

MITTUNIVERSITETET

Institutionen för informationsteknologi och medier (ITM)

Examinator: Aron Larsson, aron.larsson@miun.se

Handledare Mittuniversitetet: Leif Olsson, leif.olsson@miun.se

Handledare: Lars Eriksson, Elpress AB, lars.eriksson@elpress.se

Författarens e-postadress: rolu0901@student.miun.se

Utbildningsprogram: Civilingenjör industriell ekonomi, 300 hp

Omfattning: 8279 ord inklusive bilagor

Datum: 2012-09-28



Examensarbete inom
Industriell organisation och ekonomi GR(C) IG023G,
15 hp

Lagerhantering

En optimering av Elpress varulager

Robert Lundgren

Sammanfattning

Syftet med undersökningen har varit att hitta en optimal nivå för ett urval av Elpress varulager samtidigt som leveransförmåga och därmed konkurrenskraft bibehålls eller förbättras. Elpress lageromsättning har dessutom jämförts med de största konkurrenterna. Resultatet baseras på en optimeringsmodell som konstruerats för att minimera den totala kostnaden för varje produkt. En statistisk analys har genomförts för att hitta optimala säkerhetslager givet rådande variation i efterfrågan. Samtliga produktkostnader för respektive produkt har beräknats och en testimplementering av olika prognosmodeller har genomförts. Undersökningen har visat att Elpress i dag använder den prognosmodell som ger den minsta absoluta avvikelser, dvs. exponentiell utjämning. Undersökningen visar inget entydigt resultat att samtliga lagernivåer eller orderkvantiteter skulle vara för små eller stora. Dock har det påvisats att Elpress med hjälp av optimeringsmodellen hade sänkt sina produktkostnader under fjolåret med cirka 170 000 kronor. Undersökningen har också visat att Elpress lageromsättningshastighet är likvärdig dess största konkurrenter. Resultatet är förmodligen rättvisande för produkter som produceras i stora volymer men något mer missvisande för lågvolymprodukter. Att variera ställkostnaden med konjunkturen har angivits som ett förbättringsförslag. Dessutom har det föreslagits att Elpress bör flytta extrapersonal när maskiner med dyr ställkostnad ska ställas. Slutligen har konstaterats att det effektivaste sättet att reducera lagret är kännedom om framtiden, och därför måste prognoserna ständigt förbättras.

Nyckelord: Lagerhantering, Kapitalbindning, Optimering.

Abstract

The purpose of this report is to find an optimal level for a selection of Elpress inventories while delivery of performance and thus competitiveness is maintained or improved. Elpress inventory turnover has also been compared with its major competitors. The results are based on an optimization model designed to minimize the total cost of each product. A statistical analysis has been conducted in order to find the optimal safety stock given the current variation in demand. All the product costs for each product have been calculated and a test implementation of the various forecasting models has been implemented. The study has shown that, at the present time, Elpress uses a forecast model that gives the smallest absolute deviation, thus exponential smoothing. The study shows no clear result as to whether all inventory levels or order quantities would be too small or large. However, it has been shown that Elpress by using the optimizing model had reduced its product costs last year by about SEK 170 000. The study has also shown that the Elpress inventory turnover is similar to that for its major competitors. The result is probably true for products that are produced in large volumes but somewhat more misleading for low-volume products. Varying the set cost of economic activity has been suggested as a proposal for improvement. Furthermore, it has been suggested that Elpress should move extra staff at the time when machines with expensive set up costs are to be set. Finally, it has been determined that the most effective means of reducing the inventory is to be aware of the future, therefore the forecasts must be constantly improving.

Keywords: Inventory Management, Capital tie, Optimization.

Förord

Jag vill i samband med slutförandet av denna rapport passa på att tacka ett antal personer som varit till stor hjälp under genomförandet av detta examensarbete. Mina tack går till Lars Eriksson som varit min handledare på Elpress och givit mig förtroendet att genomföra detta arbete. Tack även till Leif Olsson, min handledare på Mittuniversitetet som stöttat och hjälpt mig under arbetet. Slutligen ett stort tack till Elpress AB och alla deras anställda som har varit mig behjälplig under arbetets gång.

