



CHALMERS

Effektivisering av råvarulager för lagerhållning av ett bredare artikelsortiment

Examensarbete för högskoleingenjörsprogrammet Maskiningenjör

Matilda Johansson Ryytty
Linn Rönkkö

Effektivisering av råvarulager för lagerhållning av ett bredare artikelsortiment

Matilda Johansson Ryytty
Linn Rönkkö

© Matilda Johansson Ryytty & Linn Rönkkö, 2014.

Technical report no E2014:052
Department of Transports and Logistics
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Chalmers Reproservice
Göteborg, Sweden

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och är utfört på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för teknikens ekonomi och organisation, för avdelningen logistik och transport. Examensarbetet är en del i Maskiningenjörsprogrammet, 180 högskolepoäng och utfördes på uppdrag av Stora Enso Packaging AB.

Vi vill tacka alla som varit involverade i examensarbetet. Speciellt vill vi tacka för det varma bemötandet vi fick på Stora Enso Packaging, och det engagemang som vi upplevt funnits för examensarbetets välgång.

Vi vill ägna ett stort tack till Daniel Hulusjö, vår handledare på Stora Enso Packaging, som stöttat oss och bidragit med värdefull information genom hela arbetet.

Vi önskar även att ägna ett stort tack till vår handledare på Chalmers Tekniska Högskola, Ola Hultkrantz, som bidragit med feedback och synpunkter på examensarbetets innehåll och upplägg.

Matilda Johansson Ryytty och Linn Rönkkö
30 Maj 2014

SAMMANFATTNING

Råvarulager är en viktig funktion i det tillverkande företaget. Det utgör en buffert för att säkerställa materialförsörjning till den tillverkande enheten. Målet är att kunna tillgodose kundens behov trots osäkerheter i materialflödet. Den fysiska platsen i råvarulagret utgör en begränsande faktor av hur många olika artiklar som kan lagerhållas och därmed användas vid tillverkningsenheten. Ett större utbud av råmaterial ökar flexibiliteten att för företaget att möta kundens behov.

Studien är utförd på Stora Enso Packagings produktionsanläggning i Skene där företaget vill kunna lagerhålla fler olika artiklar än i dagsläget för att åstadkomma en mer kostnadseffektiv produktion.

Genom analys av materialplanering och lagerlayout undersöks hur ett större antal artiklar kan lagerhållas i råvarulagret. Vidare genomförs beräkning av lagerplatsers storlek och utformning av en lagerlayout för att åstadkomma ett högt utnyttjande av det fysiska lagrets volym med en duglig hanteringseffektivitet.

Resultatet av denna studie påvisar att det är möjligt att minska lagernivåer med hjälp av en effektiviserad materialplanering och att det tillsammans med en anpassad lagerlayout kan öka möjligheten för lagerhållning av ett större antal olika artiklar. För att detta ska vara genomförbart och resultera i ett väl fungerande materialflöde krävs dock tillgång till data av god kvalitet över de osäkerheter som förekommer i materialflödet.

I slutändan kan en förbättrad lagerlayout öka ett företags möjlighet att på ett kostnadseffektivt sätt tillgodose kundens behov. Ett råvarulager som möjliggör för lagerhållning av flera olika artiklar ökar företagets möjlighet att använda sig av fler olika material i tillverkningen. Detta resulterar i ökad flexibilitet och ökade möjligheter att på mer precist sätt möta kundens behov.

Studien tar inte hänsyn till frågor av ekonomisk karaktär och berör heller inte nyinvesteringar.

SUMMARY

Inventory of raw materials holds an important role in companies within the manufacturing sector. The inventory works as a buffer that secure the supply of materials to the production unit. The aim of the inventory is to ensure that the company is able to meet the customers' demands despite fluctuations and variations in the material flow. The size of the warehouse and the layout are physical limitations for the quantity of articles that can be stored. In addition, the quantity of articles and different types of articles are limited by the material planning. As follows, these three aspects limit the quantity of different articles that can be used in the production unit. A large supply of material to the production unit increases the flexibility towards customers and their demand.

The study is carried out at Stora Enso Packagings production plant in Skene. The company desires to increase the number of different articles stored in the warehouse. This is to be able to acquire economic benefits in the production process.

The study investigates how an increased number of articles could be stored in the warehouse. This is investigated through an analysis of the material planning methods and the physical layout of the warehouse. Calculations of the sizes of the stock locations and the layout of the warehouse are carried out in order to optimize the utilization of the volume of the physical warehouse without compromising efficient material handling.

The result of this study shows that it is possible to lower the stock levels and increase the different types of articles in the warehouse by optimizing the material planning and the layout of the warehouse. A prerequisite to accomplish this and to secure a well-functioning material flow is valid data of the fluctuations and variations in the material flow.

As a conclusion, an improved layout of the warehouse enables increased cost efficiency in the way of meeting the demands of customers. Warehouses that allow storage for a large number of different articles also offer a broad spectrum of materials for the company to use in the manufacturing process. This results in increased flexibility and ability to meet the customers' needs.

The study does not consider any economic aspects or new investments.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<i>1</i>	<i>Inledning</i>	<i>11</i>
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte	12
1.3	Avgränsningar	12
1.4	Precisering av frågeställning	12
<i>2</i>	<i>Teoretisk Referensram</i>	<i>13</i>
2.1	Lager.....	13
2.1.1	Lagrets omsättningshastighet.....	13
2.1.2	First In First Out.....	13
2.1.3	Djuplagring och fristapling	14
2.1.4	Fast och flytande placering	14
2.1.5	Differentiering av artiklar	14
2.2	Materialplanering och materialplaneringsmetoder.....	15
2.2.1	Orderbunden materialförsörjning.....	16
2.2.2	Beställningspunkt.....	16
2.3	Säkerhetsmekanismer.....	17
2.3.1	Säkerhetslager	18
2.3.2	Säkerhetsplats	18
2.3.3	Säkerhetstid.....	18
2.4	Inventering	19
2.5	Partiformering	19
2.6	Vendor Managed Inventory	20
<i>3</i>	<i>Metod</i>	<i>21</i>
3.1	Litteraturstudie	21
3.2	Metod för nulägesbeskrivning och nulägesanalys	21
3.3	Metod för lösningsförslag	22
<i>4</i>	<i>Nulägesbeskrivning</i>	<i>23</i>
4.1	Företagsbeskrivning	23
4.2	Råvarulager	25
4.3	Kundorder till pappersavrop.....	27
4.3.1	Kundorder	27
4.3.2	Produktionsplanering	27
4.3.3	Materialplanering.....	29
4.4	Materialbrist	31
4.5	Inventering	31

4.6	Provrullar.....	31
5	<i>Nulägesanalys</i>	33
5.1	Analys av lagerlayout.....	33
5.2	Analys av materialplaneringsmetoder	34
5.3	Analys av arbetssätt.....	37
6	<i>Framtagning av lösningsförslag</i>	39
6.1	Materialplanering	39
6.2	Val av lagerplatstyp.....	40
6.3	Dimensionering av lagerplatser.....	40
6.3.1	Orderbunden materialförsörjning.....	42
6.3.2	Orderbunden materialförsörjning med en dags förskjutning	44
6.3.3	Undantagsfall	45
6.3.4	Beräkning av markplatser	45
6.4	Framtagning av lagerlayout.....	46
7	<i>Resultat</i>	49
7.1	Presentation av lagerlayout	49
7.2	Materialplanering	50
7.3	Arbetssätt i lager.....	50
7.4	Arbetssätt för infasning och utfasning av papperskvaliteter	50
8	<i>Diskussion</i>	51
8.1	Resultatdiskussion.....	51
8.2	Metoddiskussion.....	52
9	<i>Slutsats</i>	55
10	<i>Rekommendationer till företaget</i>	57
11	<i>Referenser</i>	59

1 INLEDNING

I detta kapitel redogörs för bakgrund och syfte med studien. Frågeställning och avgränsningar specificeras.

1.1 Bakgrund

Tillverkande företags överlevnad är beroende av att det finns en marknad för deras produkter (Skärvad & Olsson, 2011). Att kunna tillgodose marknadens efterfråga effektivt är grundläggande för ett företags framgång (Skärvad & Olsson, 2011). Kunder ställer krav på bl.a. kvalitet, korta leveranstider, ett brett produktsortiment och god leveransprecision. För att åstadkomma detta och uppnå en god konkurrenskraft krävs en fungerande tillverkningskedja anpassad efter företagets mål och förutsättningar (Jonsson & Mattsson, 2014). Detta leder till definitionen av planeringsmiljö, som är ett samlingsbegrepp för samtliga faktorer som inverkar på planering av materialflöden. Materialförsörjning är en central del i kedjan och påverkar i stor utsträckning förmågan att tillfredsställa kunder. Materialplanering och lager är således två viktiga funktioner i det tillverkande företaget.

Syftet med lager är att öka tillgängligheten av de artiklar som lagerhålls. Lagret agerar som en buffert mellan en efterfrågande enhet och en försörjande enhet (Jonsson & Mattsson, 2013b). Lagrets utformning och hanteringsresurser begränsar antal artiklar som kan lagerhållas och är följaktligen en faktor som inverkar på planeringsmiljön.

Det finns materialplaneringsmetoder som är mer eller mindre effektiva i olika planeringsmiljöer. Ineffektiv materialplanering kan innebära problem såsom stora lager eller leveransförseningar till kund på grund av materialbrist. Trots materialplaneringens viktiga roll visar en undersökning i svenska tillverkande företag år 2013 att endast 45 % av de deltagande företagen valt materialplaneringsmetod genom analys av planeringsmiljö (Jonsson & Mattsson, 2013a). Ett problem är att studier som sammankopplar materialplaneringsmetod och planeringsmiljö är mycket få (Jonsson & Mattsson, 2003), vilket försvårar valet av materialplaneringsmetod.

Stora Enso Packaging, SEPack, är en stor aktör på den svenska marknaden av wellpappförpackningar. Företaget vill stärka konkurrenskraften och förbättra produktionsekonomin genom att utöka artikelsortimentet av råmaterial, det vill säga papperskvaliteter, för att med bättre precision kunna möta kundens önskemål. Råmaterial och maskininställningar vid tillverkning avgör vilka egenskaper wellpappen får. Olika kombinationer av råmaterial kan användas för att uppnå samma egenskaper hos wellpappen. I dagsläget används ibland tyngre och dyrare papperskvaliteter än vad som är nödvändigt för att uppnå avtalade egenskaper. Önskemålet är att kunna lagerhålla fler olika papperskvaliteter för att effektivt kunna tillgodose kundernas behov.

I dagsläget är en utökning av papperskvaliteter ogenomförbart på grund av platsbegränsning i råvarulagret vid produktionsanläggningen i Skene. Rådande arbetsätt stödjer inte lagerhållning av fler papperskvaliteter. SEPack begränsas därmed i sin flexibilitet och kostnadseffektivitet. I nuläget är det inte aktuellt att investera i ett större lager men intresset finns att undersöka förbättringsområden inom materialplanering, lagerlayout samt arbetssätt i lager varför denna studie genomförs. En liknande studie har genomförts vid produktionsanläggningen i Jönköping.

1.2 Syfte

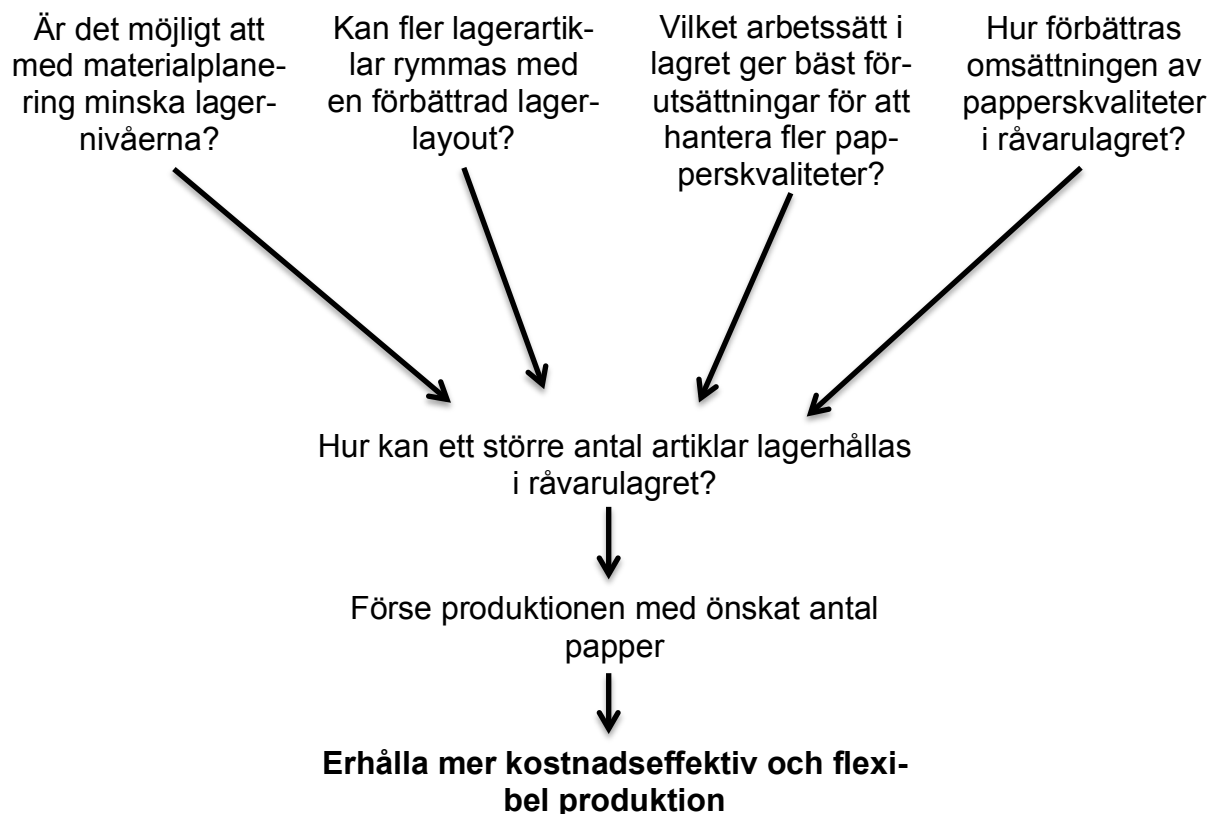
Studien genomförs med syftet att möjliggöra för lagerhållning av fler olika artiklar i ett råvarulager. Målet är att genomföra en analys av nuläget, ta fram implementerbara förbättringsförslag för materialplanering, lagerlayout samt arbetsätt i råvarulager.

1.3 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat till förbättring av arbetssätten gällande materialplanering, lagerlayout samt arbetsätt i råvarulager. Studien behandlar endast råvarulagret i Skene och berör inte nyinvesteringar eller ombyggnation av lager. Enligt företagets önskemål tar arbetet inte hänsyn till frågor av ekonomisk karaktär.

1.4 Precisering av frågeställning

Syftet med studien bryts ned i de frågeställningar som visas i Figur 1.1. Frågeställningarna behandlar lagerlayout, arbetsätt i lager och materialplanering. Frågeställningarna besvaras i rapporten med syftet att möjliggöra för användning av önskat antal lagerartiklar i wellpappproduktionen.



Figur 1.1 Bilden illustrerar syftet med studien och de frågeställningar som leder fram till ett resultat.

2 TEORETISK REFERENSRAM

I följande kapitel redogörs för syfte och grundprinciper för lager samt materialplanering. Principer för placering av lagerartiklar samt metoder för materialplanering beskrivs.

2.1 Lager

Lagrets funktion är att säkra materialförsörjning till efterkommande steg i ett materialflöde (Lumsden, 2012). Osäkerheter förekommer alltid i ett materialflöde (Lumsden, 2012). Företag lagerhåller material för att kunna säkerställa materialförsörjning till produktion och uppnå god leveransservice (Persson & Virum, 1996; Lumsden, 2012). Lager är en kostnadskälla och därför bör lagernivåer hållas låga (Persson & Virum, 1996).

För att utnyttja en lagerlokal kostnadseffektivt är målet att finna den optimala balansen mellan lagerhållningskostnader och hanteringskostnader (Jonsson & Mattsson, 2010). Enligt Lumsden (2012) kan det uppnås genom att sträva efter följande tre målsättningar:

- Hög fyllnadsgrad
- Minimera transportarbetet
- Lätt att hitta och komma åt

En hög fyllnadsgrad innebär att så stor del som möjligt av den tillgängliga volymen i det fysiska lagret används för lagerhållning av varor. Ett lager fyllt till 100 % är dock inte att eftersträva då varken plats för transportgångar eller hanteringsmöjlighet finns. När fyllnadsgraden blir för hög påverkas hanteringseffektiviteten negativt. (Lumsden, 2012)

Ett lager där det är lätt att hitta och komma åt är att eftersträva då det ger möjlighet för hög hanteringseffektivitet. Genom att minimera transportarbetet, såsom kortare transportsträckor, kan hanteringseffektiviteten ytterligare ökas. (Lumsden, 2012)

2.1.1 Lagrets omsättningshastighet

Omsättningshastighet är ett effektivitetsmått på lagrets funktion (Lambert, et al., 2001; Lumsden, 2012). Det anger hur många gånger ett lager töms ut under en tidsperiod (Lumsden, 2012). Omsättningshastighet sätter lagersaldot i relation till dess uttagsfrekvens. I ekonomiska termer uttrycks lagrets omsättningshastighet med följande formel (Lumsden, 2012):

$$\text{omsättningshastighet} = \frac{\text{värdet av utlevererade produkter}}{\text{genomsnittligt lagervärde}} \quad (1)$$

2.1.2 First In First Out

FIFO, First In First Out, är en lagringsprincip för att minska liggetiden för lagerhållet material. Det innebär att de artiklar som förbrukas är de som lagerhållits längst (Lambert, et al., 2001). Detta minskar de kostnader och problem som uppkommer med lång liggetid (Lumsden, 2012). Dessa är bland annat inkurans, kvalitetsförsämring, omarbetning, på grund av att artiklarna blir gamla eller att specifikation förändras, och att artiklarna försvinner (Lumsden, 2012). Vid tidsbegränsat marknadsvärde eller vid tidsgräns för liggetid är FIFO nödvändigt (Lumsden, 2012).

