. Vidare råder revidering under obestämd framtid tills ytterligare manuell justering inträffar.

Intervjuad super-user i planeringssystem Logility framhåller att föreslaget värde enligt policy stundtals kan anses oproportionerligt, vilket resulterar i allt för högt kontra lågt SL. Möjlig orsak av fenomen grundas i inkorrekt data. I nuläget existerar ingen varningsfunktion i systemet för SL, vilket innebär att planerare själv bär ansvar att överse eget produktsortiment och justera parametrar inom SL med hjälp av undantag. Av genomförda intervjuer framgick att riktlinjer för dimensionering av SL i undantagsfall inte existerar, därmed underbygger planerare beslut genom erfarenhet och kunskap, alternativt jämförelse med likartade artiklar. Intervjuad super-user spekulerar att användningen av undantag kommer att avta under de närmsta åren då systemet utvecklas mer och bekantas med diverse produktcykler.

> *”Det finns mycket potential för kedjor och svärd…det finns såklart pengar att tjäna på att ha koll på sina ingående komponenter. Gamla företag som Husqvarna och företag som går ganska bra behöver säkra sådana här processer mer och mer i framtiden, för konkurrensen hårdnar och företagen får högre krav på sig…sådana här saker gör stor skillnad.”*
> - Super-user Logility

Vad gäller nyligen lanserade artiklar har fallföretaget beslutat att definiera dessa som yngre än 12 månader. Planeringssystemet har för sådana artiklar programmerats att fastställa SL-policy till två veckors täcktid, enligt prognostiserat behov. Det är först efter 12 månader som planeringssystemet agerar utefter definierad ABC-hybrid, SL-policy ändras således till att utgå från SN.

Det existerar i nuläget fyra centrala parametrar som starkt influerar beräkning av SL, ledtid, prognos, prognosfel och klassificering enligt ABC-hybrid. Fallföretaget väljer att definiera återfyllnadsledtid som tiden mellan orderläggning mot leverantör till dess att kittningsprocess kan påbörjas. Återfyllnadsledtid varierar enligt dataextrakt; beroende på vilken leverantör en given komponent köps in från kan ledtid pendla mellan extremerna 7–112 dagar. Majoriteten av inköpta kedjor innehar ledtiden 84 dagar, medan svärd generellt har en ledtid om 91 dagar. Prognos avser det framtida prognostiserade behovet för en given artikel, vad gäller ingående komponenter härstammar behovet från färdigt kit. Parameter prognosfel utgår från verkligt utfall kontra prognostiserad efterfrågan inom samma tidsperiod, jämförelsen mellan dessa värden synliggör en differens, även kallat prognosfel, som tas i beaktning vid framtida beräkningar av SL. Avslutningsvis anses en artikels ABC-hybrid som betydelsefull, hybriden avgör vilken SN som skall tillgodoses.

4.2.1 Planeringssystemets tillförlitlighet

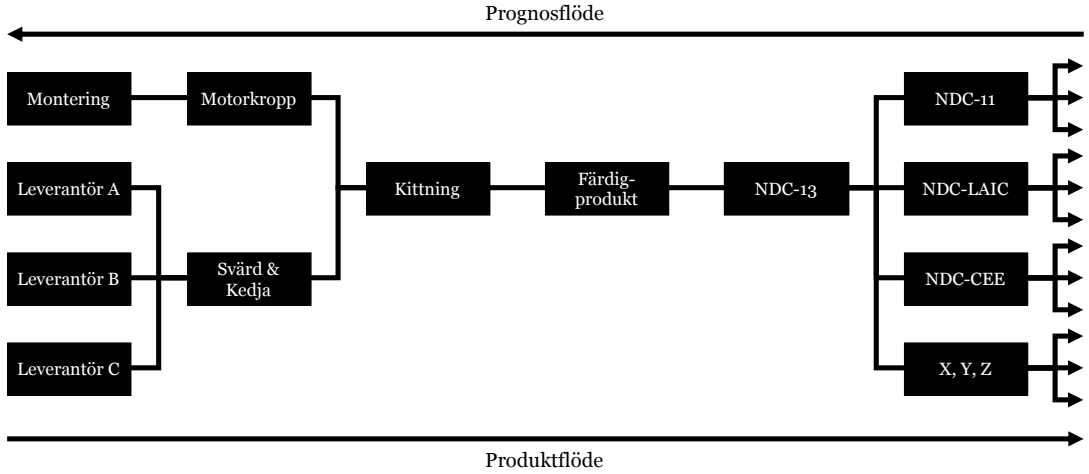
Den generella synen hos respondenter gällande tillförlitlighet i fallföretagets planeringssystem har påvisats hög, samtliga respondenter har kännedom om systemets begräsningar och vilka konsekvenser dessa medför. Super-user framhåller att systemet stundtals fastställer oproportionerligt SL, diskrepanser kan upptäckas med hjälp av dagliga rapporter innehållande samtliga artiklars SL-nivå. På grund av stort antal artiklar per planerare kan uppgiften anses problematisk, därav uppdagas diskrepanser först när verklig lagernivå studerats. Detta till trots, anger respondenter att tillförlitlighet till systemets beräkning är relativt hög. Intervjuad materialplanerare uppger att erfarenhet understödjer processen vid dimensionering av SL, materialplaneraren uppfattas besitta goda kunskaper inom givet sortiment, skärutrustning, genom gedigen erfarenhet. Vidare bekräftar avdelningschef på materialplanering materialplanerarens uppgifter. En känsla för rimlighet gällande lagernivåer påtalas betydelsefull då planeringssystemet studeras.

Supply planner belyser ett specifikt fall när tillförlitlighet klassas som låg; utfasning av produkt på en marknad i kombination med att produkten fortsättningsvis saluförs på andra marknader leder till avvikelser. Planeringssystemet tar inte hänsyn till förändring om produkter inte är kodade som utgående, därav fortsätter systemet att föreslå återfyllnad. Som tidigare nämnt, är systemet relativt nyimplementerat och använder en annorlunda logik, vad gäller exempelvis beräkning av SL, jämfört med föregående system. Respondent super-user nämner att flertalet anställda är vana vid föregående systems logik vilket kan influera nutida processer.

4.3 Prognostisering

Fallföretaget förlitar sig, i stor utsträckning, på prognostiserat behov inom definierad planeringshorisont, prognos hanteras i planeringssystemet Logility och administreras till stor del av företagets supply planners. Supply planners huvudsakliga arbetsuppgifter innefattar sammanställning av nettobehov inom artikelns försörjningskedja, nedströms. Arbetsrollen kan liknas vid en inköpare eller anskaffare, där central skillnad innefattar att supply planners förser regional-, central- och kundlager med färdigprodukter från fabrik.

Ett konsoliderat behov, för exempelvis motorsåg, genereras genom att inhämta prognos från försörjningskedjans samtliga lagerpunkter, lagerpunkter erhåller i sin tur ett prognostiserat behov från dess direkta kunder. Vidare sammanställer supply planners det konsoliderade behovet vilket utgör försörjningskedjans så kallade nettobehov, där innestående lager och influerande parametrar tas i beaktning. Genererat nettobehov motsvarar 15 månaders rullande prognostiserat behov vilket underbygger långsiktig planering. Färdigprodukt motorsåg anses vara föräldraartikel till bland annat ingående komponenter, svärd och kedja. Fallföretagets planeringssystem har därav programmerats att basera behov av komponent utefter konsoliderad prognos på föräldraartikel. Motorsåg bedöms inneha en betydande säsongsvariation med tydlig låg- och högsäsong, dess variation påverkar därav direkt ingående komponenter vad gäller behovsbild över tid. Figur 12 illustrerar produkt- och prognosflöde inom en begränsad del av total försörjningskedja. Materialplanerare genomför orderläggning i Logility där behov baseras på prognos och fasta order, fördelning kan inte urskiljas utan manuell kontroll i ytterligare system. Materialplanerare framhåller att Logility saknar funktionalitet att generera prognos och leveransplan för skärutrustning. Bristen av funktionalitet innebär att manuella beräkningar med hjälp av procentuell justering i prognostiserat behov, erhållet av supply-avdelning, krävs. Slutlig genererad prognos avser informera leverantör.



Figur 12 - Produkt- och prognosflöde

Intervjuad supply planner framhåller att transparens av information inom försörjningskedjan är till fördel för planering och prognostisering. Det förekommer dock nedströms lokala lager i försörjningskedjan där transparens är bristfällig och insikt inte tillåts. Dessa lokala lager är därav inte integrerade med fallföretagets planeringssystem, då ägarskap av produkt övergår. Vidare påtalar respondenten att fullständig insyn möjligtvis inte löser de problem som förekommer, utan istället att problematik beträffande kommunikationskanaler kan försvåra inhämtande av relevant information.

4.3.1 Diskrepanser i prognostisering

Under intervjutillfälle med avdelningschef för materialplanering framkom att diskrepanser förekommer i prognos till leverantör. Diskrepansen innefattar att orderkvantitet överstiger prognosisterat behov i innevarande period, order tidigareläggs således kontra prognos. Problematiken grundas i bristsituation; då brist på komponent uppstår kan inte packorder, utfärdat av supply-avdelning, färdigställas. Tillståndet kan leda till att kittningsprocess riskerar stillestånd, vilket anses icke önskvärt ur produktivitetssynvinkel. För att undvika stillestånd och produktivitetsförlust beordras kittning av artiklar belägna senare i planeringshorisonten, tillvägagångssättet påverkar materialplanering och leverantör. Genom att förbruka komponenter tidigare än planerat riskerar ytterligare bristsituationer uppstå, materialplanerare liknar företeelsen vid en ond cirkel där lågt prioriterade order får företräde. Konsekvensen av diskrepansen medför förbrukning av SL och minskad flexibilitet.