Robert Lundgren

Innehållsförteckning

Sammanfattning	ii
Abstract	iii
Förord	iv
Innehållsförteckning	v
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund och problembeskrivning.....	1
1.2 Övergripande syfte	1
1.3 Avgränsningar.....	1
1.4 Konkreta och verifierbara mål	2
1.5 Disposition	2
2 Teoretisk referensram	3
2.1 Kapitalbindning.....	3
2.2 Pareto-analys	4
2.3 Prognosmodeller för efterfrågan	5
2.3.1 Exponentiell utjämning	6
2.3.2 Exponentiell utjämning med trendfaktor	7
2.3.3 Exponentiell utjämning med säsongsmönster	8
2.4 Grundläggande statistik.....	9
2.4.1 Medelvärde	9
2.4.2 Standardavvikelse	10
2.4.3 Normalfördelning	10
2.5 Bestämning av säkerhetslager och beställningspunkt.....	11
2.5.1 Säkerhetslager	11
2.5.2 Beställningspunkt	12
2.6 Produktkostnader	12
2.6.1 Tillverkningskostnad	12
2.6.2 Ordersärkostnad	13
2.6.3 Ställkostnad	13
2.6.4 Lagerhållningssärkostnad	14
2.6.5 Övriga produktkostnader	16
2.7 Optimeringslära	16
2.7.1 Lingo	16
2.8 Konkurrensanalys	16
3 Metod	17

3.1	Matematisk optimeringsmodell.....	17
4	Resultat.....	21
4.1	Val av produkter	21
4.2	Prognosmodeller	22
4.3	Fastställande av säkerhetslager och beställningspunkt	24
4.4	Beräkning av ordersärkostnad.....	25
4.5	Beräkning av ställkostnad.....	26
4.6	Beräkning av tillverkningskostnad	27
4.7	Total produktkostnad.....	28
4.7.1	Nuvarande kostnad	28
4.7.2	Optimerad kostnad	29
4.8	Konkurrensanalys	30
5	Slutsats	31
	Källförteckning.....	35
	Bilaga A: Normalfördelning	39
	Tabell av sambandet mellan Z och den kumulativa sannolikhetsfunktionen.....	39
	Bilaga B: Programkod för optimeringsmodell	40
	Bilaga C: Fastställande av säkerhetslager och beställning.....	41
	Bilaga D: Beräkning av ordersärkostnad.....	42
	Bilaga E: Beräkning av ställkostnad	44
	Bilaga F: Beräkning av tillverkningskostnad och lagervärde	45

1 Inledning

Kapitalbindning är ett ständigt debatterat ämne i såväl finansiella som företagskretsar. Kapitalbindning kan exempelvis vara kundfordringar, produkter i arbete och råvaru- eller färdigvarulager.

1.1 Bakgrund och problembeskrivning

Ur ett lednings- eller ägarperspektiv ska företag alltid reducera sin kapitalbindning för att uppnå maximal avkastning på det egna kapitalet, och bundet kapital ger ingen avkastning.

Elpress AB är sedan år 1959 ett tillverkande företag med fäste i Kramfors, Sverige men har dotterbolag i Danmark, Tyskland och Kina. Företaget utvecklar, producerar och marknadsför kompletta kontaktpressningssystem för elektriska ledarförbindningar. Elpress är i dag marknadsledande i Norden men företagets kunder finns i fler än 50 länder. Elpress har i dag omkring 160 anställda.[1]

Felaktiga nivåer av kapitalbindning i varulager kan leda till onödiga förluster för företag. En för hög lagernivå ger minskad lageromsättning och kassaflöde, dessutom innebär det en onödig lagerkostnad. En för låg lagernivå kan däremot leda till sämre servicegrad, konkurrensförmåga och högre tillverkningskostnad. Det är därför viktigt för företag att ha kontroll på sitt lager och ligga på rätt nivå. För att kunna säkerställa rätt lagernivå krävs kännedom om en mängd saker exempelvis efterfrågan, orderstorlek, produkt, flöde, tillverkningskostnad, minsta orderstorlek, ställkostnad och kundens krav.

1.2 Övergripande syfte

Uppdraget är att identifiera en lagernivå för ett antal av Elpress i Kramfors produkter som är optimal i kostnadsaspekt, samtidigt som servicegrad och konkurrenskraft bibehålls eller förbättras. Förhoppningen är att utredningen ska ge Elpress AB insikt i hur väl anpassat dess färdigvarulager är till verksamhet och konkurrenssituation.