2.1.3 Djuplagring och fristapling

Det finns olika förvaringssystem i lager. De lämpar sig olika bra för olika sortiment. Nedan beskrivs djuplagring och fristapling som är aktuellt för denna studie.

Djuplagring innebär att lagra produkter på djupet i lagret vilket endast möjliggör åtkomst av den yttersta artikeln på lagerplatsen. Fristapling innebär att man staplar artiklarna direkt på varandra i höjdd. Att stapla produkter kan vara instabilt och det förutsätter att de produkter i botten klarar att bära upp tyngden av de som står staplat på dem. Djuplagring och fristapling ger en volymeffektiv lagring och lämpar sig då de lagerhållna artiklarna överstiger 20m³ per produktvariant. (Lumsden, 2012)

Djuplagring och fristapling försvårar arbete med FIFO. Hantering och omflyttningar för att alltid kunna plocka den äldsta artikeln kan vara mycket tids- och utrymmeskrävande. Ett tvålådesystem kan då vara lämpligt. Två rader kan användas till samma artikel och den rad med äldst artiklar förbrukas först och fylls sedan på med en ny inleverans. Under tiden har man börjat plocka av den andra raden som nu består av de äldsta artiklarna. Tvålådesystem förhindrar att en artikel står längst inne i en rad och aldrig omsätts. (Lumsden, 2012)

2.1.4 Fast och flytande placering

Vid utformning av lager finns två alternativ till placering av artiklar, fast eller flytande placering (Lambert, et al., 2001). Fast placering innebär att varje artikel har en förutbestämd lagerplats (Jonsson & Mattsson, 2010; Lumsden, 2012). Varje lagerplats behöver då dimensioneras för maxnivån av varje artikel vilket innebär säkerhetslager tillsammans med maximalt omsättningslager (Lumsden, 2012). Detta är utrymmeskrävande men samtidigt har man möjlighet att bestämma artiklarnas placering i lagerlokalen. Det möjliggör för placering med hänsyn till uttagsfrekvens och transportsträcka (Lumsden, 2012).

Flytande placering är mindre utrymmeskrävande och man utnyttjar lagerplatserna mer effektivt (Lambert, et al., 2001). Vid inleverans till ett lager med flytande lagerplatser placeras artiklarna där det finns ledig plats (Lumsden, 2012). Artiklarna tilldelas med fördel lagerplats med hjälp av systemstöd som optimerar distributionen (Lambert, et al., 2001).

Det går även att kombinera de två olika placeringsprinciperna (Lumsden, 2012).

2.1.5 Differentiering av artiklar

I ett lager hanterar man artiklar med olika egenskaper. Det kan vara fördelaktigt att differentiera hanteringen av artiklarna med hänsyn till dessa egenskaper. En vanlig metod för differentiering av artiklar är att genomföra en ABC-analys. Vid differentiering med ABC-analys kategoriseras artiklarna utifrån en vald parameter och hanteras på anpassat sätt. (Lumsden, 2012).

Lumsden (2012) beskriver nio principer att vägledas av vid placering av artiklar i lager. Dessa diskuterar lämplig placering utifrån, produktrotering, plockposition, familjegrupper, popularitet, likheter, storlekar, gånglängder, höjd och omstrukturering. Nedan beskrivs utvalda principer närmre.

Produktrotering

Produktrotering tar hänsyn till FIFO. Vid hantering av artiklar som kräver FIFO ska lagerlayouten helst möjliggöra för åtkomst av alla artiklar som lagerhålls på platsen. Det för att alltid den äldsta artikeln ska vara möjlig att plocka först. (Lumsden, 2012)

Plockposition och likhet

Artiklar som ofta eller alltid levereras eller/och plockas samtidigt placeras med fördel nära varandra om detta minskar hanteringen och transportsträckan. (Lumsden, 2012)

Familjegrupp och storlek

Artiklar med liknande egenskaper kan med fördel placeras i anslutning till varandra. Detta på grund av att hanteringen ofta är den samma. Till exempel är hantering av stora och otympliga artiklar krävande och kan behöva speciella hanteringsverktyg. Följaktligen kan det vara fördelaktigt att placera dessa nära utlastning eller användningsområdet för att öka hanteringseffektiviteten. (Lumsden, 2012)

Popularitet

För att minimera transportsträckor placeras artiklar med hög uttagsfrekvens närmst utlastning. Detta för att minska de totala transportsträckorna i lagret. Differentieringen kan göras med ABC-klassificering med grund i plockfrekvens. Detta lämpar sig för ett sortiment med jämn efterfrågan. Störst effekt får placering efter plockfrekvens om det finns få högfrekventa artiklar. (Lumsden, 2012)

Gånglängd

Längden på gångarna i lagret påverkar både plockeffektivitet och golvnutnyttjandet av lagret. Korta gångar ger mindre golvnutnyttjande men högre plockeffektivitet medan långa gångar ger högre golvnutnyttjande men sämre hanteringseffektivitet. Därför krävs ett avvägande för att finna den rätta balansen till lagrets utformning och syfte. (Lumsden, 2012)

2.2 Materialplanering och materialplaneringsmetoder

Materialplaneringens funktion är att säkerställa tillgång till material för att tillgodose efterfrågan (Jonsson & Mattsson, 2010). Huvudaktiviteterna med materialplanering är att beställa rätt material, i rätt tid och kvantitet (Jonsson & Mattsson, 2010). Metoderna är verktyg som stödjer materialplaneringen. Materialplaneringsmetoderna skiljer sig åt och är effektiva i olika planeringsmiljöer (Mattsson, 2010). Problem som följer vid en mindre fungerande materialplanering är för tidiga och stora order som skapar stora lager och kapitalbindning såväl som för små och sena order som kan orsaka stopp i produktion och försenade leveranser till kund (Jonsson & Mattsson, 2010).

Leveransservice är ett mått på hur väl leveranser till kund fungerar och består av fem serviceelement, vilka beskrivs av Jonsson och Mattson (2010), de är:

- Lagerservicenivå: att kunna leverera lagerhållna varor vid kundorder.
- Leveransprecision: att leverera i rätt tid.
- Leveranssäkerhet: att leverera rätt produkt i överenskommen kvantitet.
- Leveranstid: tiden från mottagen order till leverans.
- Leveransflexibilitet: att kunna möta kundens olika önskemål.

2.2.1 Orderbunden materialförsörjning

Orderbunden materialförsörjning är en materialplaneringsmetod som innebär att material till en kundorder eller tillverkningsorder beställs när behov uppkommer. Inleverans av materialet planeras in vid tillverkningsstart av ordern, ibland förekommer en förskjutning motsvarande säkerhetstid. Säkerhetstid förklaras i avsnitt 2.3.3 *Säkerhetstid*. Vid orderbunden materialförsörjning beställs exakt det material som kommer att användas och storleken på lagersaldo beror direkt av det verkliga materialbehovet. (Mattsson, 2009c)

Orderbunden materialförsörjning lämpar sig vid tillverkning som motsvarar en specifik kundorder. Problem kan uppstå om ordersärkostnad är hög för ingående material och orderkvantiteterna blir små. Oplanerade behov kan också skapa problem. Det finns ingen buffert då materialet som beordras hör till en order. (Mattsson, 2009c)

2.2.2 Beställningspunkt

Beställningspunktsmetoden bygger på att order läggs när det verkliga lagersaldot nått en viss nivå, beställningspunkten (Persson & Virum, 1996). Beställningspunkten bestäms av beräknat säkerhetslager adderat med antalet artiklar som beräknas gå åt under ledtiden, tiden då beställningspunkten nåtts tills dess att inleverans sker (Lumsden, 2012). Om en uppföljning av lagersaldot inte sker kontinuerligt kan man med hjälp av ett intervalltillägg, fånga upp förbrukningen som en periodisk inspektion ger upphov till (Lumsden, 2012). Intervalltillägget består av efterfrågan under ett halvt inspektionsintervall (Lumsden, 2012). Hur stor kvantitet man väljer att beställa kan variera men är ofta en bestämd kvantitet (Lumsden, 2012).

$$BP = E * LT + IT + SL \quad (2)$$

<i>BP</i>	= Beställningspunkt
<i>E</i>	= Efterfrågan per dag
<i>LT</i>	= Ledtiden för återanskaffning i dagar
<i>IT</i>	= Intervalltillägg
<i>SL</i>	= Säkerhetslager

(Jonsson & Mattsson, 2013b)

Beställningspunktsmetoden är lätthanterligt och har en fördel i att samma orderkvantitet beställs, samt att osäkerheten endast sträcker sig över ledtiden vilket kräver ett relativt litet säkerhetslager. Nackdelar med beställningspunktsmetoden är varierande beställningsintervall, att hänsyn till kapacitet inte tas, att metoden bygger på medelefterfrågan vilket minskar förutläggningarna för en effektiv materialplanering vid variationer i efterfrågan samt svårighet att ta hänsyn till reserverat material. (Lumsden, 2012)

I en utveckling av beställningspunktsmetoden kan orderkvantiteten bestämmas i förhållande till en konstant och förutbestämd återfyllnadsnivå. Skillnaden mellan lagersaldo och en bestämd återfyllnadsnivå vid beställningstidpunkten blir orderkvantiteten. Formel presenteras nedan.

$$OK = \text{\AA}F - \text{lagersaldot} \quad (3)$$

OK = Orderkvantitet
 $\text{\AA}F$ = Återfyllnadsnivå

(Mattsson, 2009a)

$$\text{\AA}F = E * (LT + IT) + SL \quad (4)$$

(Mattsson, 2009a)

Om jämförelse och beställning sker kontinuerligt samt att beställningspunkten sätts samma som återfyllnadsnivån liknar detta orderbunden materialförsörjning (Mattsson, 2009a). Skillnaden är att den orderbundna materialförsörjningen initierar en beställning av material direkt när behovet uppstår alltså när material reserveras för framtida användning.

Reservationshantering i beställningspunktsmetoden är möjlig genom användning av det disponibla saldot, det vill säga material i lager tillsammans med planerade inleveranser som inte är reserverat för planerade tillverkningsorder. Då görs en jämförelse mellan beställningspunkt och disponibelt saldo istället för mellan beställningspunkt och verkligt lagersaldo. När ledtid är mindre än framförhållningstiden, tiden från reservation tills då material ska användas, kan beställning göras endast med hänsyn till reservationer. Annat är då ledtiden överstiger framförhållningstiden. Inom den tid som inte omfattas av framförhållningstiden, osäkerhetstiden, kan nya reservationer tillkomma. En reducerad beställningspunkt kan då användas där reservationer tas hänsyn till inom framförhållningstiden och vid resterande tid används den ursprungliga beställningspunktsmetoden. Formeln för en reducerad beställningspunkt presenteras nedan: (Mattsson, 2009b)

$$BP = E * (LT - FT) + SL \quad (5)$$

FT = Framförhållningstid

(Mattsson, 2009b)

Formeln för en reducerad återfyllnadsnivå presenteras nedan:

$$\text{\AA}F = E * (LT - FT) + SL \quad (6)$$

2.3 Säkerhetsmekanismer

Ovan nämnda materialplaneringsmetoder bygger på modeller som förlitar sig på ett medelvärde av efterfrågan, stationära ledtider och korrekta lagersaldon. I en verklig situation avviker de faktiska värden från de man använder för att bedöma en situation. I dessa situationer riskerar modellerna att ge en icke tillfredställande materialförsörjning (Lumsden, 2012). Osäkerheter i framtida behov, osäkra lagersaldon, variationer i inleveransers kvantiteter och ledtider och kassationer leder till att man bör instifta en typ av buffert för att undvika att service-nivå till kund sjunker (Mattsson, 2009d). För att gardera sig mot materialbrist kan man använda olika typer av buffertar, säkerhetsmekanismer, som fångar upp avvikelser (Mattson, 2009g). Måttet på hur stor sannolikheten är att det finns material i lager vid ett efterfrågetill-

fälle kallas för servicenivå och anges i ett procenttal (Persson & Virum, 1996). Nedan beskrivs tre typer av säkerhetsmekanismer; säkerhetslager, säkerhetsplats och säkerhetstid.

2.3.1 Säkerhetslager

Vid beräkning av storlek för säkerhetslager kan variation i efterfrågan under ledtid, variation i ledtid samt variation i lagersaldo anses vara normalfördelade. Variation i efterfrågan under ledtid är en osäkerhetskälla endast i de fall där materialbehovet inte är kundorderstyrt och där ledtiden är längre än planeringshorisonten. I andra fall förekommer variation men är inte en osäkerhetskälla då efterfrågan är känd. Till vilken grad säkerhetslagret täcker upp variationer ges av säkerhetsfaktorn, Z . Utan säkerhetslager blir servicenivån 50 % vilket består av den positiva variationen som inte ger upphov till materialbrist. Formel för säkerhetslager visas nedan. (Lumsden, 2012)

$$SL = Z \sqrt{LT * \sigma_D^2 + (\sigma_{LT} * D)^2 + \sigma_{Reg}^2} \quad (7)$$

Z	= Säkerhetsfaktorn
LT	= Ledtid
σ_D	= Efterfrågans spridning under en tidsenhet
σ_{LT}	= Spridning i ledtid
D	= Medelvärde i efterfrågan per tidsenhet
σ_{Reg}	= Spridning i verkligt lagersaldo i relation till det redovisade i affärssystemet

(Lumsden, 2012)

Formel visar att avvikelser i efterfrågan under ledtid ökar med ledtidens längd vilket ger ett större säkerhetslager. Korta ledtider är därför något att eftersträva liksom god leveransprecision från leverantör och uppdaterade lagersaldon. Variation i efterfrågan kan även minimeras genom god kommunikation med kunder om deras behov. (Lumsden, 2012)

2.3.2 Säkerhetsplats

Medan de negativa avvikelserna ger upphov till materialbrist ger de positiva avvikelserna ett större lagersaldo än förväntat. Då krävs istället en säkerhetsplats i lager för att kunna lagervålla ett högre lagersaldo (Lumsden, 2012). Detta är en fysisk plats som beräknas på samma sätt som ett säkerhetslagers storlek.

2.3.3 Säkerhetstid

Säkerhetstid innebär att inleveransen sker en tid innan materialbehovet uppstår. Tiden mellan inleveransen och behovstillfället utgör en buffert som skall ta upp variationer i ledtid. Säkerhetstid är den enda typen av buffert som är användbar vid materialplaneringsmetoden orderbunden materialförsörjning. (Mattsson, 2009d)

Två olika metoder för att bestämma säkerhetstiden och förutsättningarna för varje metod beskrivs nedan.

Uppskattad säkerhetstid

Uppskattad säkerhetstid bygger som namnet antyder på en uppskattning av hur stor säkerhetstiden bör vara för att i önskad utsträckning upprätthålla servicenivå till kund. De faktorer som bör tas störst hänsyn till vid ansättning av säkerhetstiden är förväntningar i avvikelser från leverantörer och den egna produktionen samt möjligheter till omplanering för de båda. Till detta kommer en ekonomisk aspekt för bristkostnader och artikelpriser som bör finnas med i avvägningen. Metoden används främst då grundläggande statistik om avvikelser saknas. Metoden utnyttjas även i de fall då det saknas systemstöd för uppdatering av parametrar. Säkerhetstid är svårt att noggrant bestämma för specifika servicenivåer med denna metod, eftersom den inte baseras på statistik. Det är dessutom tidskrävande och komplicerat att uppdatera uppskattningar av säkerhetstid i takt med att omgivningen förändras. Vid orderbundna materialflöden används metoden för att täcka variationer i ledtider. (Mattsson, 2009f)

Säkerhetsnivå baserat på servicenivå för leveranstidpunkter

Då ledtider och variationer i ledtider är kända är det möjligt att på ett mer verklighetsbaserat sätt bestämma säkerhetstiden. Metoden för detta benämns säkerhetsnivå baserat på servicenivå för leveranstidpunkter. Säkerhetstiden sätts så att den täcker variationer i inleveranstidpunkter i den utsträckning som önskas. Första steget är att bestämma en servicenivå, denna ger motsvarande säkerhetsfaktor baserad på normalfördelad variation. Säkerhetstiden bestäms enligt: Mattsson (2009e)

$$\begin{aligned} \text{säkerhetstid} &= \text{säkerhetsfaktor} \\ &- \text{standardavvikelse för ledtidsvariation} \end{aligned} \quad (8)$$

(Mattsson, 2009e)

De värden som ingår i denna beräkning är grundade i data, metoden genererar därför ett objektivt resultat. Då systemstöd finns är uppdateringar i stort sett automatiserade av metoden. (Mattsson, 2009e)

2.4 Inventering

Lagersaldo är viktig information för materialplanerare (Lumsden, 2012). Det är därför mycket viktigt att det inrapporterade lagersaldot stämmer överens med det verkliga (Lumsden, 2012). För att validera dessa uppgifter sker inventering med förutbestämt tidsintervall eller när inventeringsorder mottags från strategisk nivå (Lumsden, 2012). Inventeringsarbete är ofta tidskrävande och komplicerat. Nollinventering är en inventeringsmetod som minimerar arbetet, där system ger förslag när inventering ska genomföras, lämpligen då lagernivåer närmar sig noll (Ohlsson, 1989).