4.4 Leverantör av skärutrustning

Fallföretaget nyttjar tre leverantörer för inköp av ingående komponenter svärd och kedja, i denna studie benämnda leverantör A, B och C. Leverantör A och B är interna leverantörer och ingår därmed i Husqvarna Group, leverantör C är extern. Nuvarande leverantörer är geografiskt utspridda och har produktionsanläggningar i USA, Mexiko, Kina, Norge och Sverige, vilket medför att ledtid varierar stort mellan inköpta komponenter. Vid intervju med materialplanerare och avdelningschef för materialplanering diskuterades respektive leverantörs leveransprecision och nuvarande situation, följde information erhölls:

- Leverantör A anses besitta god leveransprecision och flexibilitet vad gäller fluktuation i efterfrågan. Ledtid är i sammanhanget att betraktas som kort tack vare geografisk position, förekomst av bristsituation är ytterst sällsynt. De problem som stundtals uppstår klassas som mindre och kan i många fall inte förebyggas.
- Leverantör B anses inneha en bristfällig leveransprecision baserat på historiska likväl aktuella data. Transportledtid är att betrakta som kort, emellertid är leverantörens produktionsledtid oförutsägbar. Bristsituation uppstår frekvent för inköpta komponenter vilket främst grundas i kapacitetsbegränsning, allokering av resurser och preventiva åtgärder vidtas kontinuerligt.
- Leverantör C anses besitta god leveransprecision och flexibilitet vad gäller fluktuation i efterfrågan. Total LT för inköpta komponenter är att betraktas som lång med anledning av dess geografiska position. Mindre variationer i ledtid förekommer då merparten av komponenter transporteras med fraktfartyg. Enligt historiska likväl aktuella data inträffar bristsituation sällan.

Nuvarande situation vad gäller fallföretagets interna leverantör B framhölls som icke önskvärd, brist på komponenter medför merarbete för såväl materialplanerare som supply planner. Merarbete innefattar bland annat sammanställning av prioriteringslistor till leverantör innehållande kritiska komponenter, vilka önskas erhållas i närtid. I relation till leveransproblem har diskussion förts gällande införandet av slingbil för att öka frekvensen av leveranser, oberoende av dess kvantitet. Störningar inom försörjningskedjan, likt leveransproblem från leverantör B, riskerar att resultera i försenad utleverans av färdigkittad produkt till slutkund. Inköpta komponenter från respektive leverantör har tilldelats ett intervall i antal dagar täcktid, motsvarande eftersträvad SL-nivå. Planeringssystemet strävar därav att upprätthålla given nivå, i fallet leverantör B uppstår en problematik och otillräckliga lagernivåer är ett faktum. Minimumnivå i täcktid är definierad enligt följande; leverantör A 21 dagar, leverantör B 21 dagar och leverantör C 70 dagar. Orderläggning av komponent mot leverantör grundas i given ordermultipel, ordermultipel avser det antal komponenter vilka ryms i en lastbärare. Logiken kan liknas vid partiformningsmetod, dock kan bakomliggande kalkyl existera vilken inte identifierats.

4.5 Planeringssystemets logik

Planeringssystemet Logility utgår från två huvudsakliga moduler vid beräkning av SL, vilka är Inventory Planning (IP) och Inventory Optimization (IO). Modul IO simulerar utfall för enskilda artiklar inom planeringshorisonten, simulering genomförs baserat på uppdaterad information en gång per månad. Vid fullbordad simulering ges planerare möjlighet att acceptera alternativt avböja systemets kalkyl av SL. Väljer planerare att acceptera systemets förslag överförs och appliceras beräkning till modul IP och överskriver gamla värden med nya för planeringshorisonten. Som tidigare nämnt, kategoriseras ingående komponenter svärd och kedja som multi-echelon, artiklar vilka ingår i kitstruktur. För att en komponent skall omfattas av modul IO krävs given kategorisering multi-echelon, anledning grundas i att komponenter inte saluförs enskilt från NDC-13, exkluderat eftermarknadsförsäljning. Valet av logik medför att det, för enskilda komponenter, i planeringssystemet inte existerar behovsdata. Därav erhålls konsoliderat behov från färdigprodukt. Tabell 10 redovisar dataextrakt från IO för enskild komponent kedja, kolumn Sku har ersatts med godtycklig numrering av sekretesskäl. I tabell 10 motsvarar varje rad given periods beräknade SL. Kolumner 'SafetyStockLevelLowerLimit' och 'SafetyStockLevelUpperLimit' avser komponentens minsta respektive högsta SL med hänsyn tagen till definierad täcktid i dagar, det vill säga antalet komponenter som krävs för att tillgodose behov inom given täcktid. Kolumn 'SafetyStockLevelCalculated' motsvarar planeringssystemets förslag till SL baserat enbart på definierad policy. Då 'SafetyStockLevelCalculated' understiger komponentens minsta täcktid för SL tas endast täcktid i beaktning och SL dimensioneras enligt värde i 'SafetyStockLevelLowerLimit'.

Tabell 10 - Dataextrakt IO för enskild komponent

Sku	Location	Article Type	Date	SafetyStockLevelLowerLimit	SafetyStockLevelUpperLimit	SafetyStockLevelCalculated
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-04-01	116	1510	21
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-05-01	118	1502	23
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-06-01	151	1510	39
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-07-01	219	1509	49
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-08-01	317	1530	49
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-09-01	312	1554	54
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-10-01	213	1533	68
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-11-01	153	1517	70
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	2019-12-01	130	1511	56

Tabell 11 redovisar dataextrakt från IP för identisk komponent kedja, dimensionering av SL härstammar från tidigare månads uppdatering från IO, därav kan en avvikelse urskiljas mellan respektive periods beräknade SL. Kolumn 'SafetyStockLevelLowerLimit' i tabell 10 överförs till IP kolumn 'SS_AVAIL_QTY' i tabell 11 om planerare väljer att acceptera planeringssystemets förslag till SL samt om 'SafetyStockLevelLowerLimit'>'SafetyStockLevelCalculated'.

Tabell 11 - Dataextrakt IP för enskild komponent

Sku	Location	Article Type	Date	SS_AVAIL_QTY
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201904	123
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201905	145
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201906	239
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201907	309
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201908	318
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201909	316
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201910	251
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201911	225
1	NDC-13	0-SPAREPARTS	201912	182

I lista nedan redogörs planeringssystemets logik för dimensionering av SL:

- Planeringssystemet föreslår dimensionering enligt 'SafetyStockLevelLowerLimit' om 'SafetyStockLevelLowerLimit'>'SafetyStockLevelCalculated'.
- Planeringssystemet föreslår dimensionering enligt 'SafetyStockLevelUpperLimit' om 'SafetyStockLevelUpperLimit'<'SafetyStockLevelCalculated'.
- Planeringssystemet föreslår dimensionering enligt 'SafetyStockLevelCalculated' om 'SafetyStockLevelLowerLimit'<'SafetyStockLevelCalculated'<'SafetyStockLevelUpper Limit'.

Presenterade beslutregler råder under förutsättning att min- och maxnivå, beträffande täcktid, har definierats och är operativt. Rörande sortiment skärutrustning nyttjas min- och maxnivå för majoritet av artiklar. Gränsvärde 'SafetyStockLevelLowerLimit' har identifierats i övervägande del utgöra planeringssystemet förslag till dimensionering.

5 Analys

Kapitlet är indelat i tre huvudsakliga underkapitel vilka motsvarar studiens tre frågeställningar, underkapitel syftar till att besvara och analysera frågor utifrån insamlade empiriska data likväl teoretiskt ramverk. Kapitlet följer en tydlig kronologi där respektive frågeställning underbygger nästkommande.

5.1 Frågeställning 1

För att åskådliggöra optimeringsmöjligheter krävs en grundläggande översyn kring påverkande parametrar vid beräkning av SL, därmed påbörjas analysens första delkapitel med besvarandet av frågeställning [1].

[1] Vilka parametrar behöver tas hänsyn till vid beräkning av säkerhetslager?

5.1.1 Dimensionering av säkerhetslager

Dimensionering av SL inom fallföretaget grundas främst i fyra centrala parametrar, vilka är ledtid, prognos, prognosfel och klassificering enligt ABC-hybrid. Fallföretagets planeringssystem är programmerat att ta hänsyn till dessa parametrar, dock förekommer manuella undantag vilka överskriver den statistiska beräkningen. Jonsson och Mattsson (2008) framhåller att matematiskt framtagen materialplanering anses överlägsen kontra erfarenhetsmässiga beslut. I fallet materialplanering av ingående komponenter, svärd och kedja, nyttjas systemets funktionalitet och potential i varierande grad. SL-beräkning sker baserat på statistiskt underlag med avancerade metoder, dock används beslutsregler i form av definierat intervall i antal dagar täcktid vilket åsidosätter systemets kalkyl för ett stort antal komponenter. Litteratur inom ämnesområdet SL framhäver flertalet parametrar som bör beaktas vid dimensionering av SL, parameter Z förekommer frekvent, i såväl grundläggande som avancerade beräkningsmetoder (Korponai et al., 2017; Lumsden, 2012; Saad et al., 2017; Schmidt et al., 2012). Fallföretaget nyttjar ABC-hybrid som determinant för SN vilket resulterar i en motsvarande parameter Z i beräkning. ABC-klassificering nyttjas fördelaktigt inom organisationer i syfte att effektivisera hantering av artiklar (Teunter et al., 2010). Vidare kan klassificering användas för riskhantering gällande avvägning, lagervärde kontra SN (Iqbal et al., 2017). Som tidigare nämnt, härstammar en komponents parametrar från dess föräldraartikel och appliceras vid statistisk beräkning. Valet av struktur innebär ett komplext nätverk av nedärvda egenskaper, en given färdigprodukt kan inneha flertalet parametrar vilka varierar beroende av lagerpunkt. Parametrar aggregeras uppströms inom försörjningskedjan och avspeglas i ingående komponenter.

Parameter LT har identifierats, genom såväl litteraturstudie som empiriska data, vara starkt influerande vid dimensionering av SL (Korponai et al., 2017; Lumsden, 2012; Saad et al., 2017; Schmidt et al., 2012). Fallföretagets planeringssystem tar stor hänsyn till definierat värde vid kalkyl och visualisering av materialflöde vilket understödjer planerare vid krav på beslut. Vidare betraktas parametrar där stokastisk variation motverkas som vitala, variation kan uppträda i form av LT, efterfrågan och prognos.