1.3 Avgränsningar

Undersökning genomförs på ett urval av Elpress produkter med inriktning på de produkter som har störst lagerkostnad.

1.4 Konkreta och verifierbara mål

Undersökningens resultat ska visa på hur väl Elpress varulagernivå är anpassad till företagets verksamhet. Detta sker under krav på att nuvarande servicegrad och därmed konkurrenskraften bibehålls. En optimeringsmodell som kan användas för att beräkna detta ska upprättas. Undersökningen ska också visa vilken prognosansats som ger den minsta avvikelser från verkligheten. Dessutom ska Elpress kapitalbindning jämföras med konkurrerande företag.

1.5 Disposition

Kapitel 2 visar den teoretiska referensram som krävs för förståelse av rapportens resultatdel. Vidare beskrivs i kapitel 3 den undersökningsmetod och modell som ligger till grund för resultatet som presenteras i kapitel 4. Slutligen visas slutsatser utifrån resultatet i kapitel 5, där även förbättringsmöjligheter presenteras.

2 Teoretisk referensram

Kapitel 2, den teoretiska referensramen, syftar till att skapa en grundläggande förståelse för rapportens centrala begrepp för att underlätta fortsatt läsning. I kapitel 2.1 beskrivs kapitalbindningsbegreppet. Därefter redogörs begreppet paretoanalys i kapitel 2.2. Vidare visas prognosmodeller för efterfrågan i kapitel 2.3 medan en grundläggande statistisk förståelse ges i kapitel 2.4. Därefter förklaras säkerhetslager och beställningspunkt i kapitel 2.5. I kapitel 2.6 beskrivs de kostnader som kan hänföras till en produkt och slutligen förklaras teorin kring optimeringslära i kapitel 2.7.

2.1 Kapitalbindning

Med kapitalbindning avses det kapital som företag har bundet i exempelvis kundfordringar, varulager, råvarulager eller maskiner [2]. Detta kapital genererar inga intäkter och kan inte användas vid betalning. [3]

Att som företag sträva mot att reducera kapitalbindningen är således naturligt då denna inte bidrar till någon förräntning av det egna kapitalet och belastar balansräkningen. Detta bidrar till ett ökat krav på lönsamhet för verksamheten för att uppnå en önskad avkastning på det egna kapitalet. Trots detta har svenska företag inte lyckats särskilt väl med att reducera kapitalbindningen i form av lager. Under 1990-talet hade svenska tillverkande företag nästan dubbelt så höga lagerkostnader i förhållande till omsättningen jämfört likvärda västeuropeiska eller amerikanska bolag. [3]

Vanligt är att ledningen ser en minskad möjlighet att finansiera verksamheten (likviditet), samtidigt som kapitalbindningen har ökat. Ledningen startar därför ett projekt med målsättning att minska lagret, dock utan att ta hänsyn till de konkurrens fördelar en väl anpassad lagernivå kan ge ett företag. [3]

Lager visas dock i balansräkningen som en tillgång, men lager bör också till viss del ses som en tillgång. Alla lager har tre delar: en säkerhetsdel, en nyttig del och en onödig del. Den nyttiga delen bidrar till leveransförmåga, konkurrenskraft och kundnöjdhet. Säkerhetsdelen är en buffert för att klara av variationer eller fel i prognosen för efterfrågan. Denna del bidrar således även den till ökad leveransförmåga, konkur-

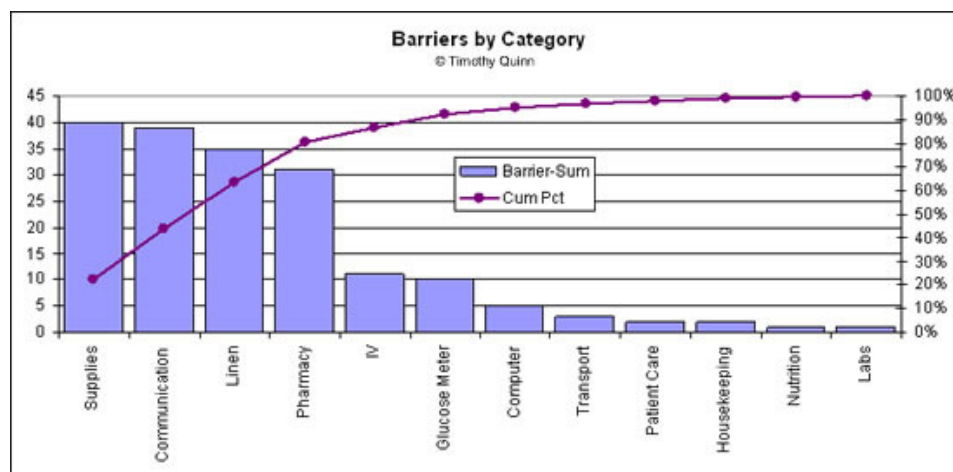
renskraft och kundnöjdhet. Den onödiga delen är den som inte skapar något värde och bör därmed minimeras. [4]