2.5 Partiformering

Materialflödets storlek i organisationen bör styras i enlighet med aktuell efterfrågan, igenom produktion såväl som mellan kund och leverantör, men det kan vara fördelaktigt att dela upp flödet i batcher (Lumsden, 2012). Skälen för att dela in materialflödet i batcher är av ekonomisk karaktär, t ex höga ordersärkostnader, eller av icke ekonomisk karaktär. De icke ekonomiska grunder som motiverar att materialflödet delas upp i batcher är ofta kopplade till förpackningsbegränsningar; hela enheter levereras, även om dessa är större än behovet. Detta kan ofta kopplas till leverantörers tillverkningsprocesser (Jonsson & Mattsson, 2013b).

Ekonomisk orderkvantitet

Vid orderkvantiteter som överstiger efterfrågan kommer det att skapas ett överflöde av råmaterial, detta måste lagerhållas. Kostnader kopplade till lagerhållning, lagerhållningssärkostnader, antas vara proportionella mot värdet av lagerhållna artiklarna. Ordersärkostnaderna i sin tur anses vara helt oberoende av orderkvantitet och utgörs främst av kostnader för administrativt arbete och hanteringsarbete som orderprocessen ger. Följden blir att större orderkvantiteter är önskvärt i detta avseende. En avvägning av lagerhållningssärkostnaderna och ordersärkostnaderna ger den ekonomiska orderkvantiteten alltså den mest fördelaktiga kvantiteten ur ekonomiskt perspektiv. (Jonsson & Mattsson, 2013b)

Beställning sker enligt behov

Beställning sker enligt behov om orderkvantiteten sammanfaller med behovskvantiteten. Vanligtvis används metoden i materialflöden som är kundorderstyrda. Ett system av denna typ kräver ingen lagerhållning. (Jonsson & Mattsson, 2013b)

Bedömd behovstäckningstid

Om fördelar finns med att ta hem material för att täcka behov under längre perioder kan metoden bedömd behovstäckningstid användas. Då görs en avvägning baserad på uppskattningar av förbrukning, ordersärkostnader och risk för inkurans. Grundat på intuition och erfarenheter beslutas vilken orderkvantitet som kommer att täcka behovet under en vald period. (Jonsson & Mattsson, 2013b)

2.6 Vendor Managed Inventory

VMI, Vendor Managed Inventory, är en lagerstyrningsmetod där leverantörens ansvar för utgående varor förskjutits längre fram i produktionskedjan. För VMI styrs materialflödena helt av leverantören in i kundens råvarulager. Det är alltså leverantörer som helt ansvarar för att kunden har tillgängligt material då behov uppstår. Detta system kräver klara avtal gällande ansvar och ägande mellan leverantör och kund, exempelvis gällande när fakturering skall ske. En VMI lösning möjliggör noggrant planerade materialflöden för kund. Ett väl fungerande VMI-system kräver input från kunden gällande aktuell försäljning, prisförändringar, utebliven försäljning och prognoser. (Lumsden, 2012)

3 METOD

I följande avsnitt beskrivs de metoder som använts för att utföra studien.

3.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie som omfattade lager, materialplanering och materialplaneringsmetoder, säkerhetslager, partiformering samt VMI utfördes. Litteraturstudien syftade till att erhålla en fördjupad kunskap inom dessa områden. Litteraturen som huvudsakligen studerats är läroböcker inom logistikämnet, handbok i lagerstyrning och vetenskapliga artiklar. Endast tillförlitliga och erkänd litteratur har använts.

3.2 Metod för nulägesbeskrivning och nulägesanalys

En kartläggning av nuläget och problemsituationen skapades med hjälp av intervjuer, observationer och skriftliga dokument.

Information om företaget och dess struktur erhöles genom en muntlig presentation av Supply Chain Manager tillsammans med materialutvecklingschef.

Syftet med intervjuerna var att skapa en djup förståelse för de olika funktionernas processer och identifiera grundläggande orsaker till problemsituationen. Intervjuer hölls individuellt med nyckelpersoner ur de funktioner som direkt eller indirekt påverkar problemsituationen i råvarulagret. Dessa var planerare, pappersavropare, truckförare, ansvarig för truckverksamheten samt Supply Chain Manager. Intervjuerna var halvt strukturerade med öppna frågor (Andersson, 2005). Valet av upplägg på frågorna gjordes för att skapa en personlig kontakt för fortsatt arbete, för att fullständigt kunna tömma ut information vid identifiering av problemområden och för att ge utrymme för djupare förklaringar (Andersson, 2005). Problemet med ostrukturerade intervjuer är att sammanställningen av information blir tidskrävande (Andersson, 2005) men det ansågs nödvändigt för att erhålla efterfrågad information. I största möjliga utsträckning var frågorna neutrala för att inte påverka de intervjuades svar. Samtliga intervjuer bandades för att inte gå miste om värdefull information samtidigt som samtalet och intervjun kunde fortgå. Bandningen kan ha påverkat de intervjuade personerna och risk för att känslig information undanhållits finns (Andersson, 2005).

Nulägesbeskrivningen och nulägesanalysen grundades dessutom i information från skriftliga dokument såsom en processkarta över de olika funktionernas samverkan samt observationer över funktionernas processer. Det för att kontrollera att information från intervjuer var objektiv och beskrev det verkliga förhållandet (Andersson, 2005) samt för att komplettera de olika funktionernas samverkan. En risk finns för att subjektiv information, som inte helt speglar den verkliga situationen, erhålls från intervjuer om personen ifråga vill undanhålla information (Andersson, 2005).

En referenspunkt och status för den nuvarande lagerlayouten skapades genom analys av i vilken grad den nuvarande lagerlayouten använder det fysiska lagrets kapacitet. Analysen innehöll två delanalyser: *markutnyttjande* och *fyllnadsgrad av lagerplatser*.

Analysen *markutnyttjande* utfördes med målet att förstå förhållandet mellan ytan som används till hantering och ytan som är reserverad för lagerplatser. Analysen utfördes med hjälp av ritning av det fysiska lagret som kompletterades med lagerplatser, obrukbara ytor och truckgångar. Dessa ytor definierades efter uppmätning med hjälp av lasermätare och måttband. Utnyttjande av den fysiska platsen gavs genom division av markyta reserverad till lagerplatser

genom den totala brukbara ytan i råvarulagret. Areaberäkning av den brukbara ytan och ytan reserverad för lagerplatser utfördes i Autocad.

En analys av *fyllnadsgrad av lagerplatser* utfördes för att avgöra om dimensioner på nuvarande lagerplatser är optimala. Fyllnadsgraden bestämdes genom division av medellagersaldo under år 2013 genom den fysiska lagerplatsens kapacitet. Inleverans- och förbrukningsstatistik användes för att bestämma lagersaldo för varje papperskvalitet för varje dag under år 2013. Medellagersaldot gavs av det genomsnittliga lagersaldot för år 2013. Medellagersaldo för de artiklar som alltid är placerade på samma lagerplats i råvarulagret dividerades därefter med tillhörande lagerplatskapacitet. Lagerplatskapaciteten beräknades ur lagerritningen. Ytterligare utfördes en analys av hur många av dessa platser som varit överfulla under år 2013 genom jämförelse av lagersaldo för varje artikel för varje dag under år 2013 med lagerplatsens maxkapacitet. Slutligen jämfördes lagerplatsernas maxkapacitet i lagret med angivna maxsaldon för respektive artikel för att avgöra till vilken grad materialplaneringen och lagerlayouten samordnats.

Materialplaneringsmetoders effektivitet analyserades med hjälp av typartiklar för varje metod och dess omsättningshastighet. Jämförbara typartiklar valdes för artiklar med samma ledtid och liknande efterfrågemönster av olika materialplaneringsmetoder för att omsättningshastigheten endast skulle spegla materialplaneringsmetodens effektivitet och inte bakomliggande faktorer.

Analyserna har behandlat artiklar som är återkommande i verksamheten. Dessa är 84st till antalet och angivna i en informell lagerlista som pappersavropare dagligen använder. Det förekommer tillfälliga artiklar men dessa har inte analyserats. I lagerlistan finns ledtid, maxsaldo, leverantör och materialplaneringsmetod angivet.

3.3 Metod för lösningsförslag

Lösningsförslag för problemområden som identifierats i nulägesanalysen togs fram med utgångspunkt i litteraturgenomgången.

Utifrån vald materialplaneringsmetod, ledtider från lagerlista, samt förbrukningshistorik beräknades rekommenderade lagernivåer. Formler för beräkning har sin utgångspunkt i litteraturstudien och är anpassade efter studiens ändamål. Utifrån rekommenderade lagernivåer dimensionerades nya lagerplatser. Framtagningen av lagerlayout gjordes inom lagerlokalens begränsningar med de nydimensionerade platserna. Dessa beräkningar redovisas i rapportens senare kapitel.

4 NULÄGESBESKRIVNING

I följande kapitel beskrivs företaget kort samt de funktioner och processer som utgör och samverkar med lager samt materialplanering.

4.1 Företagsbeskrivning

SEPack tillverkar förnyelsebara förpackningar i wellpapp. Affärsiden bygger på att erbjuda miljöeffektiva förpackningar som optimeras efter sitt ändamål. Kundintegration samt god leveransprecision och korta leveranstider är viktiga konkurrensmedel för SEPack. De värdeskapande processerna i verksamheten kan delas upp i materiella och tjänstemässiga och är:

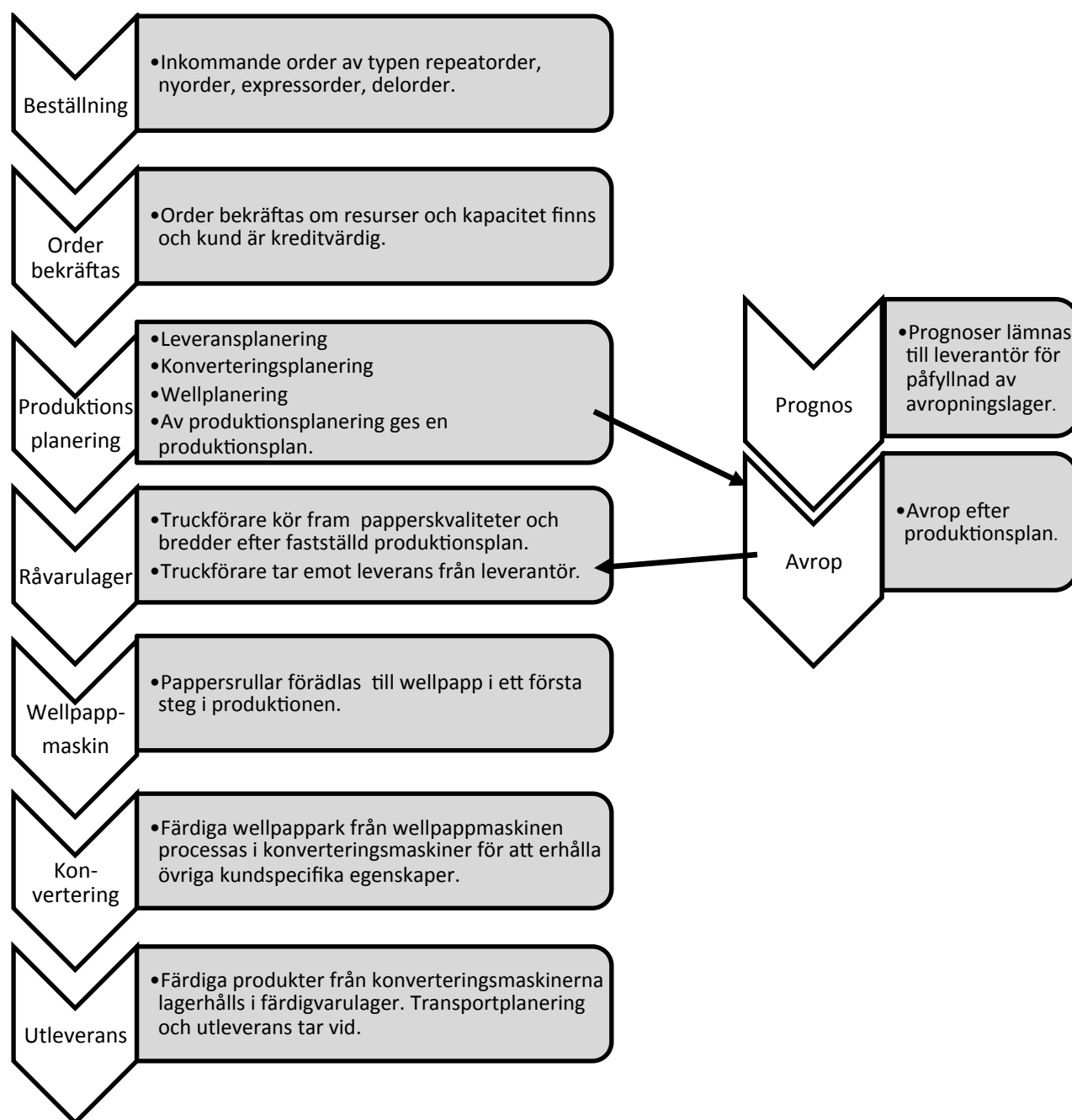
Materiella:

- omvandla papper och lim till wellpapp (wellpappmaskin)
- konvertera wellpappark till produkter (konverteringsmaskiner)
- automatiserade förpackningslösningar hos kund

Tjänstemässiga:

- utveckla produkter tillsammans med kund
- utveckla automatiserade förpackningssystem till kund

Nedan beskrivs verksamheten i en processkarta. Här förklaras sammanhanget mellan de delar av verksamheten som berörs av studien.



Figur 4.1 Processkarta över informations och materialflöde i företagets verksamhet som är aktuella för denna studie.

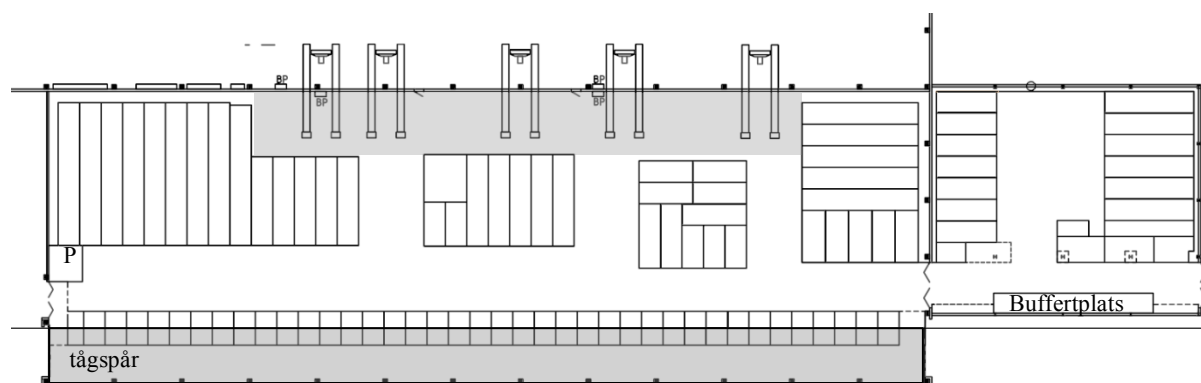
Processen startar med en beställning, vanligen en kundorder. Kundorder bekräftas om resurser och kapacitet finns och kund är kreditvärdig. En produktionsplan bildas av bekräftade kundorder och material avropas för att kunna genomföra produktionsplan. Tidigare är prognoser lämnade till leverantör för att säkerställa materialtillgång i avropningslager, som är ett färdigvarulager hos leverantör från vilket avrop till råvarulager kan göras. Truckförare tar emot leverans från leverantör och placerar material i råvarulager. Truckförare kör ut lagerhållat material till wellpappmaskinen efter produktionsplan. Råmaterialet förädlas till wellpapp som ett första steg i produktionen. Färdiga wellpappark från wellpappmaskinen processas i konverteringsmaskiner för att erhålla övriga kundspecifika egenskaper. Slutligen tar transportplanering och utleverans vid.

Problemsituationen är idag att man önskar få plats med fler artiklar i råvarulagret. Idag upplevs platsbrist som en begränsande faktor. I detta kapitel redogörs för den aktuella arbetssituationen i råvarulagret, lagerlayouten och kring aktuella materialförsörjningsmetoder.

4.2 Råvarulager

För att alltid kunna förse produktionen med papper har man ett råvarulager i anslutning till produktionsenheten i Skene. I tillverkningen används främst 84st återkommande artiklar. Dessa är specificerade i en lagerlista, som används vid pappersavrop vilket beskrivs närmre i senare avsnitt. Listan innehåller förteckningar av återkommande lagerartiklar i mars 2014, då den senaste uppdateringen gjordes. Listan antas vara aktuell vid studiens slut. Pappersrullarna väger ca 3 ton vardera och har en diameter på 1,5m och är mellan 1,5m och 2,5m höga.

Idag djuplagras och fristaplas pappersrullarna på 58st fasta lagerplatser och på en yta med flytande lagerplatser motsvarande plats för 78 staplar. Antalet flytande lagerplatser varierar på grund av att en papperstyp kräver olika stor plats vid olika tillfällen. Om man räknar en flytande lagerplats som två markplatser, där en plats finns på det nedsänkta tågspåret och den andra platsen ovanför tågspåret, är de flytande lagerplatserna 39st. År 2013 lagrades maximalt 525st pappersrullar vid ett och samma tillfälle av de sorter som kan återfinnas i lagerlistan. I verksamheten är det endast truckförarna som besitter kunskap om hur lagerlayouten ser ut. Layouten har dokumenterats och presenteras i Figur 5.1 Ritning för nuvarande lagerlayout där ytor som ej antas ingå i lager är gråmarkerade.



Figur 4.2 Ritning över aktuell lagerlayout där parkeringsplats för truck, P och buffertplats är utmarkerade. Tågspårsytan är gråmarkerad. I den övre kanten av ritningen är fem stycken utlastningsportar till produktion utmarkerade och dess arbetsyta är gråmarkerad.