Tillförlitlighet i prognostisering av efterfrågan kan anses vara kritisk för fallföretaget, prognostiserings implikationer på SL och diskrepansen mellan prognos och lagerstyrning kan ses som problematisk (Prak & Teunter, 2019; Trapero et al., 2019). Fallföretaget erhåller prognostiserat behov från flertalet lagerpunkter och externa kunder, behovet konsolideras av supply planners vilket förmedlas vidare uppströms inom försörjningskedjan till bland andra produktionsplanerare. Jonsson och Mattson (2016b) redogör för riktlinjer vilka bör efterföljas för att säkerställa högpresterande materialplanering, bland andra att utvärdera osäkerhet och variation i efterfrågan och försök minimera effekten samt utöka förståelse för involverade aktörer inom materialplanering.

En tydlig diskrepans som identifierats, uppstår mellan avdelning supply och materialplanering vid tidigareläggning av packorder. Diskrepansen inträffar under bristsituation av given komponent vilket innebär risk för stillestånd i kittningsprocess, därav efterfrågar fabrik en ökning av packorder för vilka motorkropp existerar. Ökningen medför en kannibalisering av tillgängligt SL i förtid, vilket resulterar i lägre tolerans mot variation. Fenomenet kan liknas vid hur Lee et al. (1997) resonerar kring uppkomst av bullwhip-effekt. Genom att förändra behovsbilden i närtid förmedlas en oregelbundenhet i efterfrågan mot leverantör vilket kan bidra till en bullwhip-effekt.

Fallföretagets planeringssystem kan liknas vid ett periodbeställningssystem med särskild modifikation, orderläggning sker med varians i givet inspektionsintervall likväl kan orderläggning förflyttas av olika orsaker inom planeringshorisont. Fördelaktigt nyttjas periodbeställningssystem vid stokastisk variation i efterfrågan (Korponai et al., 2017), order utöver prognos från externa kunder i kombination med eventuella prognosfel leder till stokastisk variation inom försörjningskedjan. Fastställd kvantitet vid orderläggning influerar planeringssystemets förslag till SL, därav anses fallföretagets orderkvantitet som en parameter att beakta. Planeringssystemet genererar orderförslag när lagernivå förväntas understiga SL-nivå med hänsyn till produktions- och transportledtid. Systemets logik hindras i och med tidigare identifierad diskrepans, dessa situationer kräver därav manuell hantering av materialplanering vilket är en nödvändig åtgärd dock tidskrävande.

5.2 Frågeställning 2

För att åskådliggöra optimeringsmöjligheter inom SL i tillverkande företag krävs en granskning och värdering av aktuellt läge för att därefter kunna synliggöra önskat framtida läge. Därav fortlöper analyskapitlet med besvarandet av studiens frågeställning [2].

[2] Vilka möjligheter för lager- och säkerhetslageroptimering kan identifieras inom ett tillverkningsföretag, för inköpta komponenter?

5.2.1 Alternativa lösningar vid dimensionering av säkerhetslager

Fallföretagets val att dimensionera SL för ingående komponenter, svärd och kedja, enligt definierad täcktid anses utnyttja planeringssystemets potential bristfälligt. I nuläget appliceras beräkningsmetod på majoriteten av komponenter inom skärutrustning, fastställd min- och maxnivå överstiger stort planeringssystemets beräknade nivå och därmed åsidosätts statistisk kalkyl. Vid implementering av planeringssystem Logility, i sammanhanget nyligen, togs beslut att sortiment skärutrustning skall dimensioneras enligt fastställd täcktid på grund av dess betydelse för färdigprodukt. SL-nivå för given komponent baseras endast på vilken leverantör som producerar komponenten, oberoende av historiska data, fluktuation och LT. Fallföretaget har inte sedan implementering genomfört revidering av parametrar för skärutrustning, vilket innebär att fastställda minimumnivåer alltjämt är 21 respektive 70 dagar, för leverantör A och B respektive C. Nyttjandet av täcktid som determinant för SL är lättarbetat, föga underhåll krävs i systemet då lagernivåer genereras automatiskt.

Förekomsten av dimensionering för SL sträcker sig från grundläggande till extremt komplexa, under givna förutsättningar kan likväl grundläggande beräkning minska lagernivåer och parallellt upprätthålla önskad SN. Schmidt et al. (2012) påvisade, genom simulering, beskrivet resultat. Vidare framhålls betydelsen av att identifiera förutsättning gällande stokastisk variation, i såväl LT som efterfrågan, för att möjliggöra applicering av ändamålsenlig beräkningsmetod.

Redovisad dimensionering enligt formel 1, vilken betraktas som standard vid beräkning av SL motstår viss grad av fluktuation i efterfrågan, dock erhålls otillräcklig SN vid variation i LT (Schmidt et al., 2012). Beräkningsmetoden åstadkommer SN >94% under givna förutsättningar, därav appliceras metoden fördelaktigt på mindre kritiska artiklar var leveransprecision anses hög. Leverantör A fyller kriterier genom god leveransprecision i kombination med förhållandevis kort LT. Existerar såvida mindre kritiska artiklar, med ursprungsleverantör A, finns möjlighet till applicering av beräkningsmetod. Formel 2 innehar liknade egenskaper men tar även hänsyn till LT, större variation i LT vållar dock problematik vid försök att uppnå önskad SN (Lumsden, 2012; Schmidt et al., 2012). Baserat på givna förutsättningar kan beräkningsmetoden anses lämplig under förhållande likt formel 1 där emellertid LT bedöms tämligen avgörande. Under rådande tillstånd kan inte lämplig leverantör identifieras, minskad variation i LT beträffande leverantör B hade möjliggjort applicering.

Dimensionering enligt formel 3 påtalas ineffektivt motverka större fluktuation i efterfrågan, dock motstås hög variation i LT då önskvärt resultat inbegriper SN 96–99% (Schmidt et al., 2012). Givna förutsättningar speglar nuvarande situation vad gäller leverantör B, efterfrågan ses som stabil men på grund av bristsituation varierar LT i stor utsträckning. Potential för applicering anses därav föreligga vilket kan understödja SL-nivå för specifikt utvalda komponenter. Prognostisering av behov utgör huvudsakligt underlag varför hänsyn till prognosfel anses adekvat. Givna förutsättningar beskriver likväl leverantör C där efterfrågan förefaller varaktig och endast mindre variation i LT förekommer, appliceringsmöjligheter existerar. Dimensionering enligt formel 4 innehar ett unikt förfarande i jämförelse med tidigare nämnda formler, hänsyn tas till standardavvikelse i såväl LT som efterfrågan (Saad et al., 2017). Schmidt et al. (2012) påvisar att dimensioneringsmetoden motstår hög variation i LT och större fluktuation i efterfrågan, under givna förutsättningar erhålls 96–99% SN. Fördelaktigt nyttjas dimensionering enligt formel 4 på artiklar vars betydelse är kritisk, såsom komponenter till färdigprodukter vilka genererar större omsättning kontra jämlikar. Därav förmår dimensioneringsmetoden att appliceras på leverantör A, B och C för typen kritisk komponent.

Empiriska data påtalar kontinuerliga störningar vad gäller leveransprecision från leverantör B, vilket medför instabilitet inom försörjningskedjan samt försvagad tillförlitlighet rörande leverantörens kapacitet. Osäkerhet i parameter LT, likt leverantör B, kan orsaka betydande stegring i SL (Snyder et al., 2004). Korponai et al. (2017) anför två tillvägagångssätt att hantera stokastisk variation i LT, (1) striktare kvalificering av leverantör och (2) ökning av befintlig SL-nivå. I fallet leverantör B betraktas presenterat tillvägagångssätt inte effektivt motverka problematiken, situationen bedöms kräva en riskreducering i form av kapacitetsspridning. Det vill säga, avhjälpa bristsituation, vid leverantör B, genom att förflytta anskaffning av utvalda komponenter till mer pålitlig källa.

5.2.2 Partiformning

Fallföretagets partiformningsmetod baseras på två huvudfaktorer och ett uppfyllnadskrav, vilka är orderpolicy och ordermultipel i kombination med att angiven minimumnivå för SL tillgodoses. Baserat på empiriska data åsidosätts orderpolicy av minimumnivå när uppfyllnadskravet inte tillgodoses, samt av ordermultipel om orderpolicy≠ordermultipel i antal. Implikationen av systemets logik medför att orderpolicy i praktik inte nyttjas, orderpolicy agerar endast riktlinje till antalet ordermultiplar. Fördel med användning av ordermultipel som krav resulterar i att fyllnadsgrad maximeras och transportkostnad per komponent minimeras.

Det existerar flertalet partiformningsmetoder vilka kan anses lämpliga för minimering av total kostnad, vilka är ordersär-, lagerförnings- och lagerhållningskostnad. Följande partiformningsmetoder har identifierats relevanta att överväga vid eventuell revidering av nuvarande partiformning.

- Ekonomisk Orderkvantitet
- Lot-for-lot
- Least Unit Cost
- Least Period Cost
- Wagner-Whitins partiformningsmetod

Partiformningsmetod EOK nyttjas fördelaktigt under längre planeringshorisont i samband med konstant och förutbestämd behovsbild (Silver et al., 2017). Metoden lämpas därmed till komponenter vars åtgång kategoriseras låg och målsättning minimering av total kostnad. Partiformningsmetoden LFL innefattar orderläggning av artiklar vilket motsvarar förväntad efterfrågan inom specifik tidsperiod, dess fördel grundas i nästintill obefintlig lagerförningskostnad (Silver et al., 2017). Metoden anses lämplig då bristsituation inträffar, likt rådande tillstånd gällande leverantör B kan LFL resultera i högre leveransfrekvens innefattande mindre kvantiteter. Empiriska data påtalar införandet av så kallad slingbil vilket skall agera temporär lösning för bristfällig leveransprecision, förfarandet kan liknas vid partiformning enligt LFL. Metoden kan likväl nyttjas under utfasning av komponent i avsikt att minimera risk för inkurans. Wagner-Whitins partiformningsmetod syftar till att minimera total kostnad över definierad planeringshorisont, metoden fastställer likväl optimalt ordertillfälle ur ekonomisk synvinkel (Wagner & Whitin, 2004). Partiformningsmetoden bedöms lämplig då hög efterfrågan och frekvent orderläggning förekommer, antas hög ordersärkostnad kan frekvent orderläggning orsaka kraftigt tilltagande total kostnad. Appliceringsmöjligheter av metod återfinns, leverantör C anses uppfylla kriterier då orderkvantiteter är höga och LT är, i sammanhanget, lång. Därav, bör fullständig planeringshorisont beaktas och åtgärder vidtas för att möjliggöra effektivisering inom anskaffning.