2.2 Paretoanalys

Paretoanalysen är en statistisk teknik inom beslutsområden som används för att urskilja ett mindre antal produkter som representerar en betydande del av underlaget. Metoden är uppkallad efter Vilfredo Pareto, italiensk ekonom, som upptäckte att 80 procent av landets inkomst fördelades över 20 procent av befolkning. I detta bottnar paretoprincipen, alternativt 80/20-regeln, som säger att 80 procent av nyttan nås genom 20 procent av arbetet. Paretoprincipen kan appliceras på det mesta. Exempel är omsättning, defekter, förseningar, problem och lager. [5]

Paretoanalysen utförs genom att urvalet sorteras fallande utifrån dess nyttobidrag. Därefter bestäms den kumulativa procentsats som varje enskild kategori från urvalet bidrar med till den totala nyttan, dvs. kategorin summerat med föregående kategoriers bidrag. Slutligen beskrivs detta i en graf som blir underlag för analys. [6]

I figur 2.1 visas ett exempel av en paretoanalys. Staplarna visar varje kategoris bidrag med värde på den vänstra vertikala axeln. Den lila linjen visar kategoriernas kumulativa bidrag till den totala nyttan och procentsatsen visas på höger vertikala axel.



Figur 2.1: Exempel – Paretoanalys [6]

2.3 Prognosmodeller för efterfrågan

En prognosmodell innebär att uppskatta ett framtida utfall utifrån historiska data eller trender. Det finns flera olika modeller som används för detta, där modellerna har olika styrkor. Det är därför viktigt att analysera vilken modell som är lämpligast att använda. Detta kan göras genom att granska underlaget i vilket prognosen har sin grund. Ett bra mått för att utvärdera en modells tillförlitlighet är *MAD*, den absoluta medelavvikelsen för prognosen. *MAD* beräknas enligt ekvation 2.1, där e_i är avvikelsen för prognos period i och n är antalet perioder. [7]

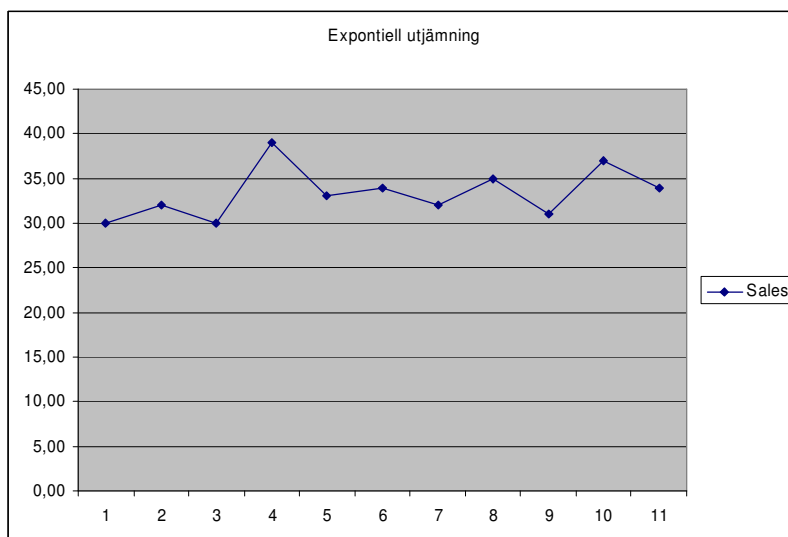
$$MAD = \frac{\sum |e_i|}{n}, \quad (2.1)$$