Alla uppmätta lagerplatserns kapacitet har även beräknats. Den brukbara lagerytan, exklusive ytan som omger utlastningsportar till wellpappmaskinen, är 1850m² varav 1060m² används som lagerplats. Det markerade tågspåret används inte längre för sitt ursprungliga syfte utan utgör lagringsplats för en rad pappersrullar och lim. Det är en höjdskillnad mellan tågspåret och resterande lageryta. Pappersrullar med höjden 1,5m kan därför inte lagerhållas på tågspåret, eftersom dessa då inte kan plockas av trucken. Lagerplatserna vid tågspåret består av den nersänkta ytan tillsammans med en rad på normalnivå. Dessa platser är flytande. Resterande lagerplatser är fasta och placeringen av pappersrullarna har skapats av truckförare med hänsyn till familjegrupp, plockposition och popularitet.

Gångar för trucktrafik varierar mellan 4m och 5,2m. Truckarna kan inte svänga ett fullt varv i gångarna men vid ej uppfyllda lagerplatser finns ändå möjlighet för detta. Det används två

olika trucktyper i lagret, en vid inleverans och en till att försörja tillverkningsenheten med pappersrullar. Den senare kräver större svängrum. Vid den mindre gångbredden kan truckarna inte gripa pappersrullarna rakt framifrån, utan plockning från lagerplatser sker med viss vinkel.

Maxhöjd för lagring är 7,5m. Pappersrullar med höjden 2,5m kan staplas om tre stycken och pappersrullar med höjd under 1,8m kan staplas om fyra stycken. Teoretiskt sett kan pappersrullar med höjden 1,5m staplas om fem stycken men detta undviks av säkerhetsskäl. Problem som uppkommer när staplingshöjden når 7,5m är hanteringssvårigheter. Balkarnas lägsta punkt hamnar inom hanteringsutrymmet vilket ökar risken för godsskador. Stumpar, påbörjade pappersrullar, kan endast staplas två i höjddled på grund av säkerhetsskäl.

I råvarulagret samverkar två truckförare med att ta emot inleveranser och att köra fram pappersrullar till produktionen. Det gemensamma huvudmålet i lagret är att skapa ett bra flöde av material från lagret till produktion enligt FIFO. Antalet inleveranser per dag varierar mellan 2-14 stycken, normalfallet är 2-6 stycken. De flesta inleveranser är föraviserade i SEPacks affärssystem och kopior av fraktsedlar skickas via mejl. När en lastbil anländer kontrolleras att lasten i bilar och de angivna pappersrullarna i affärssystemet eller mejlet överensstämmer. Därefter skannas pappersrullarna in i systemet med hjälp av streckkoder och placeras i lagret, alternativt lossas lasten från lastbilen och placeras på en buffertplats, för att sedan placeras i lagret. Buffertplatsen är placerad nära ingången i lagret och är markerad i figur 4.2. Vissa artiklar kan inte skannas på grund av att de saknar streckkod eller systemstöd. Dessa registreras manuellt. Vid inleverans är det viktigt att pappersrullar registreras med riktigt datum i systemet för att kunna kontrollera liggetid i lagret. Det är särskilt viktigt för pappersrullar med VMI-avtal där fakturering sker om en avtalad liggetid överskrids. Det ingår i truckförarens uppgifter att hålla uppsikt på dessa pappersrullars liggetid och tillämpa FIFO. FIFO medför hanteringsarbete, speciellt gäller detta lagerartiklar med låg uttagsfrekvens. FIFO tillämpas genom rotering av pappersrullar så att de äldsta är tillgängliga när de skall plockas från lagret. Den som kör fram pappersrullar till tillverkningsenheten ska inte behöva flytta en pappersrulle för att komma åt en annan. Åtkomligheten säkras genom omflyttning av pappersrullar vid inleverans så de äldsta är tillgängliga och de nyaste hamnar längst in. Artiklar med hög förbrukning tenderar att följa FIFO självverkande och hanteringsarbetet blir därmed mindre för dessa artiklar.

Tillverkningsenheten försörjs med pappersrullar enligt körorder. Körorder specificerar vilken pappersbredd, papperskvalitet och mängd av varje kvalitet som skall användas i tillverkningsenheten samt på vilken utlastningsplats pappersrullarna skall placeras. Det finns olika utlastningsplatser samtliga med två köplatser, en i maskinen och en på lagersidan. Köplatserna utgör en buffert till produktion som även innebär att truckförarna kontinuerligt kör ut rullar som skall användas 2-3 produktionssteg senare.

Pappersmängden på en pappersrulle stämmer sällan överens med förbrukningen i en körning varför det bildas stumpar. Val av pappersrullar görs så att stumpar i så stor utsträckning som möjligt förbrukas och så att inte alltför korta stumpar skapas. Hastigheten i wellpappmaskinen är hög, därför tar stumpar med mindre papper slut snabbt. För pappersrullar där papperslängden understiger 1500-2000m hinner man inte köra fram nya pappersrullar innan de har tagit slut. Med nuvarande arbetssätt innebär korta pappersrullar problem såsom en säkerhetsrisk på grund av hög truckhastighet, stressiga situationer som medför misstag och svårighet att planera användandet av stumpar vid tidsbrist. För att undvika problem vid korta stumpar kan man gå ner i hastighet på wellpappmaskin vilket ger lägre produktivitet. När en pappersrulle

körs i wellpappmaskinen slås den ut ur affärssystemet och eventuella stumpar återförs aldrig. Vid orderbyte märks stumpar med kvarvarande metertal och körs ut i råvarulagret. Om samtliga fem platser i wellpappmaskinen använts i en körning, och körningen inte stämmer överens med pappersmängden på någon av rullarna innebär det att minst fem stumpar skall återföras till lagret när körningen är slut. Om inleverans och tillbakaläggning av stumpar sker samtidigt kan det orsaka överfulla platser då inleveranser inte tar hänsyn till vilken körning som pågår. I lagret anser man att det maximala antalet stumpar som bör förvaras vid varje lagerplats är fem st.

4.3 Kundorder till pappersavrop

Större delen av tillverkningen är kundorderstyrd och företaget utlovar en leveranstid på 10 dagar vid repeatorder, det vill säga en order som körts vid ett eller flera tidigare tillfällen. I detta avsnitt kommer arbetsgången från inkommande kundorder till pappersavrop att beskrivas.

4.3.1 Kundorder

Produktionen på SEPack är i stort sett helt kundorderstyrd, varje produkt som tillverkas är beställd av en specifik kund. Vissa produkter lagerhålls i ett färdigvarulager från vilket kund kan plocka, produktion av dessa triggas inte av direkt kundefterfrågan utan av lagersaldo i färdigvarulager. De inkommande kundorderna är av varierande typ och måste behandlas därefter. Nedan beskrivs de produktionstriggande mekanismerna i verksamheten.

- Nyorder: kunden har tillsammans med SEPack utvecklat och optimerat en förpackning. För nyorder gäller leveranstiden 15 dagar
- Repeatorder: order som körts vid ett eller flera tidigare tillfällen. För dessa gäller leveranstiden 10 dagar.
- Expressorder: order med kortare leveranstid, vanligtvis 4 dagar. Denna utgör ca 1 % av omsättningen i produktionsanläggningen i Skene.
- Andra behov härleds till påfyllning av SEPacks färdigvarulager från vilket kund kan plocka samt fall då komplettering av undermålig körning är nödvändig.

Alla inkommande order registreras i affärssystemet och behandlas sedan i produktionsplaneringen.

4.3.2 Produktionsplanering

Produktionsplaneringens huvuduppgift är att fastställa produktionsplan för inkomna order så att kund erhåller produkt inom utlovad leveranstid, leveransplanering. Målsättningen för planeringen är även att minimera spill, wellplanering, och att ha hög beläggning i maskinpark, konverteringsplanering. Produktionsplaneringen sker löpande. Står vi i dag ett läggs planering för den femte dagen. Planering ligger alltså med fyra dagars framförhållning.

Produktionsplan fastställs av planerare som beslutar om körordning i wellpappmaskin och materialflöden i konverteringsmaskiner. Planerare beslutar även om expressorder är möjlig att acceptera beroende av material- och kapacitetstillgång. Produktionsplaneringens tre huvuddelar: wellplanering, konverteringsplanering och leveransplanering beskrivs nedan.

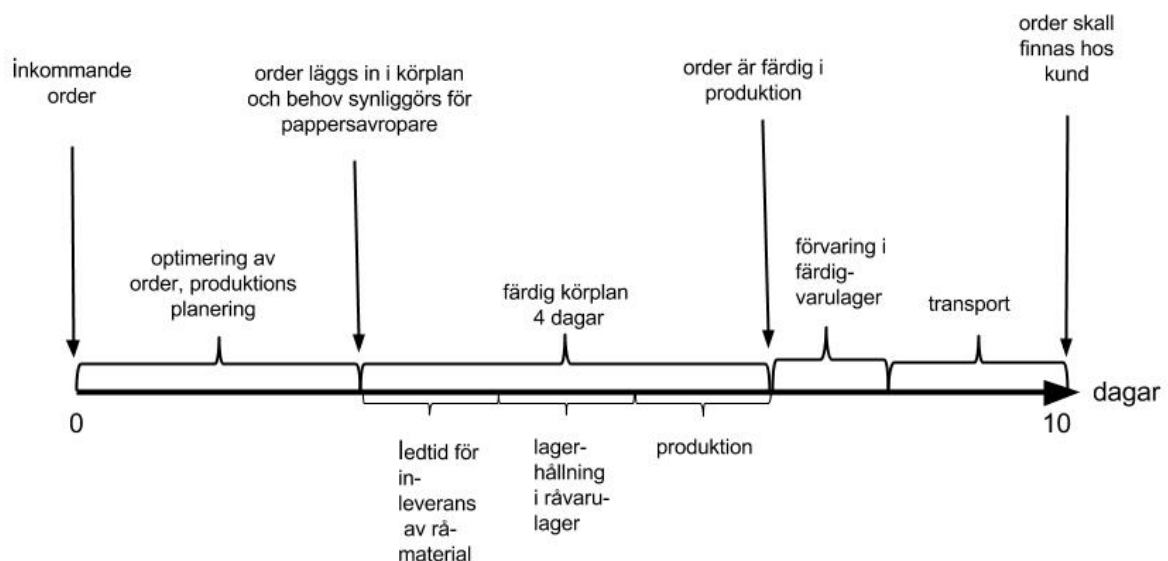
Wellplaneringens mål är att minimera spill. Källor till spill är dålig ytutnyttjande av wellpapp och för korta stumpar, det vill säga när pappersmängden på en pappersrulle är så pass liten att

pappret tar slut innan man hinner lägga fram en ny pappersrulle, och stumpen blir oanvändbar i produktion. Högt ytutnyttjande kan åstadkommas genom att köra fler order bredvid varandra och körordningen i wellpappmaskinen kan formas för att minimera antalet stumpar. Stumpar kan reduceras genom att köra större batcher, samt likartade kvaliteter efter varandra, exempelvis att endast en papperskvalitet byts ut vid körning av två olika slutprodukter, som kräver användning av tre pappersrullar samtidigt i wellpappmaskinen. Detta innebär att man får en stump istället för tre efter körningen av en wellkvalitet, eftersom två av pappersrullarna kan ligga kvar i maskinen. Desto fler order som ligger inne desto större möjligheter finns det att optimera wellkörningen. Mängden spill är därför nära relaterad till antalet order.

Konverteringsplaneringen avser att skapa hög beläggning i maskinparken. SEPack har fem konverteringsmaskiner som ger wellpapparken de egenskaper som kund efterfrågar. Målet med konverteringsplaneringen är att buffertarna framför varje konverteringsmaskin skall vara balanserade.

Vid leveransplaneringen tar man hänsyn till det datum som produkterna skall finnas hos kund, alltså när tillverkning ska ske för att kund ska få leveransen på avsatt datum. Vissa kunder vill ha sin leverans under ett tidsintervall. Dessa order försöker man producera till det första angivna datumet eftersom det underlättar transportplaneringen.

Händelseförloppet för en order som skall vara hos kund med tio dagars ledtid kan se ut enligt följande



Figur 4.3 Händelseförloppet för de olika momenten i tillverkningen illustreras.

Planeraren ser alla order som kommer in. Varje order kopplas till ett datum då den skall levereras till kund. Transporttider från SEPack till kund ger det datum då ordern måste skickas och därmed vara klar i produktion. Kundens geografiska läge avgör hur lång transporttiden är. Transporttiden dras från de 10 dagarna som SEPack har i förfogande att producera ordern, ju längre transporttiden är desto mindre blir tidsramarna för övriga aktiviteter, leveransplanering. Inom tidsramen optimeras körningen i möjligaste mån utifrån konverteringsplanering och wellplanering. Produktionsplan skapas under det intervall som markerats i Figur 4.3 som optimering av order, produktionsplanering. När produktionsplanen synliggörs framkommer även pappersbehov.

Då körning av en order är inplanerad inom de kommande fyra dagarna kan pappersavropare, vars arbetsuppgifter beskrivs närmre i kommande avsnitt, se de pappersbehov som produktionsplan genererar. Behov som skapas i systemet sätts inte i någon relation till när det skall förbrukas. Då produktionsplaneringen läggs för en fyradagarsperiod vet man att materialet ska användas någon gång under perioden, det kan vara första dagen likväl som sista. I regel gäller dock att lagd produktionsplan löpande genererar behov som skall tillfredsställas om fyra dagar. Materialplaneringsenheter grundar sina beslut på ovanstående regel alltså att material skall finnas tillgängligt om fyra dagar till de nya behov som uppstår idag. I undantagsfall är det planerarens ansvar att meddela behov rätt i tiden så att materialplanering har möjlighet att agera så att pappret finns tillgängligt vid start av produktion. Detta gäller speciellt i de fall då omplaneringar är nödvändiga, exempelvis vid tillkommande expressorder. Arbetsbelastning kan ge utslag på hur långt fram i tiden planeringen sträcker sig. Produktionsplaneringen genererar en körplan för maskinoperatörerna och truckförarna.

4.3.3 Materialplanering

Materialplaneringens huvuduppgift är att tillgodose produktionen med de pappersrullar som krävs för att genomföra produktionsplanen. Under år 2013 uppgick förbrukningen till 14000 pappersrullar vilket motsvarar drygt 37 tusen ton från ca 90 olika artiklar. Pappersrullarna beställs från ett antal olika leverantörer med ett geografiskt läge i norra Europa och Norden med god leveranssäkerhet. Avtal och beställningsmetoder skiljer sig åt mellan leverantörerna. Materialplaneringen är på SEPack pappersavroparens ansvar och arbetsuppgifterna är framförallt orderläggning och att lämna prognoser till leverantör för påfyllnad av avropningslager. I följande avsnitt beskrivs hur materialplaneringen ser ut idag beroende av leverantörsavtal. Call-off är den vanligaste metoden för pappersavrop av artiklar som styrs av SEPack. Alla artiklar styrs inte av SEPack utan en del styrs av leverantör. De två metoder som används vid leverantörsstyrda lager benämns, i företaget och denna rapport, som FLOW och VMI. Materialförsörjningsmetoderna Call-off, FLOW och VMI beskrivs nedan.

Call-off

Call-off kallas den materialplaneringsmetod där materialplanering görs av SEPack. Prognoser eller tillverkningsorder för råmaterial från SEPack genererar produktion hos leverantör för påfyllning av avropningslager. Vid ett avropningstillfälle kan fler order läggas för olika leveransdatum. Ledtid, från avrop till leverans är för de flesta artiklar två dagar och för ett fåtal artiklar fem dagar. Transportavtalet, för de få artiklarna med fem dagars ledtid, berör en leverantör. Avtalet ger upphov till en längre ledtid än önskat och tidigare har denna ledtid varit kortare. Två artiklar lagerhålls inte av leverantör utan färdig tillverkningsorder och levereras direkt till SEPacks råvarulager. Ledtiden för dessa är 25 och 30 dagar.

Ledtiderna är angivna i lagerlistan och avser den tid då papper garanterat finns hemma. Ledtider finns också att tillgå i affärssystemet men skillnader föreligger mellan dessa och ledtider i lagerlistan. Lagerlistan antas mest trovärdig och uppdaterad då dagliga avrop görs med hjälp av denna.

Ett definierat säkerhetslager för artiklar som lagerstyrs av SEPack finns inte. Eftersom ledtiden för de flesta artiklar understiger produktionsplanens framförhållningstid är materialförsörjningen för dessa helt kopplad till behov. Det finns en säkerhetstid för att värja sig mot att materialbrist uppstår. Denna säkerhetstid utgörs av skillnaden mellan inleveranstidpunkt och produktion, alltså den tid då råmaterialet avses förvaras i råvarulagret. Pappersavrop görs från leverantörer varje dag allt eftersom behov uppstår, man arbetar med orderbunden materialför-

sörjning. Uppskattningar för orderkvantiteter, uppskattad orderkvantitet, görs vid avrop av råmaterial. Uppskattningarna grundar sig på lagersaldo, ledtid, behov genererat av produktionsplaneringen samt volymkapacitet i lastbil. Målsättningen är att alltid kunna möta pappersbehovet som produktionsplanen genererat i affärssystemet. Pappersavropare har tillgång till planerades data med tillverkningsdatum för order och kan därför avgör hur brådskande pappersbehovet är. Det här gäller även order som ännu inte är inlagda i produktionsplaneringen. Omplanering förekommer upp till ett par gånger per vecka varför tillverkningsdatum inte alltid är pålitligt. När ledtid är längre än planeringshorisontens fyra dagar grundas materialförsörjning på uppskattningar med hänsyn till förbrukningsstatistik.

Vid avrop strävar man efter att fylla lastbilar. En lastbil kan transportera 24 ton ca 8 pappersrullar. När behovet av 24 ton inte finns fylls lastbilen upp med papperssorter som brukar gå åt eller om det finns artiklar med låga lagernivåer.