Partiformningsmetoder LUC och LPC eftersträvar att minimera kostnader baserat på styck respektive period och tar hänsyn till såväl ordersär- som lagerförningskostnad (Silver et al., 2017). Det som särskiljer LUC och LPC gentemot Wagner-Whitins metod är att endast ett fåtal perioder tas i beaktning vilket leder till bristande helhetssyn för total planeringshorisont.

Samtliga analyserade partiformningsmetoder anses inneha en betydande nackdel vad gäller hänsyn till transportkostnad. Då stor del av komponenter försörjs från interna leverantörer bör hänsyn tas till ordermultipel och fyllnadsgrad för att minimera kostnad per komponent, under transport. Hänsyn till fyllnadsgrad kan likväl vara fördelaktigt vid anskaffning av komponenter från extern leverantör, beaktande kan understödja förhandlingsutrymme i relation till totalt inköpspris. Maximering av fyllnadsgrad anses gynnsamt ur miljösynpunkt då klimatpåverkan per artikel minskar.

5.2.3 Prognostisering och bullwhip-effekt

Det existerar ett starkt samband mellan prognostisering och SL-nivå, SL är i hög grad influerat av prognosens kvalitet; förekomst av prognosfel och bristande pålitlighet resulterar i många fall i högt SL (Trapero et al., 2019), vilket indirekt påverkar ekonomiska likväl praktiska aspekter. Snyder et al. (2004) framhåller att lagerstyrning kan effektiviseras genom att integrera identifierad trend och säsongsvariation i planering. Stokastisk variation i efterfrågan kan motverkas genom två val av strategier, (1) öka tillförlitlighet i prognos och (2) ökning av befintlig SL-nivå (Korponai et al., 2017). Vad gäller diskrepanser i prognos gynnas inte fallföretaget av nämnda förslag, (1) innefattar träffsäkerhet i prognos kontra verkligt utfall och kommer därför inte dämpa avvikelser vilka orsakas av fallföretagets tidigareläggning av packorder. Förslag (2) riskerar underbygga felaktig process och därav inte förebygga diskrepansens fortkomst. Däremot kan prognosens tillförlitlighet, nedströms, förbättras om hänsyn till bullwhip-effektens implikationer analyseras. Empiriska data påvisar avsaknad av transparens i behov från somliga aktörer nedströms inom försörjningskedjan, vilket kategoriseras som en bidragande faktor till bullwhip-effektens uppkomst (Lee et al., 1997). Föreslagen åtgärd består av ökad insyn i nedströms aktiviteter, vilket kan resultera i reducerad bullwhip-effekt och därmed ökad tillförlitlighet till prognos. Bristsituation av komponent vilken uppstår vid osäker tillgång från exempelvis leverantör B riskerar leda till försenad leverans av färdigprodukt, problematiken kan medföra ökad risk för Bullwhip-effekt (Lee et al., 1997). Vidare framhåller Lee et al. (1997) att köpvillighet generellt ökar vid brist, därmed bör allokering utföras i enlighet med historisk försäljning för att aktivt motverka fenomenets uppkomst.

5.3 Frågeställning 3

För att verifiera utfallet av identifierade optimeringsmöjligheter, inom dimensionering av SL, behöver strategier beprövas. Därmed avslutas analyskapitlet med studiens frågeställning [3].

[3] Hur påverkar säkerhetslager risk- och servicenivån vid simulering av identifierade optimeringsmöjligheter?

5.3.1 Simulering av beräkningsmetoder

Besvarandet av frågeställning [1] och [2] bidrog till identifiering av optimeringsmöjligheter inom SL. Det regelverk för dimensionering av SL vilket appliceras i modul IO och efter godkännande överförs till modul IP har påvisat god potential för optimering. Baserat på genomgång av empiriska data påträffades ett tydligt mönster, vilket är att 'SafetyStockLevelLowerLimit' praktiskt taget ständigt åsidosätter planeringssystemets statistiska beräkning 'SafetyStockLevelCalculated'. För att åskådliggöra utfall valt regelverk genererar, genomfördes en simulering med varierande SN med syfte att belysa verkligt utfall och dess möjliga implikationer. Simulering innefattade fyra grundläggande dimensioneringsmetoder för SL. Schmidt et al. (2012) påvisade genom simulering att likväl grundläggande dimensioneringsmetoder kan generera önskvärd SN. Därmed nyttjades formel 1, 2, 3 och 4, vilka redogörs nedan.

$$(1)\ SL = Z\ x\ \sigma_D$$
$$(2)\ SL = Z\ x\ \sigma_D\ x\ \sqrt{LT}$$
$$(3)\ SL = Z\ x\ \sigma_F\ x\ \sqrt{LT}$$
$$(4)\ SL = Z\ x\ \sqrt{\sigma_D^2\ x\ LT + \sigma_{LT}^2\ x\ D^2}$$

Fyra komponenter valdes för simulering, samtliga ursprungsleverantör C, för enskild komponent varierar parameter LT, efterfrågan och σ_D. Valda komponenter nyttjas i kittningsprocess till approximativt 15 unika modeller, 60 varianter. Leverantör C ansågs, som tidigare nämnt, inneha god leveransprecision, med LT-fluktuation på maximalt 1–2 veckor i undantagsfall. I kombination med fastställd minimumnivå 70 dagar täcktid och generellt stabila förhållanden bedömdes leverantör C utgöra lämplig kandidat för simulering. Leverantör A exkluderades med anledning av dess produktportfölj, där svärd inte produceras. Leverantör B exkluderades med anledning av dess produktportfölj, där kedja inte produceras, i kombination med nuvarande kapacitetsproblematik.

Simulering av identifierade optimeringsmöjligheter återfinns i tabell 12, tabell 13, tabell 14 och tabell 15, vars huvudsakliga fokus innefattade risk- och SN. Underlag för simulering återfinns i bilaga 8. Simulering avsåg belysa eventuella differenser mellan verkligt utfall från modul IP och beräknat värde, därav identifiera motsvarande SN. Planeringssystemet saknar stöd att illusterara faktisk SN på komponentnivå, därmed togs beslut i samråd med fallföretag att endast utforska och analysera ett definierat intervall gällande SN. Definierat intervall inleds vid 80% och ökar stegvis med fem procentenheter till 95%, därefter minskar avstånd med hänsyn till exponentiell lagerökning. Nyttjad strategi förekom i liknande simulering utförd av Trapero et al (2019).

Tabell 12 - Simulering kedja 1

Kedja 1	**Servicenivå**								**IP**
	80,00%	85,00%	90,00%	95,00%	97,00%	98,00%	99,00%	99,99%	
Formel 1	75	93	114	147	168	183	208	358	421
Formel 2	136	168	207	267	304	331	376	646	
Formel 3	70	87	107	138	157	171	195	334	
Formel 4	139	172	212	274	312	340	386	663	

Tabell 13 - Simulering kedja 2

Kedja 2	**Servicenivå**								**IP**
	80,00%	85,00%	90,00%	95,00%	97,00%	98,00%	99,00%	99,99%	
Formel 1	345	427	526	678	772	842	957	1643	5645
Formel 2	373	461	568	732	834	910	1034	1775	
Formel 3	562	696	857	1104	1258	1372	1559	2677	
Formel 4	985	1219	1501	1934	2204	2403	2732	4690	

Tabell 14 - Simulering svärd 1

Svärd 1	**Servicenivå**								**IP**
	80,00%	85,00%	90,00%	95,00%	97,00%	98,00%	99,00%	99,99%	
Formel 1	49	61	75	96	110	119	136	233	737
Formel 2	53	65	81	104	118	129	147	252	
Formel 3	57	71	88	113	129	140	159	274	
Formel 4	69	86	106	136	155	169	192	330	

Tabell 15 - Simulering svärd 2

Svärd 2	**Servicenivå**								**IP**
	80,00%	85,00%	90,00%	95,00%	97,00%	98,00%	99,00%	99,99%	
Formel 1	75	93	114	147	168	183	208	358	383
Formel 2	131	162	199	257	293	319	363	623	
Formel 3	68	84	103	133	151	165	188	322	
Formel 4	134	167	205	264	301	328	373	640	

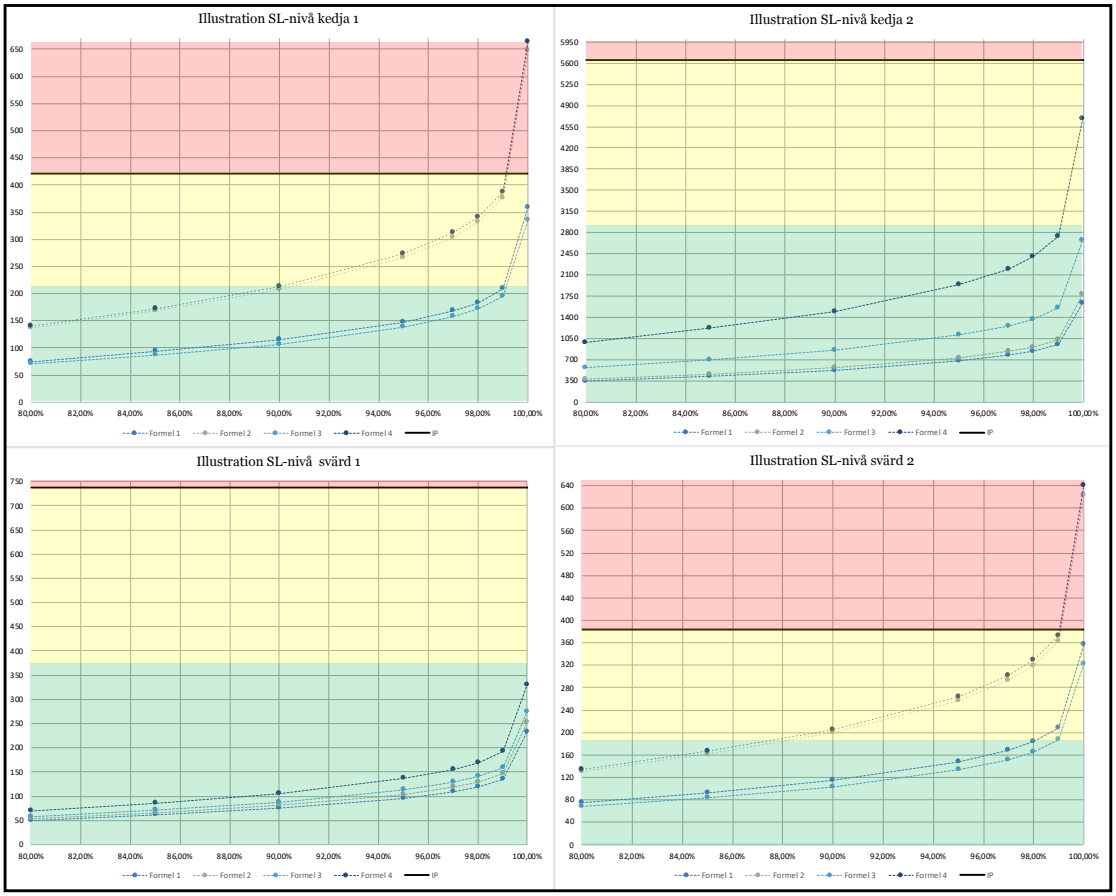
Respektive tabell, vilket illustrerar simuleringens resultat, har färgkodats enligt följande regler: grön cell indikerar SL-nivå 50% eller mindre i jämförelse med verkligt utfall IP, gul cell indikerar SL-nivå större än 50% och mindre än verkligt utfall IP, röd cell indikerar SL-nivå större än verkligt utfall IP. Celler markerade grönt eller gult, vilka utgör majoritet, anses belysa optimeringsmöjligheter av SL. Generellt kan en tydlig differens urskiljas mellan verkligt utfall IP och beräknat värde för respektive nyttjad formel och SN, vilket kan tyda på hög SL-nivå för valda komponenter. Upprätthållande av hög SN kan medföra ekonomiska konsekvenser i form av ökad kostnad bland andra lagerhållning och kapitalbindning (Axsäter, 2015). Klosterhalfen och Minner (2010) påvisade genom simulering att lägre intern SN resulterar i lägre total kostnad inom försörjningskedjan.

Formel 1 uppfyller 99,99% SN för samtliga simulerade komponenter med hänsyn till verkligt utfall IP, emellertid tas ingen beaktning till parameter LT vilket utgör en väsentlig nackdel med beräkningen då LT i sammanhanget kategoriseras lång. Implikationen påvisas vid jämförelse mellan formel 1 och 2, där beräkning enligt formel 2 erhöll ett betydligt högre värde. Formel 2 åstadkom för samtliga simuleringar minst 99% SN vid jämförelse mot verkligt utfall IP. Vid simulering av formel 2 utgjorde fyra av fyra komponenter minst SN 90–95%, med hälften av befintligt SL. Baserat på genomförd beräkning krävs i snitt 40% av verkligt utfall IP för att erhålla given SN. Nyttjandet av formel 2 indikerar likväl att SN 99% kan uppnås med lägre lagernivå kontra verkligt utfall IP.

Beräkning enligt formel 3 påvisade lägre SL-nivå i jämförelse med övriga dimensioneringsmetoder och verkligt utfall IP, flertalet beräkningar rekommenderar SL-nivå≤50% av systemets fastställda SL. Planeringssystemet saknar funktionalitet att illustrera parameter σ_F för enskild komponent, därav verkställdes simulering av faktisk efterfrågan med hänsyn till eventuell fluktuation. Fallföretagets tillit till prognostisering är stor, dock inkluderas inte given komponents förbrukning i uppföljning av prognos vilket kan anses vara en bidragande faktor till hög SL-nivå.

Beräkning enligt formel 4 resulterade i högre rekommenderad SL-nivå gentemot övriga dimensioneringsmetoder, beaktning tas till ytterligare parametrar vilket kan antas påverka utfall. Erhållet resultat efterliknar det från formel 2 vad gäller såväl SL-nivå som färgkod. Generellt påvisar given dimensioneringsmetod, formel 4, att verkligt utfall IP säkerställer hög SN, samtliga simuleringar uppnår SN 99,00% utan att överskrida IP.

Simulering av dimensioneringsmetoder i samband med extraherade data från ’Kedja 2’ och ’Svärd 1’ illustrerat i tabell 13 och tabell 14 visar på typfall då fastställt SL, dimensionerat enligt täcktid, resulterar i oproportionerlig nivå. Baserat på givet resultat från dimensionering enligt formel 4, där beaktning tas till flertalet parametrar, anses respektive verkligt utfall IP vara synnerligen överdimensionerat. SN 99,99% uppnås med god marginal och SN kan därmed anses närma sig 100%, ur ett ekonomiskt och praktiskt perspektiv bedöms företeelsen ogrundad. Med utgångspunkt i genomförd simulering kan nuvarande SL-nivå tydas motstå större fluktuation med bibehållen SN, därmed låg risknivå beträffande uppkomst av bristsituation. SL bör inte nyttjas i syfte att förebygga samtliga bristsituationer, lämpligen definieras en nivå till vilken grad organisationer avser att motstå oväntade händelser (Korponai et al., 2017). Alternativ grafisk illustration av simuleringsresultat återfinns i figur 13.



Figur 13 - Alternativ illustration av SL-nivå

6 Slutsats

Kapitlet inleds med en resultatdiskussion innefattande, från studien, fastställda slutsatser samt resonemang kring dess implikationer. Kapitlet fortskrider genom argumentation beträffande studiens bidrag, såväl teoretiskt som empiriskt, vilket inrymmer resultatets ändamålsenlighet för praktiker och akademiker. Vidare diskuteras studiens genomförande i metoddiskussion, där avvägning sker mellan alternativa förfaranden. Kapitlet avslutas med rekommendation till vidare forskning.

6.1 Resultatdiskussion

Problematik beträffande tillvägagångssätt vid kalkylering av SL, influerande parametrar i kombination med komplexa systemmiljöer, utgör en utmaning för flertalet organisationer. Identifiering av optimeringsmöjligheter inom SL och valet av givna parametrar kan starkt påverka slutgiltigt utfall och därmed organisationens välmående. Nedan följer logiskt resonemang angående studiens frågeställningar, författarna väljer att repetera syftet med avsikt att erinra läsaren om fastställd målsättning.

Identifiera enskilda parametrars inverkan och åskådliggöra optimeringsmöjligheter inom säkerhetslager på komponentnivå.

Spektrum av parametrar vilka bör beaktas vid dimensionering av SL är omfångsrikt, en enskild parameters inverkan kan variera beroende på kontext. Identifiering av givna omständigheter kan betraktas kritisk, felbedömning kan medföra oproportionerlig dimensionering av SL vilket resulterar i överskottslager kontra bristsituation.

Baserat på studiens resultat kan flertalet parametrar identifieras vara betydelsefulla vid beräkning av SL. Konsensus mellan teori och empiri råder beträffande parameter Z, LT och hänsyn till stokastisk variation. Nämnda parametrar är frekvent förekommande i forskning inom givet ämnesområde och i praktiska sammanhang inom fallföretaget. Därav betraktas givna parametrar vitala.

Nyttjandet av ABC-klassificering i korrelation till dimensionering av SL är ett icke förekommande fenomen inom studerad litteratur. Empiriska data påvisar förekomst av ABC-klassificering inom färdigprodukter, tillvägagångssättet betraktas fördelaktigt och möjliggör differentiering inom givet sortiment. Därmed kan ABC-klassificering bedömas understödja prioritering av komponent.

Komplexa systemmiljöer i vilket fallföretag planerar produktflöde, i kombination med avancerad systemlogik medför problematik. Omständigheten kräver därav stor kunskap inom givet system för att effektivt hantera och filtrera kritisk information. Empiriska data påvisar varierande kännedom vilket kan påverka slutgiltigt utfall.

Fastställd prognos och prognosisterings kvalitet influerar stort given SL-nivå, erhålls bristfällig prognos inom försörjningskedjan riskerar SL dimensioneras oproportionerligt och bullwhip-effekt uppstå. Stärkt tillförlitlighet till prognos och reducerad osäkerhet betraktas central vid optimering av SL.

Statistisk beräkning, vilken beaktar flertalet parametrar, påvisas dimensionera SL mer adekvat kontra erfarenhetsmässiga beslut. Hänsyn till endast täcktid med utgångspunkt i LT har genom simulering konstaterats resultera i överdimensionerat SL, vilket medför direkt ekonomisk och praktisk implikation. Därav betraktas studerad företeelse och likartade besitta goda möjligheter för SL-optimering.

Studiens slutsatser kan inte generaliseras i sin helhet, då enfallsdesign föreligger. Goda förutsättningar för replikering existerar vilket kan ge upphov till ökad generaliserbarhet under förutsättning att liknande resultat påträffas i ytterligare studier. Enstaka slutsatser kan dock tillämpas på organisationer vilka besitter liknande attribut; tillverkningsindustri med komplex systemmiljö och nätverksstruktur där given komponents parametrar aggregeras från nedströms noder. Organisationer vars lagerstyrning anses otillfredsställande kan fördelaktigt utvärdera och dra lärdomar från genomförd studie.

Slutsatser kring valet av parametrar vid dimensionering av SL kan tolkas tvetydigt, rådande situation är väsentlig och kommer därmed att påverka urvalet. Företeelsen påvisas genom analys av flertalet formler varav en bredd används i analysunderlag. Risk föreligger att betydande parametrar inte har beaktats med anledning av studiens positionering, vilken främst inriktats mot simplicitet i beräkningsmetod. ABC-klassificering betraktas i studien vara en indirekt parameter vid dimensionering av SL, önskad SN genereras baserat på given ABC-hybrid. Strategin, ABC-hybrid, där sammanvägning av två separata ABC-klassificeringar tillämpas har inte påträffats i studerad litteratur, dock förekommer separat klassificering frekvent. Förfarandet bedöms fördelaktigt då fler faktorer tas i beaktning, generalisering begränsas dock till verksamheter vilka nyttjar likartad kategoriseringsmetod. Beträffande komplexa systemmiljöer och dess slutsats är praktisk nytta, för andra verksamheter än studerad, kraftigt begränsad med anledning av företagsspecifik konstruktion. Slutsats gällande prognostisering och dess implikation grundas i såväl teori som empiriska data, fallföretag inkluderat i studien har stark tilltro till framtagen prognos vid beräkning av lagernivå. Därmed betraktas prognos kritisk, slutsatsen kan generaliseras till viss grad dock krävs ytterligare forskning för att höja generaliserbarhet i given slutsats. Mönsterjämförelse indikerade förekomst av bullwhip-effekt, teori och empiriska data påvisade liknande kännetecken. Simulering av statistisk SL-beräkning, vilket utgör ett av studiens fundament, kan inte generaliseras mot fullständigt sortiment eller liknande företag. Studerat urval bedöms därav otillräckligt, dock indikerar erhållet resultat att betydande optimeringsmöjligheter föreligger inom organisationen.