FLOW

FLOW är ursprungligen benämningen för ett datasystem för delning av information av lagersaldo men används här som benämning av hela processen där leverantör lagerstyr artiklar i SEPacks råvarulager med hjälp av FLOW. FLOW används av två leverantörer som står för försörjningen av artiklar som år 2013 uppgick till en tredjedel av pappret som förbrukades.

Leverantör grundar sin styrning på behovsdata från produktionsanläggningen i Skene som delas i ett datasystem, FLOW. Informationen är densamma som pappersavropare på SEPack har tillgång till i affärssystemet. Datum för tillverkningsstart av order anges som tidigare nämnt inte. Ledtid från leverantörerna är för båda 2 dagar. Till leverantörerna med FLOW lämnas inga prognoser. Finns det ledigt utrymme fylls bilen upp med artiklar som uppskattas gå åt i framtiden.

VMI

VMI är avtalat med leverantör för knappt en tiondel av råvaruartiklar som förbrukades under år 2013.

Avtalet med leverantör innebär att materialplanering och ägande är förskjutet i materialförsörjningskedjan. Leverantör äger pappersrullarna tills de förbrukas eller har lagerhållits i mer än 60 dagar hos SEPack, pappersrullarna faktureras då. De specifika pappersrullarna har tilldelats en begränsad yta i råvarulagret vilken ger maxnivå för lagersaldot av dessa, idag ligger den mellan åtta och tolv pappersrullar per papperskvalitet. Säkerhetslagret är inte definierat utifrån en servicenivå utan leverantör styr lagernivåerna så att materialtillgången skall täcka tre dagars maxförbrukning vilken hämtas från förbrukningshistoriken. Om ett större lagersaldo än vad som får plats på angiven lagerplats hos SEPack krävs måste detta förhandlas mellan de två parterna om hur mycket yta som kan göras tillgänglig. Prognostisering görs med hjälp av förbrukningshistorik för de tre föregående månaderna.

Från leverantör går ungefär en full lastbil till Skene varje dag. Lastbilar bokas från distributionsbolag dagen innan leverans och antal grundas på historisk förbrukning. Leverantören fyller upp hela lastbilar även om behovet är mindre. Finns det utrymme för fler pappersrullar på lagret än behovsmängden finns inga motsägelser till att lastbilen fylls upp och att fler pappersrullar skickas. Skulle det däremot vara begränsat med plats, det vill säga att lagerplatserna som leverantör har till förfogande är fulla, måste överenskommelse med planeraren i Skene göras.

Förbrukning av pappersrullar som uppstått hos SEPack skall uppdateras varje dag innan kl. 10.00. Information överförs via en webbportal och behandlas av leverantör. Samma dag specificeras vilka artiklar som skall transporteras, bilar lastas på kvällen och anländer till Skene följande morgon. Ledtiden uppgår till maximalt två dagar. Den information leverantör kräver är korrekt förbrukningshistorik. I de fall en oväntad ökning av efterfrågan hos SEPack förekommer, alltså om en ovanligt stor order kommer in skall detta direkt meddelas så att bästa förutsättningar ges för att rätt mängd papper ska kunna levereras.

Enligt Supply Chain ansvarig fungerar VMI-avtalet bra då papper alltid finns tillgängligt vid produktionsstart. Vissa invändningar finns kring den givna ytans storlek och risken att den är ogynnsam med avseende på lageryta. Denna yta är inte reviderad på ett tag.

4.4 Materialbrist

Materialbrist kan uppstå vid bland annat leveransförseningar och vid misslyckad tillverkning. Under vintern år 2013 var leverantörsförseningar vanligare på grund av oväder som påverkade båtleveranser från internationella leverantörer. Diskussion uppkom då om ett lager på svensk mark för att upprätthålla servicenivån. Vid pappersbrist på grund av felaktigt avrop och leverantörsproblem försöker SEPack lösa situationen genom följande metoder för att minska genomslaget mot kunder:

- Planera om för att frigöra papper eller senarelägga tillverkning.
- Låna papper från produktionsanläggningarna i Jönköping eller Vikingstad om papperssort finns tillgänglig.
- Använda annan bredd på pappret.
- Välja annat papper för att uppnå samma eller bättre kvalitet. Detta blir ofta ett dyrare alternativ för SEPack och alla kunder godtar inte detta.
- Försena leveransen.
- Vid en längre pappersbrist är annan leverantör ett alternativ.

4.5 Inventering

Inventering av hela lagret sker en gång i månaden. Lagersaldot brukar enligt pappersavropare stämma väl med antalet fysiska pappersrullar, oftast gäller det endast en pappersrulle om saldot för en kvalitet inte stämmer. Orsaker till att saldot inte stämmer kan härledas till att man i wellpappmaskinen glömt att slå ut en pappersrulle som förbrukats. Lagersaldot är då högre än antalet fysiska pappersrullar. För vissa artiklar försvinner pappersrullar ur systemet vilket innebär att antalet fysiska pappersrullar är större än lagersaldot i systemet. Av den anledningen skall man inventera dessa artiklar oftare. Dokumentering av inventering sker ej.

4.6 Provrullar

Materialutvecklingschef kan utfärda testkörningar med nya papperssorter, provrullar. Undermåliga resultat i denna kan leda till att överblivna pappersrullar av den särskilda papperskvaliteten, som vanligen inte används i produktionen, blir ståendes i lagret. Testkörningarna sker ca 10 gånger om året och genererar vanligtvis endast ett fåtal överblivna pappersrullar, totalt finns i nuläget ca 10st. I dagsläget finns inget system för hur dessa pappersrullar ska behandlas. Vid ett tillfälle har information nått materialutvecklingschef då truckförare meddelat att pappersrullar som inte användes fanns i lagret. Materialutvecklingschef utformade då en lista på hur dessa kvaliteter skulle kunna integreras i produktion. Listan lämnas till planerare och avropare, truckförare och ansvarig för truckverksamhet. Det råder oklarhet kring vem som ansvarar för att pappersrullarna kommer till användning.

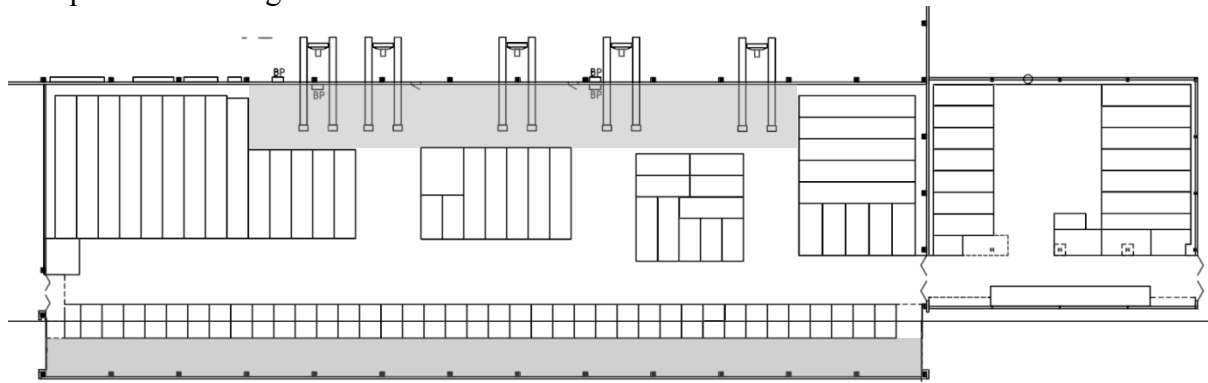
5 NULÄGESANALYS

Nedan följer en analys, med utgångspunkt i nulägesbeskrivning och teoretisk referensram, över markutnyttjande i lager, fyllnadsgrad av lagerplatser, materialplaneringsmetoders effektivitet samt brister i användandet av materialplaneringsmetoder i syfte att identifiera förbättringsområden.

5.1 Analys av lagerlayout

Nuvarande lagerlayout bygger på en kombination av fasta och flytande lagerplatser. Fasta lagerplatser utgör den största delen av lagret. Idag memoreras artiklarnas placering i lagret av truckförarna vilket begränsar flexibiliteten i lagerlayouten. Detta kan vara en bidragande anledning till varför man använder fasta lagerplatser då lagerartiklarnas placering är stationär. Fördelen med fasta lagerplatser är att man kan placera artiklar efter t ex popularitet och på så vis minska transportsträckor. Detta utnyttjas dock inte i dagsläget till fullo utan artiklarna är placerade i en logisk ordningsföljd som baseras på familjegrupper och plockposition. Det rådande arbetssättet är med stor sannolikhet en grundorsak till att flexibiliteten i lagerlayouten är begränsad. Den främsta nackdelen med fasta lagerplatser är en begränsad utnyttjandegrad av de lagerplatser vilket motiverar användning av flytande lagerplatser.

En analys av markutnyttjande i råvarulagret utförs med utgångspunkt i nuvarande lagerlayout som presenteras i Figur 5.1.



Figur 5.1 Ritning för nuvarande lagerlayout där ytor som ej antas ingå i lager är gråmarkerade.

Fyllnadsgraden i råvarulagret är låg. I nuläget används 57 % av råvarulagrets brukbara yta till lagerplatser, resterande yta används till transportgångar och parkering för truck. Samtidigt uppgick den genomsnittliga fyllnadsgraden under år 2013 till 38 % för lagerplatsernas totala yta. Markutnyttjande och fyllnadsgrad är resultat av nedan angivna formler:

$$\text{markutnyttjande} = \frac{\text{total markyta för lagerplatser}}{\text{total brukbar markyta}} \quad (9)$$

$$\text{fyllnadsgrad} = \frac{\text{genomsnittligt lagersaldo under året}}{\text{maximalt antal rullar som ryms på lagerplatsenerna}} \quad (10)$$

Dimensionerna av nuvarande lagerplatser är inte anpassade efter artiklarnas behov. Knappt hälften av artiklar angivna i lagerlista har en angiven maxgräns för lagersaldo i lagerlista och är placerade på en fast lagerplats. Många av dessa maxgränser understiger maximalt antal pappersrullar som ryms på lagerplatsen. Om dessa skulle fyllas upp till sin angivna maxgräns ger detta en genomsnittlig fyllnadsgrad på 78 % för dessa lagerplatser. Rutorna i lagret är således mycket större än den angivna maxgränsen i lagerlistan och dess verkliga behov. Dessutom var 28 av de fasta lagerplatserna överfulla under år 2013 vid minst ett tillfälle vilket konkretiseras med jämförelse av verkligt lagersaldo och maximalt antal pappersrullar som ryms på lagerplatsen. Slutsatsen är att fyllnadsgraden och dimensioner av lagerplatser kan förbättras. En hög fyllnadsgrad är att eftersträva men det främsta målet är minsta möjliga material på lagret med bibehållen servicenivå.

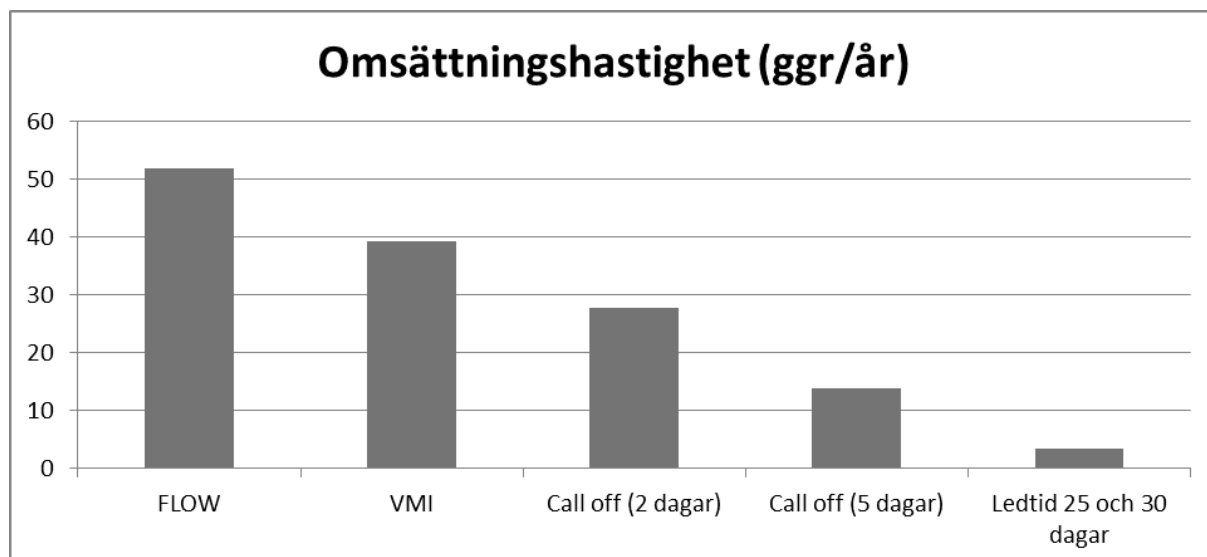
5.2 Analys av materialplaneringsmetoder

Vidare analyseras de olika materialplaneringsmetoderna som används av SEPack med utgångspunkt i omsättningshastighet och arbetssätt.

Omsättningshastighet är ett mått på lagrets storlek i relation till förbrukning. Det anger hur många gånger ett lager förbrukas under en vald period, här ett år. Formeln för omsättningshastighet (1) har här formulerats om för att ta bort den ekonomiska aspekten. Genomsnittlig omsättningshastighet för år 2013 beräknas enligt

$$\text{genomsnittlig omsättningshastighet} = \frac{\text{genomsnittlig förbrukning per produktionsdag}}{\text{genomsnittligt lagersaldo}} * \text{produktionsdagar} \quad (11)$$

Medelomsättningshastighet för varje materialplaneringsmetod presenteras i Figur 5.2. Materialplaneringsmetoderna som presenteras är de leverantörsstyrda, FLOW och VMI, och Call-off (2 dagar), Call-off (5 dagar) och Ledtid 25 och 30 dagar som styrs av SEPack. Ledtiden för artiklar som styrs av SEPack är alltså 2 dagar, 5 dagar och 25 och 30 dagar



Figur 5.2 Diagram över genomsnittlig omsättningshastighet för respektive materialplaneringsmetod.

En jämförelse av medelförbrukning och standardavvikelse för förbrukning mellan artiklarna tillhörande respektive materialplaneringsmetod presenteras i figur 5.3.

Materialplaneringsmetod	Medelförbrukning [antal rullar/dag]	Standardavvikelse för förbrukning [antal rullar/dag]	Omsättningshastighet [ggr/år]
FLOW	1,2	1,5	52
VMI	0,9	1,3	39
Call-off (2 dagar)	0,6	1,1	28
Call-off (5 dagar)	0,2	0,6	14
Ledtid 25 och 30 dagar	0,1	0,3	3

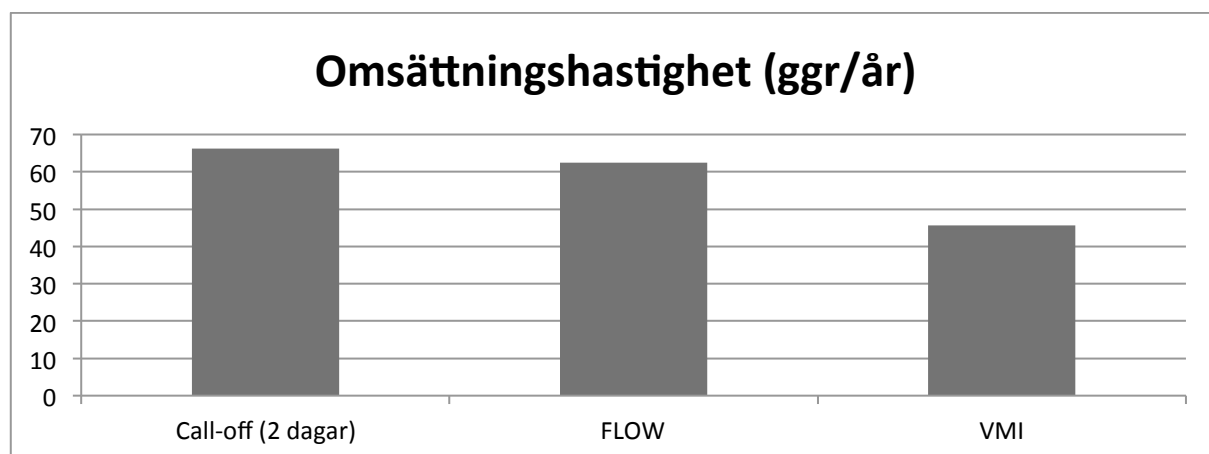
Figur 5.3 Tabell över medelförbrukning, standardavvikelse för förbrukning samt omsättningshastighet för respektive materialplaneringsmetod.

Jämförelsen visar att samma storleksordning gäller för medelförbrukning som för omsättningshastighet. En hög medelförbrukning kan därför vara grundorsaken till varför omsättningshastigheten är högst för FLOW och materialplaneringsmetodernas effektivitet kan således inte bedömas utifrån ovanstående analys. Den låga omsättningshastigheten för Call-off (5 dagar) och Ledtid 25 och 30 dagar förklaras av att dessa artiklar måste lagerhållas i förebyggande syfte då en längre ledtid än framförhållningstid inte ger möjlighet till orderbunden materialförsörjning. Idag saknas teoretiskt utformat arbetssätt för materialplanering för Call-off (5 dagar) samt för artiklar med ledtid 25 och 30 dagar.

Medelefterfrågan och standardavvikelse utgör en del av planeringsmiljön och är faktorer som materialplaneringsmetoder behöver anpassas till. Medelefterfrågan är en ingående parameter i omsättningshastigheten och följaktligen speglas inte enbart materialplaneringsmetodens effektivitet. Standardavvikelsen är ett mått på hur väl medelförbrukningen speglar den verkliga förbrukningen. Stora avvikelser i förbrukningen gör det svårare att förutse kommande behov

och kan medföra högre lagernivåer som resultat av säkerhetsmekanismer i form av säkerhetslager och säkerhetstid.