6.2 Teoretiskt bidrag

Ämnesområdet SL i anknytning till optimering är väl utforskat inom existerande litteratur, därav återfinns föga utrymme att generera ny kunskap inom området. Trots givna omständigheter tillför studien i viss omfattning kunskap, vilken stärker befintlig forskning. Genom sondering i existerande litteratur med avseende på val av parametrar vid dimensionering av SL, i kombination med insamlade empiriska data, påvisas ett urval parametrar av mer kritisk karaktär. Akademiker kan tolka slutsatsen likt en indikation på parametrar vilka bör tas i beaktning med hänseende till simplicitet. Genomförd studie framlägger och stärker befintlig forskning gällande prognosens inverkan på SL och påvisar likväl gapet mellan teori och praktiskt förhållningssätt vid dimensionering av SL. Empiriska data från studien underbygger nämnda företeelser. Studiens simulering genom stickprov tillhandahåller underlag vilket antyder att optimering genom statistisk beräkning antas fördelaktigt kontra erfarenhetsmässigt beslut. Slutsatsen förekommer inom studerad litteratur och kan sålunda tolkas stärkt. Studiens slutsats identifierar nyttjande av ABC-klassificering i korrelation till dimensionering av SL fördelaktigt, vilket kan bidra till ökad precision. Slutsatsen bör tolkas indikativt inom givet ämnesområde. Slutligen betraktas identifierade optimeringsmöjligheter kunna bidra med adekvat utgångspunkt för fortsatt forskning inom ämnesområdet.

6.3 Empiriskt bidrag

Med utgångspunkt i studiens fastställda slutsatser har åtgärdsförslag utformats. Dess tillämpbarhet bedöms hög inom studerat fallföretag, dock betraktas förslag och förvärvad kunskap applicerbar inom organisationer vars struktur efterliknar fallföretagets. Det är emellertid inte uteslutet att rekommendationer och kunskap kan nyttjas inom verksamhet med icke likartade attribut. Identifierade åtgärdsförslag presenteras nedan, styckevis.

Revidering SL-nivå

Behov av revidering gällande SL-nivå föreligger, dimensionering enligt minimum täcktid i antal dagar bedöms icke optimalt ur ekonomiskt perspektiv. Simulering genom stickprov påvisar oproportionerlig SL-nivå i relation till behovsbild. Föreslagen åtgärd består i utvärdering av alternativ dimensioneringsmetod för SL, i synnerhet komponenter vars SL-nivå efterliknar kedja 2 och svärd 1. Baserat på resultat av simulering konstateras hög SN, vilket medför goda optimeringsmöjligheter inom givet sortiment skärutrustning.

Differentiering av komponenter

Nuvarande systemlogik resulterar i att enskild komponents nedärvda egenskaper åsidosätts av minimum täcktid i majoriteten fall. Visuell överblick av klassificering för komponenter saknas, vilket medför att given komponents betydelse är mångtydig. Föreslagen åtgärd innefattar utvärdering av klassificeringsmodell för att underlätta planering och prioritering, vilket likväl kan underbygga implementering av riktlinjer för SN per komponent. Logisk följd blir således att SL-nivå differentieras utefter komponents betydelse.

Fortbildning inom planeringssystem

Komplex systemmiljö i kombination med avancerad systemlogik medför att hög nivå av kunskap inom givet system krävs. Bristfällig insikt förorsakar osäkerhet i planering av lager och SL, därav föreslås fortbildning inom planeringssystem för berörd personal. God förståelse kan resultera i utökad förmåga att justera påverkande faktorer, autonomt.

Uppföljning av faktiskt behov

Prognos kontra faktisk åtgång beträffande komponent till kittningsprocess har inom studien inte påträffats. Nyttjande av mätetal vilket redovisar differens bedöms fördelaktigt, mätetal kan underbygga materialplanering likväl underlätta intern kommunikation. Föreslagen åtgärd är implementering av parameter prognosfel i interna processer, vilket kan understödja dimensionering av SL.

Avdelningsöverskridande kommunikation

Identifierad diskrepans indikerar att bristande information förorsakar problematik kring materialplanering av komponenter, specifikt då bristsituation föreligger. Föreslagen åtgärd innefattar utvärdering av kommunikationskanaler mellan involverade parter för att effektivisera distribution av information och undvika suboptimering.

6.4 Metoddiskussion

Studien initierades med att verkställa en förstudie för att skapa förståelse för problemområdet och dess kontext. Konsensus erhölls mellan fallföretagets representanter och studiens författare i detta skede. Förstudien syftade till att förvärva kunskap specifik för fallet där litteraturstudie saknar underlag, samt att i kombination bidra till en synergieffekt mellan teori och praktik. Initial litteraturstudie avsåg att identifiera en kunskapslucka i befintlig forskning gällande ämnesområde SL och optimering i anknytning. Studiens teoretiska ramverk konstruerades med avsikt att rendera ett analysunderlag bestående av relevant forskning inom definierat område.

Studiens utformning följer typen enfallsdesign innehållandes en analysenhet, huvudsakligt fokus inriktas mot (1) MRP-systemets logik och kalkyl och (2) personal i fallföretaget vilka direkt eller indirekt inverkar på utfallet gällande SL. Yin (2007) förespråkar forskningsdesign fallstudie i situationer där djupare förståelse för givet fenomen eftersträvas. Den mindre avgränsade grupp vilken undersökts i studien innefattade materialplanering och influerande aktörer, där SL och optimering utgjorde huvudsaklig inriktning. Alternativt förfarande till enfallsdesign kunde inbegripit flerfallsdesign vilket inneburit mer övertygande resultat samt bidragit till ökad generaliserbarhet (Yin, 2007). Valet enfallsdesign bedömdes gynnsamt för studien eftersom djupare förståelse erhölls vilket möjliggjorde besvarande av syfte. Studien i sin helhet har präglats av kontinuerlig dokumentering för att möjliggöra replikering.

Litteraturstudien syftade till att identifiera och belysa befintlig kunskap inom ämnesområdet SL och optimering, från teori, modeller och genomförda undersökningar. En gedigen litteraturstudie utfördes före datainsamling påbörjats, både med avsikt att förvärva kunskap inom givet område likväl identifiera lämplig positionering. Tillvägagångssättet är enligt Yin (2007) att föredra vid forskningsdesign fallstudie, då litteratur kan vägleda vid val av strategi och data. Riktlinjer vilka återger råd och vägledning beträffande litteraturstudie togs i beaktning under genomförande, ämnat för höjd trovärdighet. Samtlig nyttjad litteratur har indexerats och tillvägagångssätt systematiskt kartlagts för att möjliggöra replikering och därigenom höja studiens reliabilitet. Trots gedigen litteraturstudie kan inte fullständig kartläggning av givet område garanteras, filtrering nyttjades i syfte att avgränsa sökområde och erhålla för studien relevant litteratur. Därav föreligger risk att betydelsefull information försummats vilket möjligen gynnat studien.

Studiens kvantitativa data erhölls från datainsamlingsmetod dokumentstudie, vilket kategoriseras sekundärdata. Metoden ansågs besitta lämpliga egenskaper för insamling av väsentliga kvantitativa data, för att säkerställa objektivitet och möjliggöra repetitiv granskning bedömdes dokumentstudie adekvat. Studiens författare gavs möjlighet genom tillgång till planeringssystem att validera mottagna data från fallföretag, ett fåtal studerade komponenter uppvisade korrupt data varför exkludering förekom. Fenomenet kan tyda på att mindre felaktigheter förekommit och därav använts vid beräkning, studiens författare kan inte utesluta företeelsen. För att säkerställa validitet i data, och motverka nämnd företeelse, har kontinuerlig dialog förts med fallföretagets representant vilken har god inblick och förståelse för inhämtade data. Alternativt förfarande vid insamling av kvantitativa data kunde innefattat att uteslutande ackumulera data självständigt utan fallföretagets inblandning. Konsekvensen av resonemanget innefattar större risk för beaktning till felaktiga data, då kunskap inom givet planeringssystem betraktas låg.

Studiens kvalitativa data erhölls från datainsamlingsmetod intervju, vilket kategoriseras primärdata. Intervju genomfördes med huvudsakligt syfte att förvärva djupare förståelse för materialplanering och dess inverkande delprocesser. Därtill ansågs intervju och dokumentstudie underbygga möjlighet till triangulering av data. Intervjuer konstruerades och utfördes enligt semi-strukturerad design vilket gav upphov till oplanerade följdfrågor där betydelsefull information framkom. Samtliga respondenter gav medgivande till inspelning av samtal vilket renderade möjlighet till repetitiv granskning. Därtill kunde fullständig uppmärksamhet ägnas till samtal. Alternativt förfarande vid insamling av kvalitativa likväl kvantitativa data kunde innefattat användning av datainsamlingsmetod enkät, enkät med fasta svarsalternativ hade möjliggjort statistisk analys. Insamlingsmetod övervägdes, dock uteslöts metoden med anledning av områdets komplexitet, där följdfrågor ansågs kritiska. Intervju och enkät hade möjligen kunnat kombineras för att erhålla ett bredare underlag till analys.

Studiens genomförda simulering utgjorde endast ett stickprov av sortiment skärutrustning, därav kan givet stickprov inte med säkerhet generaliseras till fullständigt sortiment. Simulering genomfördes i syfte att belysa eventuella brister i nuvarande dimensioneringsmetod för SL och identifiera optimeringsmöjligheter. För att ytterligare höja simulerings generaliserbarhet kunde följande åtgärder vidtagits: (1) slumpmässigt urval av stickprov, (2) utöka antalet komponenter för analys och (3) utöka analys och inkludera samtliga leverantörer.

Kombinationen av kvalitativa och kvantitativa data ansågs gynna studiens resultat, insamlade data bidrog med skilda perspektiv på studerade fenomen. Genom att komplettera och i enskilda fall bestrida varandra erhölls en unik överblick vilken resulterade i ökad förståelse för problemområdet. Tack vare motsägelsefulla data identifierades diskrepanser inom fallföretagets verksamhet vilka belystes.

6.5 Vidare forskning

Huvudsakligt fokus i studien bestod av lager- och säkerhetslageroptimering av ingående komponenter, där befintlig logik för dimensionering av SL utforskats och optimeringsmöjligheter eftersökts. Simulering och nyttjade dimensioneringsmetoder valdes med simplicitet i åtanke, vilket syftade till att belysa befintlig SN och SL-nivå.

Baserat på erhållet resultat har ett flertal områden för vidare forskning påträffats. Studie enligt enfallsdesign valdes, vilket per definition begränsar resultatets generaliserbarhet. Därav förordas ytterligare forskning vilken korresponderar med vald design med avsikt att möjliggöra generalisering. Med hänsyn till studiens omfång och avgränsning föreligger intresse att studera försörjningskedjan i sin helhet och identifiera var fokus på optimering bör ske samt huruvida synergieffekt kan uppnås. Vidare bedöms forskning inom leverantörsutvärdering i koppling till SL vara av relevans, optimeringsmöjligheter kan antas existera. Slutligen föreslås vidare forskning inom suboptimering beträffande materialflöde och dess implikation på SL.

Referenser

Albrecht, M. (2017). Optimization of safety stocks in models with an order service level objective or constraint. *European Journal of Operational Research, 263*(3), 900-909.

Axsäter, S. (2015). *Inventory Control* (3:e uppl.). New York: Springer.

Caridi, M., & Cigolini, R. (2002). Improving materials management effectiveness - A step towards agile enterprise. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 32*(7), 556-576.

Chu, C.-W., Liang, G.-S., & Liao, C.-T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering, 55*(4), 841-851.

Gebennini, E., Gamberini, R., & Manzini, R. (2009). An integrated production–distribution model for the dynamic location and allocation problem with safety stock optimization. *International Journal of Production Economics, 122*(1), 286-304.

Guide, V., & Srivastava, R. (2000). A review of techniques for buffering against uncertainty with MRP systems. *Production Planning & Control, 11*(3), 223-233.

Harrison, A., & van Hoek, R. (2008). *Logistics Management and Strategy: Competing through the supply chain* (3:e uppl.). London.

Ho, J. C., Chang, Y.-L., & Solis, A. O. (2006). Two modifications of the least cost per period heuristic for dynamic lot-sizing. *Journal of the Operational Research Society, 57*(8), 1005-1013.

Humair, S., Ruark, J. D., Tomlin, B., & Willems, S. P. (2013). Incorporating Stochastic Lead Times Into the Guaranteed Service Model of Safety Stock Optimization. *Interfaces, 43*(5), 421-434.

Husqvarna Group. (den 19 Mars 2019). *Husqvarna Group*. Hämtat från Husqvarna Group's Annual Report and Sustainability Report 2018: http://www.husqvarnagroup.com/en/node/4227 den 26 Mars 2019

Iqbal, Q., Malzahn, D., & Whitman, L. (2017). Statistical analysis of multi-criteria inventory classification models in the presence of forecast upsides. *Production & Manufacturing Research, 5*(1), 15-39.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2006). A longitudinal study of material planning applications in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management, 26*(9), 971-995.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2008). Inventory management practices and their implications on perceived planning performance. *International Journal of Production Research, 46*(7), 1787-1812.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2016a). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden* (3:e uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2016b). Advanced material planning performance: a contextual examination and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 46*(9), 836-858.

Kang, C. W., Ullah, M., & Sarkar, B. (2018). Optimum ordering policy for an imperfect single-stage manufacturing system with safety stock and planned backorder. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 95*(1-4), 109-120.

Klosterhalfen, S., & Minner, S. (2010). Safety stock optimisation in distribution systems: a comparison of two competing approaches. *International Journal of Logistics: Research and Applications, 13*(2), 99-120.

Korponai, J., Toth, A., & Illes, B. (2017). The Effect of the Safety Stock on the Occurance Probability of the Stock Shortage. *Management and Production Engineering Review, 8*(1), 69-77.

Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science, 43*(4), 546-558.

Lumsden, K. (2012). *Logistikens Grunder* (3:e uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.

Melo, M., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management – A review. *European Journal of Operational Research, 196*(2), 401-412.

Nationalencyklopedin AB. (u.d.). *Extrapolera*. Hämtat från Uppslagsverket: https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/extrapolera den 16 Mars 2019

Patel, R., & Davidson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.

Prak, D., & Teunter, R. (2019). A general method for addressing forecasting uncertainty in inventory models. *International Journal of Forecasting, 35*(1), 224-238.

Prak, D., Teunter, R., & Syntetos, A. (2017). On the calculation of safety stocks when demand is forecasted. *European Journal of Operational Research, 256*(2), 454-461.

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management - Understanding The Supply Chain*. London: Kogan Page.

Saad, S. M., Merino Perez, C. D., & Vega Alvarado, V. E. (2017). Development of a mechanism to facilitate the safety stock planning configuration in ERP. *Production & Manufacturing Research, 5*(1), 42-56.

Sahin, F., & Powell Robinson, E. (2007). Inventory Management. i J. T. Mentzer, M. B. Myers, & T. P. Stank, *Handbook of Global Supply Chain Management*. Thousand Oaks, Kalifornien: Sage Publications.

Schmidt, M., Hartmann, W., & Nyhuis, P. (2012). Simulation based comparison of safety-stock calculation methods. *CIRP Annals - Manufacturing Technology, 61*(1), 403-406.

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chains*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Simchi-Levi, D., Chen, X., & Bramel, J. (2005). *The Logic of Logistics - Theory, Algorithms, and Applications for Logistics and Supply Chain Management*. New York: Springer.

Skärvad, P.-H., & Lundahl, U. (2016). *Utredningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur AB.

Sliver, E. A., & Meal, H. C. (1973). A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. *Production and Inventory Management, 14*(2), 64-74.

Snyder, R. D., Koehler, A. B., Hyndman, R. J., & Ord, J. (2004). Exponential smoothing models: Means and variances for lead-time demand. *European Journal of Operational Research, 158*(2), 444-455.

Tang, L., Liu, G., & Liu, J. (2008). Raw material inventory solution in iron and stell industry using Lagrangian relaxation. *Journal of the Operational Research Society, 59*(1), 44-53.

Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs. *Production and Operations Management, 19*(3), 343-352.

Trapero, J. R., Cardos, M., & Kourentzes, N. (2019). Quantile forecast optimal combination to enhance safety stock estimation. *International Journal of Forecasting, 35*(1), 239-250.

Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (2004). Dynamic Version of the Ecnomic Lot Size Model. *Management Science, 50*(12), 1770-1777.

Yin, R. k. (2007). *Fallstudier: design och genomförande*. Stockholm: Liber AB.

Bilagor

Bilaga 1 Intervjufrågor Super-user Logility

Bilaga 2 Intervjufrågor Supply Planner

Bilaga 3 Intervjufrågor Material Planner

Bilaga 4 Intervjufrågor Logistic Manager

Bilaga 5 Intervjufrågor Manager Material Planner

Bilaga 6 Dataextrakt komponentparametrar kedjor

Bilaga 7 Dataextrakt komponentparametrar svärd

Bilaga 8 Dataextrakt prognostiserat behov svärd och kedja

Bilaga 1

Intervjufrågor Super-user Logility

1. Vad innebär din roll som supply planner på Husqvarna?
2. Hur många års erfarenhet har du inom området?
3. Vad innebär din roll som Super-user för inventory planning-modulen i Logility?
    a. Är det bara du som är Super-user för den modulen eller finns fler?
4. Kan du kortfattat beskriva hur SL-policys fastställs?
    a. Vad är planeringssystemets roll vad gäller policys?
5. Varför används undantag för specifika artiklar i planeringssystemet?
    a. Tror du att undantag används mer just nu kontra om ett antal år?
    b. Liknar ordinarie policys undantagen?
    c. Finns möjlighet att definiera fasta SL?
6. I hur stor utsträckning litar du på planeringssystemets förslag till SL?
7. Granskar du enskilda artiklars SL frekvent eller upptäcker du eventuella orimligheter för sent?
8. Anser du att en ”alert-funktion” bör implementeras vad gäller SL?
    a. Vad bör funktionen utgå från?
9. Existerar specifika riktlinjer som skall tas hänsyn till vid dimensionering av SL?
10. Vilka parametrar ser du eller systemet som mest kritiska när ett SL skall fastställas?
11. Vad tar planeringssystemet hänsyn till vid beräkning av SL?
12. Vid genomgång av komponenter upptäcktes tydliga fluktuationer vad gäller SLs storlek, vad tror du att detta beror på?
13. Besitter du kunskap om logiken för beräkning av SL (inom planeringssystemet)?

Bilaga 2

Intervjufrågor Supply Planner

1. Vad innebär din roll som supply planner på Husqvarna?
2. Hur många års erfarenhet har du inom området?
3. Kan du kortfattat förklara hur behovet för motorsågar triggas?
    a. Ser du några för- och nackdelar med hur detta fungerar just nu?
4. Kan du kortfattat beskriva processen vid dimensionering av SL?
    a. Saknar du beslutsstöd vad gäller SL i planeringssystemet?
5. Varför använder du undantag för specifika artiklar i systemet?
6. I hur stor utsträckning litar du på planeringssystemets förslag till SL?
7. Granskar du enskilda artiklars SL frekvent eller upptäcker du eventuella orimligheter för sent?
    a. Förekommer undantag i listan som erhålls från systemet?
8. Existerar specifika riktlinjer som skall tas hänsyn till vid dimensionering av SL?
9. I hur stor utsträckning har du kontakt med materialplanerare?
    a. Vad består främst kommunikationen av?
10. Existerar ett SL för NDC-13?
    a. Är det ditt ansvar att dimensionera detta SL?
11. Distribueras nettobehov endast till fabrik?