För att utreda sambandet mellan omsättningshastighet och materialplaneringsmetod för artiklar med en ledtid på 2 dagar väljs tre typartiklar, en för respektive materialplaneringsmetod, FLOW, VMI och Call-off (2 dagar). Urvalet grundas i att typartiklarna har snarlik medelförbrukning och standardavvikelse för medelförbrukning över produktionsdagarna år 2013. Typartiklarnas omsättningshastigheter presenteras i Figur 5.4 och ingående data för analysen presenteras i figur 5.5.



Figur 5.4. Diagram över omsättningshastighet för typartiklar med medelförbrukning mellan 1,4 och 1,5st/dag samt en standardavvikelse för förbrukning mellan 1,5 och 1,6st/dag.

Figur 5.4 visar att Call-off (2 dagar) har högst omsättningshastighet följt av FLOW och slutligen VMI, för typartikel med medelförbrukning mellan 1,4 och 1,5st/dag samt en standardavvikelse för förbrukning mellan 1,5 och 1,6st/dag. I figur 5.5 redovisas medelförbrukning, standardavvikelse för förbrukning samt omsättningshastighet för ovanstående typartiklar.

Materialplaneringsmetod	Medelförbrukning [antal rullar/dag]	Standardavvikelse för förbrukning [antal rullar/dag]	Omsättningshastighet [ggr/år]
Call-off (2 dagar)	1,4	1,6	66
FLOW	1,4	1,5	63
VMI	1,5	1,5	46

Figur 5.5 Tabell över medelförbrukning, standardavvikelse för förbrukning samt omsättningshastighet typartiklar med medelförbrukning mellan 1,4 och 1,5st/dag samt en standardavvikelse för förbrukning mellan 1,5 och 1,6st/dag.

Figur 5.5 visar att typartikel för VMI har lägst omsättningshastighet, knappt en tredjedel lägre än den för Call-off (2 dagar), trots högst medelefterfrågan. En hög medelefterfrågan skapar förutsättning för en hög omsättningshastighet. Om medelefterfrågan skulle vara den enda parametern som inverkar på omsättningshastigheten torde ju den för VMI vara högst och således beror den lägre omsättningshastigheten på materialplaneringsmetoden. Typartikel för Call-off (2 dagar) har högst omsättningshastighet trots högst standardavvikelse för förbrukning. En hög standardavvikelse skulle kunna ge upphov till en lägre omsättningshastighet på grund av

behov av ett högre säkerhetslager, men detta utesluts för Call-off (2 dagar) då materialplaneringen är orderbunden. Slutsatsen är att Call-off (2 dagar) ger mest effektiv materialplanering och följs tätt av FLOW. VMI ger den minst effektiva materialplaneringen av FLOW, VMI och Call-off (2 dagar).

Att Call-off (2 dagar) och FLOW är mest effektiva materialplaneringsmetoder, med avseende på omsättningshastighet, kan förklaras av metodernas uppbyggnad. Både Call-off (2dagar) och FLOW har tillgång till data om reserverat behov vilket ger stöd för orderbunden materialförsörjning. Med upplägget för VMI styr leverantör däremot lagernivåer med hjälp av förbrukningshistorik.

5.3 Analys av arbetssätt

Arbetssätten kring materialförsörjning till produktion kan förbättras på flera punkter. Idag ger arbetssättet upphov till avvikelser mellan affärssystemets registrerade lagersaldon och verkliga lagersaldon, vilket sällan uppdagas på grund av bristande dokumentation av inventering och ingen registrering av stumpar.

Ingen återföring av information till affärssystemet om stumpar är en källa till avvikelse som i praktiken innebär att lagersaldot i systemet understiger det verkliga lagersaldot. Ingen dokumentation finns på hur många stumpar eller hur stor mängd papper som stumparna utgör i lagret varför avvikelsernas storlek är okänd, men måltalet för max antal stumpar är fem stycken per artikel. Pappersmängden på dessa kan variera. I systemet kan det uppstå pappersbehov som skulle kunna täckas av de stumpar som lagerhålls. Om de verkliga lagersaldonivåerna inte kommuniceras med materialplaneringsenheterna är en sannolik konsekvens att onödigt stora lagersaldon erhålls då det beställs nytt material utan hänsyn till stumpar. Detta ställer ökade krav på effektiv kommunikation mellan truckförare, som ansvarar för stumpar, och materialplaneringsenheter. Återföring av stumpar skulle medföra korrekta lagersaldon och risken för att beställa in material trots att lagerhållat material täcker behov elimineras. Eftersom pappersmängden i dagsläget mäts upp för alla stumpar är det endast återföringen som saknas, detta kräver systemstöd. Ytterligare problematik är att stumpar inte kan behandlas på samma sätt som hela pappersrullar på grund av den tidsbegränsning som pappersmängden på varje stump ger. Hur optimeringen av stumparna sker vid utkörning till produktionen besitter inte materialförsörjningsenheterna kunskap om, utan truckförarna. Ett lagersaldo inklusive stumpar medför att bedömning av stumpars användbarhet i produktion måste göras vid pappersavrop.

I dagsläget sparas inte information från inventeringstillfällen. Att utforma en effektiv säkerhetsmekanism för att ta upp denna osäkerhet blir svårt utan data över den verkliga situationen. Säkerhetsmekanismer bestäms därför med uppskattningar. Uppskattningarna ger i detta fall en subjektiv bedömning av verkligheten.

Det nuvarande arbetssättet inkluderar inte heller någon dokumentation av leverantörers leveransservice. Förmågan att leverera material i tid inverkar på ledtiden och dess variationer. I dagsläget fokuserar man på att material alltid ska komma hem i tid samtidigt som man inte dokumenterar variationer kring avsatt tidpunkt. Därför är det möjligt att man istället använder sig av tilltagna tidsmarginaler som avvärjer uppkomsten av materialbrist på grund av sena inleveranser. I lagerlista uppges en ledtid som motsvarar tiden mellan då avrop sker tills att materialet är tillgängligt för produktion. Denna skiljer sig från de ledtiderna som anges i affärssystemet vilket kan vara en indikation på att tilltagna tidsmarginaler används. Denna tidsmarginal är likvärdig en säkerhetstid.

Förmåga att leverera rätt kvantitet dokumenteras heller inte, vilket ger samma konsekvenser som den icke förekommande dokumentationen av inventering.

För den aktuella bilden av en fungerande materialförsörjning är för tidiga inleveranser inget problem och därmed heller inte nödvändig att dokumentera. Effekterna av detta tankesätt är dels att höga lagernivåer erhålls vid för tidiga inleveranser samt att man tar på sig ansvar för leverantörernas förmåga att leverera material i rätt tid i form av säkerhetsmekanismer.

Ett annat problem som förekommer är att en standardiserad rutin för utfasning av pappersrullar som använts i testproduktion, och inte i ordinarie produktion, saknas. Det leder till att dessa pappersrullar kan stå kvar i lager utan att någon tar ett aktivt beslut om vad som skall göras med dem. Provrullarna upptar plats i lager utan att tillföra något värde.

Slutligen finns heller ingen definierad nivå för när råvarulagret är fullt. Det är ett problem då kommunikation om fyllnadsgraden går via truckförare. Truckförare kan ha ett egenintresse i en låg fyllnadsgrad i lagret då hanteringen blir mer effektiv med mer fri plats i lagret t ex används ej uppfyllda lagerplatser idag som vändzon. Bedömningen av hur fullt lagret är blir således subjektiv.

6 FRAMTAGNING AV LÖSNINGSFÖRSLAG

I följande avsnitt presenteras framtagning av lösningsförslag. Utgångspunkt är materialplaneringsmetoder som lägger grunden till dimensionering av lagerplatser som slutligen leder fram till en ny lagerlayout.

6.1 Materialplanering

Ovanstående analys av arbetssätt påvisar förbättringsområden för nuvarande materialplanering för råvaror på SEPack. Upplägget där metoden VMI används är bristfälligt och ett teoretiskt utarbetat arbetssätt för materialplanering med Call-off (5 dagar) samt för artiklar med ledtid 25 och 30 dagar saknas. Orderbunden materialförsörjning som används idag ger förutsättning för effektiv materialplanering men kan bli än mer effektiv med teoretiskt förankrad säkerhetsmekanism. Förbättringsförslag bygger på att avrop är möjligt varje produktionsdag. Förbättringsförslag för respektive materialplaneringsmetod presenteras nedan.

Orderbunden materialförsörjning ger goda förutsättningar för effektiv materialplanering. Effektiviteten av orderbunden materialförsörjning beror på att man kan förutse exakt materialbehov och avropar endast de papperskvaliteter som kommer att förbrukas. Således krävs ingen säkerhetsmekanism för att täcka avvikelser i efterfrågan. Däremot krävs fortfarande en säkerhetsmekanism för att reducera effekten av variation i ledtid och inkorrekt lagersaldo. Idag utgörs säkerhetsmekanismen av en uppskattad säkerhetstid under vilken material behöver lagerhållas. Vid uppsamling av ledtidernas variation skulle denna säkerhetsmekanism kunna preciseras med hjälp av statistisk analys och skapa en bättre anpassad säkerhetsmekanism med mindre lager som följd.

Utifrån ovanstående analys är VMI den minst effektiva materialplaneringsmetoden för artiklar med en ledtid kortare än planeringshorisonten. Motiv för att använda sig av VMI är att kunna uppnå en mer noggrann materialplanering. Idag har leverantör inte tillgång till data om planerad produktion varför materialförsörjning planeras efter historisk data och med väl tilltagna lagernivåer. En möjlig orsak till de höga lagernivåerna kan vara att leverantör prioriterar hög servicenivå och vill undvika materialbrist. Artiklar som styrs med VMI har samma möjlighet som artiklar med FLOW och Call-off (2 dagar) att styras med orderbunden materialförsörjning. Ett förbättringsförslag är att ge leverantör för VMI tillgång till behovsdata för att möjliggöra orderbunden materialförsörjning och på så vis minska lagernivåer. I fortsättningen antas denna förbättring genomförd.

Call-off (5 dagar) saknar idag teoretiskt förankrat arbetssätt. De artiklar som styrs av Call-off (5 dagar) har en ledtid på fem dagar samtidigt som framförhållningstiden är fyra dagar. Det ger en osäkerhetstid på en dag och säkerhetslager krävs endast för att täcka variation i efterfrågan under en dag. Orderbunden materialförsörjning med en dags förskjutning som täcker förbrukning under osäkerhetstiden är förenlig med denna typ av planeringsmiljö och skulle möjliggöra för lägre lagernivåer. Ledtiden uppgår tillfälligt till fem dagar för denna leverantör på grund av problem med transportavtal, vidare råder samma förutsättningar som för Call-off (2 dagar). Vid ett mer fördelaktigt transportavtal skulle dessa artiklar kunna styras på samma sätt.

Förbättring av materialplanering samt lägre lagernivåer kan åstadkommas om dokumentation av grundläggande parametrar införs. Dokumentation av verklig ledtid och avvikelser i lagersaldo möjliggör för beräkning av säkerhetslager och säkerhetstid. Det motverkar överdimens-

ionering och underdimensionering av säkerhetsmekanismer vilket slutligen kan leda till kortare lagringstid, lägre säkerhetslager samt mindre lagerplats.

Slutligen skulle dimensionering av lagerplatser anpassade efter behov samt definition om råvarulagrets maxkapacitet ge en objektiv bedömning om när råvarulagret är fullt och kunna användas i en diskussion om det är möjligt att utöka artikelsortimentet eller om utbyggnad av råvarulager är nödvändig.

6.2 Val av lagerplatstyp

En diskussion kan föras om vilken typ av lagerplatser som är lämpligt att använda sig av för att uppnå en hög fyllnadsgrad av den brukbara ytan med lagerplatser och samtidigt åstadkomma lagerplaster med hög fyllnadsgrad. Små och många lagerplatser kräver en större andel transportgångar för åtkomst av samtliga lagerplaster medan större lagerplatser ökar risken för låg fyllnadsgrad av platserna. Flytande lagerplatser medför att en och samma papperskvalitet kan vara placerad på flera olika lagerplatser samtidigt och behov av fler lagerplatser än vid fasta lagerplatser krävs. Fasta lagerplatser medför större lagerplatser och en stationär layout med risk för överfulla platser. En fördel är ett minskat behov av antal transportgångar.

För att utnyttja de båda lagerplatstypernas fördelar kommer en lagerlayout med både fasta och flytande lagerplatser att tas fram. Fasta platser dimensioneras för samtliga lagerartiklar som är angivna i lagerlistan. Platserna kommer att försöka hållas små och vid de fall då lagersaldot överstiger de antal artiklar som ryms på lagerplatsen finns möjlighet att placera överflödiga pappersrullar på en av de flytande platserna som kommer tas fram. På det viset behöver de fasta lagerplatserna inte täcka upp för ovanligt höga lagernivåer och möjlighet för att minska dessa platser storlek finns. Ytterligare blir antalet lagerplatser mindre än vid ett lager med endast flytande lagerplatser men större än de vid endast fasta lagerplatser. De flytande lagerplatserna blir fler än fasta lagerplatserna då ett säkerhetslager för varje papperskvalitet alltid kommer att behöva lagerhållas samtidigt som en papperskvalitet kan uppta fler än en plats.

Idag finns flytande platser till en liten utsträckning utan systemstöd. Vidare görs antagandet att detta även kommer fungera för de nya flytande lagerplatserna som skapas. Viktigt att poängtera är dock att hanteringseffektiviteten och risken för att blanda ihop pappersrullar minskas med hjälp av systemstöd och möjligheten att införa detta bör utredas.

6.3 Dimensionering av lagerplatser

Nedan dimensioneras fasta lagerplatser för artiklar för de olika materialplaneringsmetoderna, orderbunden materialförsörjning med ledtiden 2 dagar, ledtiden 5 dagar samt undantagsfall. Metoden för beräkning av lagerplatser grundar sig i att platsen ska rymma kvantitet avsedd för säkerhetslager samt ett omsättningslager. Omsättningslagret är benämningen för den kvantitet som lagerhålls för att tillgodose materialförsörjningen utan några avvikelser medan säkerhetslagret är de kvantiteter som täcker upp för avvikelser som resulterar i ett mindre lagersaldo än väntat. Variationer som resulterar i ett högre lagersaldo än väntat förekommer också, dessa kan bero av exempelvis för tidiga inleveranser. Lagerplatsen dimensioneras därför med en extra säkerhetsplats, som motsvarar en utökad del av lagerplatsen. Avvikelse som ger upphov till ett högre lagersaldo än väntat är desamma som avvikelserna som ger ett lägre lagersaldo än väntat. Skillnaden är i vilken riktning dessa avvikelser förekommer. Som tidigare nämnt resulterar en förtidig inleverans i ett högre lagersaldo än väntat medan en försenad inleverans ger upphov till ett lägre lagersaldo än väntat. Säkerhetsplatsen beräknas därför med utgångspunkt i formler för säkerhetslager.

Genomförande av angivna förbättringsförslag i avsnitt 6.1 *Materialplanering* och 6.2 *Val av lagerplatstyp* är utgångsläget för dimensionering av nya lagerplatser. Följaktligen kommer artiklar med VMI, FLOW och Call-off (2 dagar) behandlas som artiklar med orderbunden materialförsörjning med ledtid 2 dagar. Call-off (5 dagar) benämns som artiklar med orderbunden materialförsörjning med ledtid 5 dagar och de artiklar med ledtid 25 och 30 dagar benämns som undantagsfall.

Analysen av lagerplatserna i avsnitt 5.1 *Analys av lagerlayout* påvisar att de är felaktigt dimensionerade. Medelfyllnadsgraden för lagerplatserna påvisar att vissa av lagerplatserna är för stora, men även överfulla platser förekommer för 28 papperskvaliteter under det betraktade tidintervallet vilket pekar på att lagerplatser för dessa papperskvaliteter skulle kunna vara för små. För att åstadkomma en lagerlayout som är anpassad efter verksamheten tillämpas modeller som utgår från insamlad data. I de fall där data är bristfällig eller obefintlig görs en rad antaganden och ansättningar som bör verifieras. Dessa är nödvändiga för beräkningar som utförs senare. Antaganden och ansättningar förklaras och motiveras i detta avsnitt.

Eftersom avvikelser i lagersaldon, variationer i ledtider och kvantiteter i inleveranser, variationer i efterfrågan och kvalitetsbrister är oundvikliga bör man instifta säkerhetsmekanismer. För alla de materialplaneringsmetoder som valts kan ett säkerhetslager definieras. Säkerhetslagrets funktion är att täcka upp för oväntat hög efterfrågan under ledtid för inleverans, att täcka upp då verkligt lagersaldo understiger redovisat lagersaldo i affärssystem, samt att täcka upp för kvalitetsbrister i inleveranser och för sena leveranser.

Då det saknas information om variationer i lagersaldo och leverantörers förmåga att leverera rätt antal pappersrullar med rätt kvalitet görs följande antagande: en pappersrulle kan täcka upp för materialbrist på grund av variationer kopplat till kvalitets- och kvantitetsproblem från leverantör samt variationer i lagersaldo. Detta antagande grundas i information från intervjuer med personal som har kännedom om inventering. Det som har framkommit är att lagersaldon sällan varierar med mer än en pappersrulle per papperskvalitet, i detta räknas inte stumpar med. Antagandet är inte verifierat med kvantitativ data och därmed finns en risk att parametern är felaktig. Variationer i stumpar utesluts då antagande om att återföring av dessa har införts.

En säkerhetsplats skapas för att undvika överfulla platser. Syftet med säkerhetsplatsen är att skapa utrymme för oväntat höga lagersaldon. Detta inträffar exempelvis när efterfrågan är ovanligt stor och lagerhållning av mer material än vanligt krävs. Ytterligare skall säkerhetsplatsen täcka upp för när verkligt lagersaldo överstiger det redovisade lagersaldot i affärssystemet. Längre lagerhållningstid än väntat, som är en följd av förtidiga inleveranser eller senareläggning av produktion, ger också upphov till ett högre lagersaldo vilket säkerhetsplatsen ska täcka. När lagersaldot är större än väntat är variationen positiv liksom variationen är negativ när lagersaldot är lägre än väntat. Vidare görs antagandet att inleveranskvantiteter aldrig överstiger den beställda kvantiteten. Det anses vara leverantörernas ansvar att leverera rätt kvantitet, där orderkvantiteten kan anpassas efter behov. Anpassning av orderkvantitet kan medföra ökade ordersärkostnader.

Lagerplats för varje papperskvalitet dimensioneras med utgångspunkt i respektive materialplaneringsmetod. Uträkningarna nedan ger det rekommenderade lagerplatsen för varje enskild papperskvalitet.

Det finns ingen definierad eller dokumenterad servicenivå på materialflödet ut från lagret, därför måste den ansättas. Minimalt önskas bibehållen servicenivå. Servicenivå för materialförsörjning ut från lagret till produktion ansätts till 99 % vilket antas vara godtagbart.

Lagerplatsernas servicenivå, alltså i hur stor utsträckning lagerplatserna räcker till, sätts till 95 %. I de fall platserna inte räcker till är avsikten att skapa en gemensam buffertplats med flytande lagerplacering.

Den maximala ledtidvariationen antas till en dag. Det innebär att beräkningar utgår från att inleverans kan ske en dag innan avtalad tid alternativt en dag efter avtalad tid.

Antaganden sammanfattas i följande punkter:

- Variationer i lagersaldo antas maximalt uppgå till en pappersrulle.
- Stumpar medför ingen variation i lagersaldo.
- För stora inleveranskvantiteter förekommer ej
- Orderkvantitet kan anpassas efter behov
- Servicenivå för materialförsörjning ut från lagret till produktion sätts till 99 %
- Ledtidvariationen antas vara en dag
- Lagerplatsernas servicenivå sätts till 95 %

Vidare fås medelefterfrågan och standardavvikelse för efterfrågan från förbrukningsstatistik för år 2013 och är beräknad per produktionsdag. Hänsyn till säsongsvariationer och trender tas ej. För ersättningsartiklar görs ett fullständigt utbyte för de artiklar där förbrukningshistoriken anses för kort för att ge tillförlitliga värden.

I avsnitt 6.3.1 -6.3.3 beskrivs arbetsgången för hur rekommenderat lagersaldo för varje enskild papperskvalitet som finns i lagerlistan tas fram. I avsnitt 6.3.4 *Beräkning av markplatser* beskrivs arbetsgången för hur lagersaldon har konverterats till markplatser.

6.3.1 Orderbunden materialförsörjning

I fallet där ledtiden är två dagar utnyttjas materialplaneringsmetoden orderbunden materialförsörjning. Ledtiden understiger planeringshorisonten, vilket möjliggör för materialförsörjning i fullständig enlighet med det verkliga behovet. Således uppstår inget behov som behöver tillgodoses med lagerhållat material. Följaktligen behöver inte säkerhetslagret dimensioneras för att täcka upp för efterfrågevariationer under ledtid. Avropet sker fyra dagar före förbrukningsdag och ledtiden är två dagar, vilket gör att materialet lagerhålls två dagar innan förbrukning. Dessa två dagar utgör en uppskattad säkerhetstid för variationer i ledtid och är den samma som i nuvarande arbetssätt.

En utveckling av formel (7) ger följande beräkning för säkerhetslager

$$SL = L \quad (12)$$

SL = Säkerhetslager [stycken pappersrullar]
 L = Säkerhetskvantitet pga. avvikelser i lagersaldo och inlevererade kvantiteter som understiger beställd kvantitet, satt till en pappersrulle. [stycken pappersrullar]

Säkerhetsplats fås enligt formel

$$SP = Z \sqrt{LAT * \sigma_D^2 + (\sigma_{LAT} * D)^2} \quad (13)$$

$$LAT = FT - LT \quad (14)$$

SP =Säkerhetsplats [stycken pappersrullar]
 Z = Säkerhetsfaktorn för 95 % [dimensionslös]
 LAT = Lagringstid [dagar]
 σ_D = Efterfrågans spridning under en tidsenhet [stycken pappersrullar/dag]
 σ_{LAT} = Spridning i lagringstid, antas vara en dag [dagar]
 D = Medelvärde i efterfrågan per tidsenhet [stycken pappersrullar/dag]
 FT = Framförhållningstid, 4 dagar [dagar]

Omsättningslager fås enligt formel

$$OL = LAT * D \quad (15)$$

OL = Omsättningslager [stycken pappersrullar]

Innan beräkning av totala lagerplatsen görs avrundningar för varje ingående term uppåt till närmaste heltal, avrundat tal markeras med index A. Avrundningen resulterar i att säkerhetsmekanismernas servicenivå ökar marginellt.

Lagerplatsens kapacitet fås slutligen enligt formel

$$LK = SL_A + SP_A + OL_A \quad (16)$$

LK =Lagerplatsens kapacitet [stycken pappersrullar]

6.3.2 Orderbunden materialförsörjning med en dags förskjutning

Orderbunden materialförsörjning innebär att man beställer material enligt behov. En förutsättning är att ledtiden är kortare än planeringshorisonten. Artiklar med 5 dagars ledtid uppfyller därmed inte detta kriterium och vissa alterneringar i metoden är nödvändiga. Reducerad återfyllnadsnivå används.

Framförhållningstiden är fyra dagar och ledtiden är fem. Detta innebär att material bör lagras så att det finns tillgängligt för produktion i dag fyra. Om avrop sker i motsvarande kvantitet som behov, i tidpunkten då det uppstår, fylls lagret upp till samma nivå som innan uttag följande dag.

Vidare kan konstateras att det skall lagras material för att täcka ett dagsbehov som motsvarar osäkerhetstiden. Rimligt är att dagsbehovet då är en sammansättning av en dags medel efterfrågan och ett säkerhetslager som tar upp variationer i efterfrågan, variationer i ledtid och variationer i lagersaldo. För att säkerställa materialtillgången beräknas kvantiteten som skall lagras enligt följande:

Säkerhetslagret beräknas med genom en omformulering av formel (7), enligt

$$SL = Z \sqrt{OT * \sigma_D^2 + (\sigma_{LT} * D)^2} + L \quad (17)$$

SL	= Säkerhetslager	[stycken pappersrullar]
Z	= Säkerhetsfaktorn för 99 %	[dimensionslös]
OT	= Osäkerhetstid	[dagar]
σ_D	= Efterfrågans spridning under en tidsenhet	[stycken pappersrullar/dag]
σ_{LT}	= Spridning i ledtid	[dagar]
D	= Medelvärde i efterfrågan per tidsenhet	[stycken pappersrullar/dag]
L	= Säkerhetskvanitet pga avvikelser i lagersaldo	[stycken pappersrullar]

Säkerhetslagret avrundas uppåt till närmaste heltal. Avrundat säkerhetslager benämns med index A.

Utifrån (6) kan den lagrhållna kvantiteten beräknas enligt:

$$\hat{A}F = D * (LT - FT) + SL_A \quad (18)$$

$$OT = LT - FT \quad (19)$$

$\hat{A}F$	= Återfyllnadsnivå	
D	= Medelvärde i efterfrågan per tidsenhet	[stycken pappersrullar/dag]
LT	= Ledtid, 5 dagar	[dagar]
FT	= Framförhållningstid, 4 dagar	[dagar]
SL	= Säkerhetslager	[stycken pappersrullar]
OT	= Osäkerhetstid	[dagar]

Säkerhetsplatsen utnyttjas för att förhindra överfulla lagerplatser som är en direkt följd av förtidiga inleveranser. Säkerhetsplats fås enligt formeln:

$$SP = Z\sqrt{(\sigma_{LAT} * D)^2} \quad (20)$$

SP	= Säkerhetsplats	[stycken pappersrullar]
Z	= Säkerhetsfaktorn för 95 %	[dimensionslöst]
σ_{LAT}	= Spridning i lagringstid	[dagar]

Innan beräkning av totala lagerplatsen görs avrundningar för varje ingående term uppåt till närmaste heltal, avrundat tal markeras med index A. Avrundningen resulterar i att säkerhetsmekanismernas servicenivå ökar marginellt.

Lagerplatsens kapacitet fås slutligen enligt formel

$$LK = \dot{A}F_A + SP_A \quad (21)$$

LK	= Lagerplatsens kapacitet	[stycken pappersrullar]
------	---------------------------	-------------------------

6.3.3 Undantagsfall

Artiklar med Ledtid 25 dagar och 30 dagar utgör en mycket liten del av råvarulagret och analyseras därför inte ytterligare. Lagerplats för dessa artiklar sätts som maximalt lagersaldo för år 2013.

6.3.4 Beräkning av markplatser

Vid beräkning av lagerplatsernas storlekar divideras det rekommenderade lagersaldot för varje papperskvalitet med antalet pappersrullar som är tillåtna att stapla på varandra. Kvoten avrundas uppåt till närmaste heltal och ger det minsta antalet staplar, eller antalet markplatser, för varje specifik papperskvalitet. Det bildas en buffert, på 1-3 pappersrullplatser för papperskvaliteter, i de fall då det rekommenderade lagersaldot understiger *antal pappersrullar i varje stapel* multiplicerat med *antalet staplar för respektive papperskvalitet*. En markplats storlek antas vara 1,7*1,9m². Måttet 1,9m sätts för att möjliggöra plockning. Det antas vara den minimala bredden på lagerplatsen som möjliggör plockning med truck. Pappersrullarna har en diameter på ca 1,5m. För att skapa mellanrum mellan varje stapel sätts markplatsens djup till 1,7m. Detta skapar en marginal på 0,2m till intilliggande stapel. Idag är marginalen 0,1m.

Det antal markplatser som krävs för att rymma det rekommenderade lagersaldot en papperskvalitet bildar tillsammans lagerrutan för denne. Resultatet av ovanstående beräkningar presenteras i Figur 6.1.

Lagerplats definierat efter antal staplar	Antal lagerplatser [stycken pappersrullar]	Antal markplatser [stycken staplar]
1	8	8
2	46	92
3	21	63
4	8	32
5	1	5
Summa	84	200

Figur 6.1 Tabellen redovisar resultat för beräkning av lagerplatser och markplatser.

De nya lagerplatserna är mindre än nuvarande. De utgörs till hälften av lagerplatser som tar upp två markplatser samtidigt som den största platsen upptar fem markplatser.

6.4 Framtagning av lagerlayout

En lagerlayout tas fram för de uträknade lagerplatserna med målet att frigöra plats för nya papperskvaliteter. Fasta lagerplatser med flytande lagerplatser som en gemensam buffertplats väljs för att skapa ett flexibelt lager med hög utnyttjandegrad. De beräknade lagerplatserna utgör de fasta lagerplatserna och den frilagda ytan kommer att kunna användas för de gemensamma buffertplatserna samt lagerhållning av nya papperskvaliteter. Den gemensamma buffertplatsen kommer att användas i de fall då de fasta lagerplatserna inte räcker till och minimerar risken för att pappersrullar tillfälligt placeras på yta som är avsedd för trucktrafik och hantering.

Layouten utformas för att åstadkomma:

- God utnyttjandegrad med en tjänlig hanteringseffektivitet
- Plockmöjlighet för samtliga lagerplatser
- Plockmöjlighet för samtliga utlastningsportar
- Frigjord yta för lagerhållning av nya papperskvaliteter

De beräknade lagerplatserna är anpassade efter behov och utgör en mindre markyta än i nuläget. Det ger en större möjlighet att kunna få plats med fler lagerplatser i den nya lagerlayouten. Fler lagerplatser skapar dock ett större behov av transportgångar för att varje lagerplats ska vara åtkomlig med truck. Fler transportgångar kan därför medföra ett lägre markutnyttjande av lagret. Lagerlayouten skapas med målet att minimera denna reduktion av utnyttjande. Truckgångar som är fyra meter breda, vilket motsvarar den minsta i dagsläget, används för att maximera utnyttjandet.

Vid placering av transportgångar måste även hänsyn tas till att samtliga utlastningsportar ska vara åtkomliga utan att behöva köra över någon av de andra utlastningsplatserna till produktionen. Utlastningsplatserna används för att i förberedande syfte placera pappersrullar, som

inom kort skall användas, nära produktion. Ytan är alltså belagd och kan inte användas för trucktrafik. Utlastningsplatserna är markerade i figur 4.2.

Hänsynstagande till rådande begränsningar i lagret måste göras för att behålla hanteringseffektiviteten. Papperskvaliteter med höjden 1,5 m är inte åtkomlig för truck vid placering på tågspåret och papperskvaliteter med en höjd på 2,5m kan inte placeras under balkar. Genom att utforma lagerplatserna i samma längdriktning som balkarna minimeras antalet lagerplatser som berörs av balkarnas begränsning. Pappersrullar som har en mindre höjd än 2,5m kan placeras på dessa platser.

Buffertplatser som skapas bör utformas i olika storlekar för att effektivt kunna möta det momentana behovet.

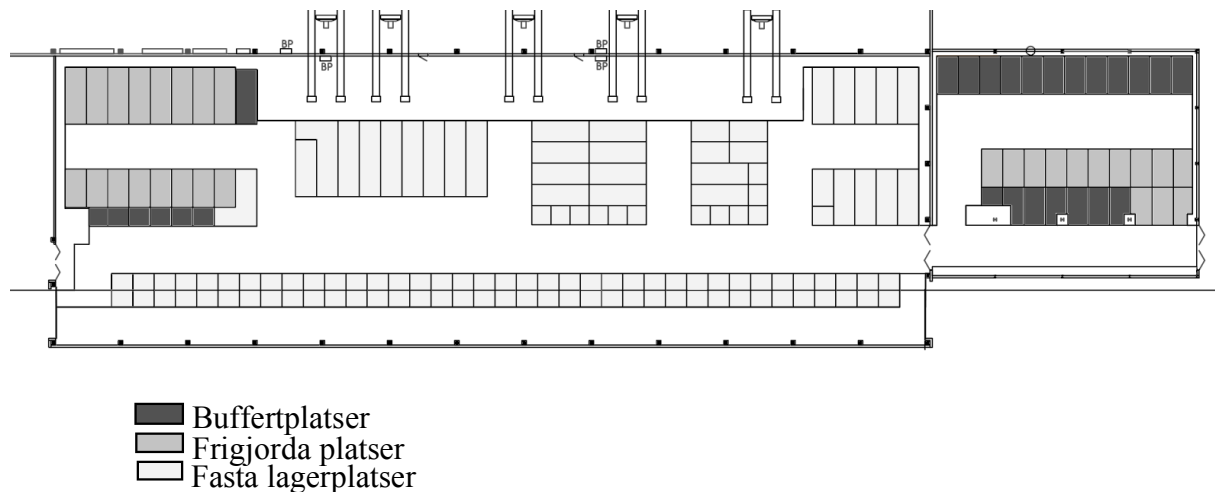
En lagerlayout samt antal lagerplatser och dess storlek presenteras under resultat.

7 RESULTAT

I följande avsnitt presenteras resultatet för ovanstående studie.

7.1 Presentation av lagerlayout

I Figur 7.1 presenteras den nya lagerlayouten som är framtagen enligt avsnitt 6.4 *Framtagning av lagerlayout*.



Figur 7.1 Förslag på ny lagerlayout.

Den främsta förbättringen med den nya lagerlayouten är att lagerplatser har anpassats efter dess verkliga behov. Den nya lagerlayouten utgörs av 84st fasta lagerplatser som varierar mellan en till fem markplatser i storlek, det motsvarar lagerplatser med plats för tre till 15st pappersrullar. De fasta lagerplatserna upptar knappt två tredjedelar av den yta som är belagd med lagerplatser. Resterande lagerplatser är buffertplatser och frigjorda lagerplatser för nya papperskvaliteter, dessa uppgår till 55st.

Den totala ytan för lagerplatser är 51 % av den brukbara ytan vilket kan jämföras med nuvarande 57 %. Minskningen av utnyttjandet förklaras av behovet av fler transportgångar vid fler och mindre lagerplatser. Antal lagerplatser har däremot ökat från 100st till totalt 139st lagerplatser. Antal lagerplatser på tågspåret beräknas genom att dela upp ytan i lagerplatser med en bredd som motsvarar ytan för en pappersrulle. Emellanåt används flera av dessa lagerplatser till en och samma papperssort men för att kunna jämföra de olika lagerlayouterna beräknas de på detta sätt. Om föreslagen lagerlayout skulle använts under år 2013 skulle maximalt 26st buffertplatser använts under en och samma dag. Med en liknande förbrukning och samma antal papperskvaliteter kommer behovet vara liknande under år 2014. Om materialplanering effektiviseras med angivna förslag kommer lagernivåer för respektive papperskvalitet att kunna sänkas varför 25st buffertplatser kommer att vara tillräckligt trots fler olika papperskvaliteter. Den nya lagerlayouten har alltså 30st frigjorda lagerplatser för nya papperskvaliteter. De flytande lagerplatserna är 25st. Under ett tillfälle under år 2013 förvarades 23st olika papperskvaliteter på flytande lagerplatser, 25st flytande buffertplatser är därför hanterbart utan systemstöd. Systemstöd rekommenderas dock för att kunna spåra papperskvaliteter och för att öka hanteringseffektiviteten. Viktigt är också att i affärssystemet redovisa vilka lagerplatser som är lediga och hur fyllnadsgraden för buffertplatserna är för att ge beslutsunderlag till diskussioner kring utbyggnad av lager.