Bilaga 3

Intervjufrågor Material Planner

1. Vad innebär din roll som Material Planner på Husqvarna?
    a. Vad skiljer rollerna operativ inköpare och material planner åt?
2. Hur många års erfarenhet har du inom området?
3. Sker större förändringar i behov frekvent?
4. I hur stor utsträckning har du kontakt med supply planner?
    a. Vad består främst kommunikationen av?
    b. Existerar det brister i systemet som ger upphov till manuell kommunikation?
    c. Sker denna kommunikation dagligen?
5. Vad bistår manager material planner dig med i ditt dagliga arbete?
    a. Saknar du något stöd?
6. Kan du kortfattat förklara hur behovet för svärd och kedjor triggas?
7. Vad avgör en orders storlek?
    a. Existerar en minsta orderstorlek?
8. Vilken/vilka moduler nyttjar du i planeringssystemet Logility?
    a. I vilket syfte använder du dessa?
    b. I vilket system skapar du order mot leverantör?
9. Jämfört med tidigare system, anser du att detta planeringssystem är en förbättring?
10. Hur sker prioriteringar mellan produktion och eftermarknad vad gäller inköpta komponenter?
11. Hur skulle du uppskatta leveransprecisionen för dina leverantörer?
12. Hur frekvent uppstår bristsituationer för inköpta komponenter?
13. Påverkar inköpta komponenter monteringen av motorkropp?
14. Dimensionerar du SL?
    a. Det är med andra ord systemet som dimensionerar SL?
15. I hur stor utsträckning litar du på planeringssystemets förslag till SL?
    a. Anser du att rimlighetskänsla och erfarenhet krävs?
16. I fall då SL uppfattas oproportionerligt, vilka åtgärder vidtas?
17. Använder du undantag för specifika komponenter i systemet?

Bilaga 4

Intervjufrågor Logistic Manager

1. Vad innebär din roll som Logistic Manager på Husqvarna?
2. Hur många års erfarenhet har du inom området?
3. Ingår strategiska beslut i ditt arbete som logistic manager?
    a. Är det med dig mer komplexa frågor tas upp?
    b. Kan du exemplifiera?
4. Ingår val av leverantör i ditt arbete som logistic manager?
5. Till vilken grad interagerar du med manager material planner?
6. Besvarar du frågor gällande planeringssystemet Logility?
7. Är du inblandad i taktiska och strategiska beslut gällande dimensionering av SL?
    a. Hur ser denna process ut?
8. Vad skiljer inköpta komponenter svärd och kedja från andra material?
9. Ser du några positiva aspekter med planeringssystemet Logility?

Bilaga 5

Intervjufrågor Manager Material Planner

1. Vad innebär din roll som Manager Material Planner på Husqvarna?
2. Hur många års erfarenhet har du inom området?
3. Vad bistår du material planners med i deras dagliga arbete?
4. För du kontinuerligt en övergripande dialog med andra avdelningar gällande prognostiserat behov?
5. Kan du kortfattat förklara hur behovet för svärd och kedjor triggas?
6. I hur stor utsträckning litar du på planeringssystemets förslag till SL?
7. Jämfört med tidigare system, anser du att detta planeringssystem är en förbättring?
8. Då materialplanerare för inköpta komponenter svärd och kedjor är ensam nyttjare av Logility på avdelningen, existerar det några tydliga nackdelar kopplat till detta?
9. Kan du beskriva nuläget vad gäller leverantörer av svärd och kedjor?
10. Vilka är de främsta utmaningar med leverantör B i nuläget?
11. Hur skulle du uppskatta leveransprecisionen för leverantörer av svärd och kedja?
12. Hur frekvent uppstår bristsituationer för inköpta komponenter?

Bilaga 6

Item	Typ (S=svärd, K=kedja)	ABC Hybrid	Replenishment Lead Time	Order Multiple	Min	Max	Vendor	Safety Stock Policy Exception	Safety Stock Policy	Order Quantity Exception	Order Quantity Policy
1	K	E	84	1	0	0	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
2	K	E	84	30	70	742	C		SS FCST 1 WEEK		OQ FCST 1 WEEK
3	K	E	84	150	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
4	K	E	70	1	0	0	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
5	K	E	35	960	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
6	K	E	84	960	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
7	K	E	7	800	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
8	K	E	84	400	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
9	K	E	84	1280	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
10	K	E	84	960	70	742	C		SS SL 85%		OQ FCST 1 WEEK
11	K	E	84	960	70	742	C		POLICY NOT DEFINED (SS FIXED 0)		POLICY NOT DEFINED (OQ FIXED 0)
12	K	E	84	800	70	742	C		POLICY NOT DEFINED (SS FIXED 0)		POLICY NOT DEFINED (OQ FIXED 0)
13	K	E	84	600	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
14	K	E	84	800	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
15	K	E	84	400	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
16	K	E	35	800	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
17	K	E	35	800	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
18	K	E	84	680	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
19	K	E	84	640	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
20	K	E	98	300	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
21	K	E	98	100	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
22	K	E	98	350	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
23	K	E	98	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
24	K	E	98	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
25	K	E	84	1280	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
26	K	E	84	1280	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
27	K	E	28	600	21	742	A	SS FCST 3 WEEKS	SS SL 80%	OQ FCST 1 WEEK	OQ FCST 1 WEEK
28	K	E	28	500	21	742	A	SS FCST 3 WEEKS	SS SL 80%	OQ FCST 1 WEEK	OQ FCST 1 WEEK
29	K	E	28	2000	21	742	A	SS FCST 3 WEEKS	SS SL 80%	OQ FCST 1 WEEK	OQ FCST 1 WEEK
30	K	E	28	400	21	742	A	SS FCST 3 WEEKS	SS SL 80%	OQ FCST 1 WEEK	OQ FCST 1 WEEK
31	K	E	28	1600	0	0	A		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
32	K	E	35	300	21	742	A		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
33	K	E	35	280	21	742	A		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
34	K	E	35	1040	0	0	A		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
35	K	E	35	1040	0	0	A		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
36	K	E	84	300	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
37	K	E	84	100	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
38	K	E	28	400	21	742	A		SS FCST 2 WEEKS		OQ FCST 1 WEEK
39	K	E	28	400	21	742	A		SS FCST 2 WEEKS		OQ FCST 1 WEEK
40	K	E	28	400	21	742	A		SS FCST 2 WEEKS		OQ FCST 1 WEEK

Bilaga 7

Item	Typ (S=svärd, K=kedja)	ABC Hybrid	Replenishment Lead Time	Order Multiple	Min	Max	Vendor	Safety Stock Policy Exception	Safety Stock Policy	Order Quantity Exception	Order Quantity Policy
41	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
42	S	E	91	100	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
43	S	E	91	230	70	742	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
44	S	E	91	230	70	742	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
45	S	E	91	230	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
46	S	E	91	230	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
47	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
48	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
49	S	E	91	230	70	742	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
50	S	E	91	200	70	742	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
51	S	E	77	1	0	0	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
52	S	E	91	230	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
53	S	E	91	550	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
54	S	E	91	400	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
55	S	E	35	230	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
56	S	E	35	230	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
57	S	E	35	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
58	S	E	35	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
59	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
60	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
61	S	E	91	1	0	0	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
62	S	E	112	1020	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
63	S	E	112	500	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
64	S	E	91	120	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
65	S	E	21	445	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
66	S	E	21	1	0	0	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
67	S	E	21	400	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
68	S	E	21	1	0	0	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
69	S	E	21	1	0	0	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
70	S	E	21	1	0	0	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
71	S	E	21	550	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
72	S	E	35	400	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
73	S	E	7	375	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
74	S	E	35	445	0	0	B	SS FIXED 0	SS FIXED 0		OQ FIXED 0
75	S	E	35	400	0	0	B	SS FIXED 0	SS FIXED 0		OQ FIXED 0
76	S	E	91	1	0	0	C		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
77	S	E	112	1200	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
78	S	E	112	960	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
79	S	E	35	550	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
80	S	E	35	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
81	S	E	35	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
82	S	E	35	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
83	S	E	35	375	21	742	B		SS FCST 2 WEEKS		OQ FCST 1 WEEK
84	S	E	35	1	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
85	S	E	35	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
86	S	E	35	400	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
87	S	E	35	400	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
88	S	E	35	300	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
89	S	E	49	1	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
90	S	E	49	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
91	S	E	35	400	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
92	S	E	91	400	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
93	S	E	91	1	70	742	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
94	S	E	21	550	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
95	S	E	21	445	0	0	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
96	S	E	21	1	0	0	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
97	S	E	21	550	0	0	B	SS FIXED 0	SS FIXED 0		OQ FIXED 0
98	S	E	35	1	0	0	B	SS FIXED 0	SS FIXED 0		OQ FIXED 0
99	S	E	35	400	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
100	S	E	35	300	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
101	S	E	35	400	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
102	S	E	35	1	0	0	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
103	S	E	35	300	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
104	S	E	35	600	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
105	S	E	21	375	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
106	S	E	35	550	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
107	S	E	35	445	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
108	S	E	21	200	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
109	S	E	21	375	21	742	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
110	S	E	35	1	0	0	B		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK
111	S	E	21	400	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
112	S	E	21	200	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
113	S	E	21	1	0	0	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
114	S	E	21	300	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
115	S	E	21	300	21	742	B		SS FIXED 0		OQ FIXED 0
116	S	E	91	120	0	0	C		SS SL 80%		OQ FCST 1 WEEK

Bilaga 8

Model	LT (månad)	Ordermultipel	Location Destination	Apr, 2019	May, 2019	Jun, 2019	Jul, 2019	Aug, 2019	Sep, 2019	Oct, 2019	Nov, 2019	Dec, 2019	Dependant demand std
SVÄRD 1	1,17	230	NDC-13	190	520	70	295	205	261	235	98	50	58,26
SVÄRD 2	3,03	120	NDC-13	30	90	184	219	174	168	165	162	157	89,38
KEDJA 1	3,27	300	NDC-13	30	90	184	219	174	168	165	162	157	89,38
KEDJA 2	1,17	800	NDC-13	2000	2176	3369	2760	5970	7664	6043	5616	3470	410,78