7.2 Materialplanering

Analys av den materialplanering som råder på SEPack har resulterat i förbättringsförslag som kan minska lagernivåer och effektivisera materialflödet. De huvudsakliga bristerna som framkommit under analysen är ett bristande upplägg vid ett av företagets två VMI avtal, hög grad av tillförlitlighet till uppskattningar vid materialplanering samt avsaknad av dokumentation för olika variationer i materialflödet.

Det bristfälliga upplägget för VMI-avtalet kan förbättras om data som i dagsläget delas med leverantör kompletteras med behovsdata. Lager kan då styras med hjälp av orderbunden materialförsörjning och lagersaldon för dessa artiklar reduceras.

Materialplaneringen för samtliga artiklar kan förbättras om man i större utsträckning använder sig av statistiska metoder vid beslut av lämpliga säkerhetsmekanismer. Säkerhetsmekanismerna kan idag vara överdimensionerade och kan med hjälp av datainsamling och statistik analys verifieras och optimeras. Kontinuerlig datainsamling av avvikelser i ledtid, levererade kvantiteter, kvalitetsbrister från leverantör samt felaktiga lagersaldon upptäckta vid inventering rekommenderas. Det är både underlag för förbättringsarbete samt ansättning av parametrar i materialplaneringsmetoder t ex ansätts säkerhetstiden till två dagar vid orderbunden materialförsörjning. Det är en uppskattning men med hjälp av datainsamling för variation i ledtid och verklig ledtid skulle säkerhetstiden kunna ansättas på ett mer effektivt och anpassat sätt.

7.3 Arbetssätt i lager

Arbetssätt i lager bör i fortsättningen inkludera återföring av stumpar till system samt dokumentation av inventeringsresultat för att möjliggöra effektivare materialplanering.

7.4 Arbetssätt för infasning och utfasning av papperskvaliteter

Införande av ansvarsfördelning och standardiserat arbetssätt för utfasning av pappersrullar, som används i testproduktion, föreslås. Det förhindrar att provrullar upptar värdefull plats i råvarulagret.

8 DISKUSSION

I detta avsnitt diskuteras resultat, metod samt förslag till framtida studier.

8.1 Resultatdiskussion

Resultatet av studien medför att lagerplatsernas storlek och materialplanering är anpassade efter förbrukning, ledtid, variationer i lagersaldo och variationer i inleveranser och detta leder till mindre risk för överfulla platser, för stora platser och materialbrist. Det utgör samtidigt en objektiv bedömning och underlag för diskussion för att besluta om det går att ta in fler papperskvaliteter eller om ombyggnation är nödvändig.

Resultatet visar att fler papperskvaliteter kan rymmas i råvarulagret med de förbättringar som föreslagits. Fördelen med lagerlayouten är att antalet lagerplatser har ökat vilket är en följd av att lagerplatsernas storlek har minskat. Mindre rutor har skapat behov av fler gångar vilket innebär att en mindre del av den totala lagerytan utnyttjas till lagerplatser. Fler svängar kommer även att behöva göras för plockning av artiklar i vissa delar av lagret vilket försämrar hanteringen ytterligare.

Den främsta nackdelen som den nya lagerlayouten är att hanteringseffektiviteten möjligtvis kan minska. Gångbredderna har satts till det minsta måttet i dagens lagerlayout. Ju mindre gångarna är desto större är risken för godsskador eller att hanteringstiden ökar. I den satta gångbredden kan man inte svänga ett helt varv med truck. Den föreslagna lagerlayouten har återvändsgränder där truck måste backa ut vilket försämrar hanteringseffektiviteten. Är det önskvärt att undvika detta kan fler gångar skapas men detta skulle minska antalet lagerplatser.

I den nya lagerlayouten har ingen differentiering av artiklar gjorts men ett framtida förslag är att placera artiklar med högst plockfrekvens vid de mest lättillgängliga lagerplatserna med hjälp av en ABC-klassificering, det för att öka hanteringseffektiviteten.

De nya papperskvaliteternas behov av lagringsutrymme är okänt. De lagerplatser som är uppritade som frigjorda platser är alltså inte direkt anpassade till de nya pappersorterna. Den funktion de utritade platserna fyller är snarare att åskådliggöra den frigjorda ytan. Att formatera om dessa lagerplatser kan vara nödvändigt.

Ytterligare förbättringar kan göras för att på ett ännu mer anpassat sätt dimensionera lagerplatserna och för att uppnå en mer effektiv materialplanering. Ansättningar som gjorts för variationer i inleveranser, variationer i lagersaldo och servicenivåer är delvis baserade på uppskattningar, att samla in data och verifiera de ingående parametrarna är rekommenderat. Systemstöd skulle underlätta i framtiden för att kunna uppdatera materialplaneringsparametrar effektivt och kunna göra bedömningar av hög kvalitet.

Lösningförslaget innehåller en del fasta platser och en del flytande. Vid införande av systemstöd för lagerlayout skulle en större andel flytande lagerplatser kunna användas och lagerlayouten skulle bli mer flexibel och anpassningsbar. Den begränsning som i dagsläget finns är att artiklarnas placering inte är dokumenterad och den blir därmed med stationär. Systemstöd med flytande platser skulle även underlätta arbetet med FIFO.

8.2 Metoddiskussion

Nedan diskuteras nio punkter gällande de metodval och antaganden som gjorts, som inverkar på utfallet av studien.

- Då begränsning kring frågor av ekonomisk karaktär gjorts för studien, frångås alla ekonomiska aspekter vid val av metoder och vid nödvändiga antaganden och ansättningar. Det gäller till exempel antagandet om att materialflödet helt kan anpassas till behov trots att det skulle kunna ge upphov till högre ordersärkostnader. En avvägning av lösningsförslagets nytta, alltså vinsten i form av frigjord yta, bör ställas mot de kostnader som är kopplade därtill. Dessa bör även avvägas mot andra alternativ som kostnader för ombyggnation av lager. Att lösningsförslaget i denna studie skulle vara det mest fördelaktiga för verksamheten är därför svårt att säga.
- Vid beräkning av medelefterfrågan har ingen hänsyn tagits till trender. Detta resulterar i att ingående parametrar i beräkning av lagerrutor kan vara felaktiga. Artiklar vars efterfrågan till exempel har en ökande trend riskerar att ha underdimensionerade platser eftersom rutornas storlek bygger på förbrukningshistorik från ett år tillbaka. Trender tas i viss mån upp i säkerhetsplatser och säkerhetslager som delvis baseras på avvikelser i förbrukning. Men om trendutveckling fortsätter är det oundvikligt att dessa säkerhetsmekanismer blir otillräckliga. Trendanalys bör alltså göras och rutorna bör dimensioneras på en medelförbrukning som bättre motsvarar aktuell förbrukning. Motsvarande gäller för nedåtgående efterfrågetrender med överdimensionerade lagerplatser som följd.
- I denna studie har ingen analys gjorts av härledda behov. Säkerhetsmekanismerna är därmed inte dimensionerade för att täcka dessa. Med detta resonemang menas att efterfrågan på särskilda wellpappkvaliteter inte har översatts verklighetsenligt till behov av specifika papperskvaliteter. Wellpappkvalitet är en sammansättning av en eller flera papperskvaliteter. Visar det sig att behov av samma papper behövs för att en specifik wellpappkvalitet efterfrågas, bör en större pappersmängd vara tillgänglig, alltså ett större säkerhetslager så att material finns för att kunna slutföra orden. Finns endast en pappersrulle hemma när det krävs fler för tillverkning av kvaliteten tillför ju inte den ensamma pappersrullen något värde. Detta gäller endast artiklar där ledtid överstiger framförhållningstiden. Vidare borde transportavtal för artiklar med ledtid 5 dagar revideras. Återstående artiklar som berörs är två till antalet.
- Då det saknas information om nuvarande servicenivå för materialflödet ut från lagret har ansattes den nya till 99 %. Det som bör ses över angående denna ansättning är om den är tillräcklig för att nå verksamhetens mål. Risker finns att faktorn är underdimensionerad och att den bör ha ett högre värde vilket innebär att säkerhetslager, och därmed lagerplatserna, växer. Att ha i åtanke är att små ökningar i servicenivå kan generera stora ökningar i säkerhetslager (Jonsson & Mattsson, 2013b).
- Rutmått som använts i den nya lagerlayouten är väl tilltagna. Markplatsens djup sattes till 1,7m vilket ger en marginal på 0,2m mellan varje stapel. Vid senare observationer i lagret har det framkommit att denna marginal istället närmar sig 0,1m. Detta innebär att de lagerplatser som ritats ut i lösningsförslaget är något överdimensionerade. Om ytan blir tillräckligt stor för lagerhållning av stump eller pappersrulle ökar

platsens servicenivå. Ytterligare en effekt av detta är att gångarna blir bredare vilket i sin tur ökar hanteringseffektiviteten.

- Antagande om att stumpar kommer att återföras i lagersystem för att erhålla rätt lagersaldon har gjorts. Stumpar får endast staplas i höjd om två stycken, detta har inte tagits hänsyn till, utan beräkningar har gjorts för staplingshöjder om tre och fyra stycken pappersrullar. Konsekvensen blir att det i verkligheten kan uppstå ett större antal staplar än vad beräkningarna antyder.
- Den förbrukningshistorik som studien baserats på har visat sig innehålla till en liten grad missvisande data. Det gäller felaktiga inleverans- och förbrukningsdatum. Vid beräkningar har datum angivna i förbrukningshistorik antagits vara sanna vilket medför att resultaten av studien är missvisande. Beräkning av lagersaldon baseras på inleverans- och förbrukningsdatum. Analysen som gjorts av omsättningshastigheten för de olika materialplaneringsmetoderna bygger på lagersaldoberäkningen och analysens trovärdighet påverkas därmed.
- Ytterligare ett antagande som gjorts är att efterfråga och variationer i ledtid är normalfördelade. Efterfrågemönstret har inte analyserats och därför har ingen annan fördelning granskats. Antagandet är inte verifierat och påverkar därmed ytterligare trovärdigheten.
- Lagerplatserna har beräknats för de artiklar som finns i lagerlistan, som antagits vara konstant över tiden. Huruvida detta är sanningsenligt eller måste verifieras. Uppdatering av lagerlista och därmed en uppdatering av lagerlayout kan vara nödvändig.

9 SLUTSATS

I detta kapitel presenteras slutsatser som studien resulterat i.

Resultatet av denna studie påvisar att det är möjligt att minska lagernivåer med hjälp av en effektiviserad materialplanering och att det tillsammans med en anpassad lagerlayout kan öka möjligheten för lagerhållning av ett större antal olika artiklar. För att detta ska vara genomförbart och resultera i ett väl fungerande materialflöde krävs dock tillgång till data av god kvalitet över de osäkerheter som förekommer i materialflödet. Vidare behöver arbetssätt i lager och materialplanering inkludera dokumentation och uppdatering av dessa osäkerhetsparametrar. Arbetssätt i lagret har alltså även det en betydande roll för att möjliggöra för lagerhållning av fler artiklar. Arbetssätt som råder bör medföra att lagerartiklar som inte längre används i produktion plockas ur lagret för att frigöra plats åt nya artiklar.

Viktigt att nämna är att i strävan efter att utnyttja en lagerlokals yta maximalt bör hänsyn till hanteringseffektivitet tas. För att öka hanteringseffektiviteten bör faktorer som påverkar hanteringsarbetet beaktas t ex kan transportsträckor minimeras genom att placera artiklar efter dess uttagsfrekvens.

En effektiv lagerlayout kan minska hanteringsarbetet och möjliggöra för lagerhållning av fler artiklar samtidigt som en väl fungerande materialplanering kan frigöra plats i lager genom minskade lagernivåer. Materialplanering, lagerlayout och arbetssätt i lager, är således starkt sammankopplade. Slutsatsen som tas är att en förbättrad lagerlayout som understöds av en väl fungerande materialplanering kan ge förutsättningar för att lagerhålla fler olika artiklar och på så sätt kunna förse produktionen med ett ökat papperskvaliteter. I slutändan kan detta leda till konkurrensfördelar i form av att kunna erbjuda kund mer flexibla och kostnadseffektiva lösningar och även ökad leveransprecision till kund.

10 REKOMMENDATIONER TILL FÖRETAGET

I detta kapitel sammanställs förslag på förbättringar som rekommenderas till företaget.

Rekommendationer till företaget sammanställs här i en punktlista.

- Samtliga leverantörer med VMI-upplägg bör få tillgång till behovsdata för att möjliggöra orderbunden materialförsörjning. Alla artiklar med ledtid som understiger planeringshorisont styrs fördelaktigen med denna metod då låga lagernivåer erhålls. Alternativt skulle VMI-lösningarna avskaffas så att SEPack ansvarar för avropet för alla dessa artiklar.
- Friläggning av ytor sker om transportavtal för artiklarna Call-off (5 dagar) omarbetas. Aktuella avtal innebär att ledtiden överstiger framförhållningstiden, och höga lagernivåer är således nödvändiga. Därför bör möjligheterna att arbeta fram ett nytt avtal med transportör för Call-off (5 dagar) ses över, det för att kunna erhålla kortare ledtid och styra dessa artiklar med samma metod som för Call-off (2 dagar).
- Återför stumpar för att erhålla mer verklighetstroga lagersaldon i affärssystemet, och på så vis eliminera risken att för stora kvantiteter avropas.
- Inför datainsamling av ledtider och dess avvikelser, inventeringshistorik och avvikelser i levererat antal brukbara artiklar från leverantör jämfört med avropad kvantitet för att kunna förbättra materialflöde samt verifiera antagna parametrar i materialplaneringsmetoder samt beräkning av lagerplatser.
- Inför ett standardisera arbetssätt för utfasning av provrullar för att undvika att dessa blir ståendes på lagret och upptar dyrbar yta.
- Inför uppföljning av lagersaldo samt servicenivå för lagrets utgående materialflöde.
- Se över möjligheter att instifta systemstöd för införande av flytande lagerplatser.
- Inför rekommenderad lagerlayout efter verifiering av parametrar samt ställningstagande till gjorda antaganden

11 REFERENSER

Andersson, B.-E., 2005. *Som man frågar får man svar - en introduktion i intervju- och enkätteknik*. Stockholm: Nordstedts Akademiska Förlag.

Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2003. The implications of fit between planning environments and manufacturing planning and control methods. *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 872-900.

Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2010. *Logistik: läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur AB.

Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2013a. *Lagerstyrning i svensk industri: 2013 års användning, användningssätt och trender*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2013b. *Material- och produktionsstyrning*. Lund: Studentlitteratur AB.

Jonsson, P. & Mattsson, S.-A., 2014. *Best practice vid lagerstyrning i svensk industri*, Göteborg: Logistikföreningen PLAN och Chalmers tekniska högskola.

Lambert, D., Stock, J. & Ellram, L., 2001. *Fundamentals of Logistics Management*. Amerika: McGraw Hill Higher Education.

Lumsden, K., 2012. *Logistikens Grunder*. Lund: Studentlitteratur AB.

Mattsson, S.-A., 2009a. *Handbok i materialstyrning - Del C Materialstyrningsmetoder: Beställningspunktssystem med saldoberoende orderkvantiteter*. [Elektronisk]
Tillgänglig:
http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20C/c12_bestallningspunktssystem_med_saldoberoende_orderkvantiteter.pdf
[Använd 12 Maj 2014].

Mattsson, S.-A., 2009b. *Handbok i materialstyrning - Del C Materialstyrningsmetoder: Reservationshantering i beställnings-punktssystem*. [Elektronisk]
Tillgänglig:
http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20C/c17_reservationshantering_i_bestallningspunktssystem.pdf
[Använd 12 Maj 2014].

Mattsson, S.-A., 2009c. *Handbok i materialstyrning - Del C Materialstyrningsmetoder: Välja materialstyrningsmetod – En översikt*. [Elektronisk]
Tillgänglig:
http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20C/c01_valja_materialstyrningsmetod.pdf
[Använd 5 April 2014].

Mattsson, S.-A., 2009d. *Handbok i materialstyrning - Del E Bestämning av säkerhetslager: Säkerhetslager uttryckt som säkerhetstäcktid*. [Elektronisk]
Tillgänglig:
http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20E/e30_sakerhetslager_uttryckt_som_sakerhe

tstid.pdf

[Använd 15 april 2014].

Mattson, S.-A., 2009e. *Handbok i materialstyrning - Del E Bestämning av säkerhetslager: Säkerhetstid baserat på servicenivå för leveranstidpunkter*. [Elektronisk]

Tillgänglig:

http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20E/e33_sakerhetstid_baserat_pa_serviceniva_for_leveranstidpunkter.pdf

[Använd 15 april 2014].

Mattsson, S.-A., 2009f. *Handbok i materialstyrning - Del E Bestämning av säkerhetslager: Uppskattad säkerhetstid*. [Elektronisk]

Tillgänglig:

http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20E/e31_uppskattad_sakerhetstid.pdf

[Använd 15 april 2014].

Mattson, S.-A., 2009g. *Handbok i materialstyrning- Del E Bestämning av säkerhetslager: Välja buffertmekanism för hantering av*. [Elektronisk]

Tillgänglig:

http://www.lagerstyrningsakademin.se/Hbok%20E/e01_valja_buffertmekanism_for_att_hante_ra_osakerheter.pdf

[Använd 15 april 2014].

Mattsson, S.-A., 2010. *Är det någon skillnad på våra vanligt använda materialplaneringsmetoder?*. [Elektronisk]

Tillgänglig: <http://www.lagerstyrningsakademin.se/Artiklar/LSD07.pdf>

[Använd 10 Mars 2014].

Ohlsson, J.-E., 1989. *Materialstyrning*. Stockholm: MekaNova.

Persson, G. & Virum, H., 1996. *Logistik för konkurrenskraft*. Malmö: Liber-Hermods.

Skärvad, P.-H. & Olsson, J., 2011. *Företagsekonomi 100*. 15:3 red. Malmö: Liber.