2.3.1 Exponentiell utjämning

Exponentiell utjämning är en bra ansats för serier där efterfrågan varierar kring ett givet värde. Modellen tar hänsyn till föregående prognos och viktar samman denna med det verkliga utfallet för perioden. Modellansatsen visas ekvation 2.2, där A_t är prognos för efterfrågan kommande tidsperiod efter att utfallet för den senaste perioden observerats. A_{t-1} är en prognos för den senaste perioden och x_t är utfallet i samma period. En utjämningskonstant α , som uppfyller villkoret, $0 < \alpha < 1$, ansätts för att bestämma vikten av prognos och verkligt utfall. [7]

$$A_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1}, \quad (2.2)$$

Modellen kan optimeras genom att testa den för historiska data och hitta det α som ger lägst MAD [8]. I figur 2.2 visas ett exempel på en trend där exponentiell utjämning är en lämplig ansats.



Figur 2.2: Exponentiell utjämning

2.3.2 Exponentiell utjämning med trendfaktor

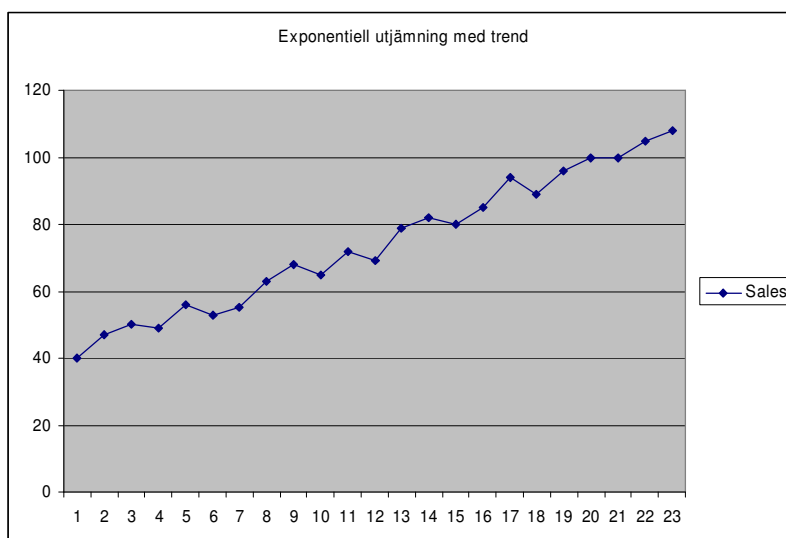
Exponentiell utjämning med trendfaktor är en modell som är anpassad för serier där en tydlig linjär trend finns. Metoden kallas även för Holts metod och påminner om exponentiell utjämning men i den här metoden har även en trendfaktor införts. Modellen visas i ekvationerna 2.3-2.5. P_t är prognosiell efterfrågan för kommande tidsperiod, L_t är prognosiellt basvärde, T_t prognosiell trend, och x_t är utfallet i samma period. L_{t-1} och T_{t-1} är prognoser för föregående tidsperiod. α är utjämningskonstant för basvärdet och β för trenden. Båda antar värden mellan 0 och 1. [7]

$$L_t = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}), \quad (2.3)$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}, \quad (2.4)$$

$$P_t = L_{t-1} + T_{t-1}, \quad (2.5)$$

Figur 2.3 visar ett exempel där exponentiell utjämning med trendfaktor är en lämplig ansats.



Figur 2.3: Exponentiell utjämning med trend

2.3.3 Exponentiell utjämning med säsongsmönster

Ytterligare en modifikation av exponentiell utjämning finns i Winters metod, som till skillnad från tidigare beskrivna metoder dessutom innehåller en säsongsfaktor.

Modellen visas i ekvation 2.6-2.8, där ekvationen för trend (2.7) är identisk med 2.4, också den för beräkning av trend. Modellens första ansats är att längden på säsongsmönstret, c , bestäms: $c=12$ för månadsvis data och $c=4$ för kvartalsdata. s_t är säsongsfaktorn för säsong t , dvs. förväntad försäljning under säsong t dividerat med försäljning en medelmånad. L_t , T_t och x_t behåller samma betydelse som i kapitel 2.3.2 – Exponentiell utjämning med trendfaktor. α , β och γ är återigen utjämningskonstanter. P_t är prognosen för nästkommande månad.[7]

$$L_t = \alpha \cdot \frac{x_t}{s_{t-c}} + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} - T_{t-1}), \quad (2.6)$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1}, \quad (2.7)$$

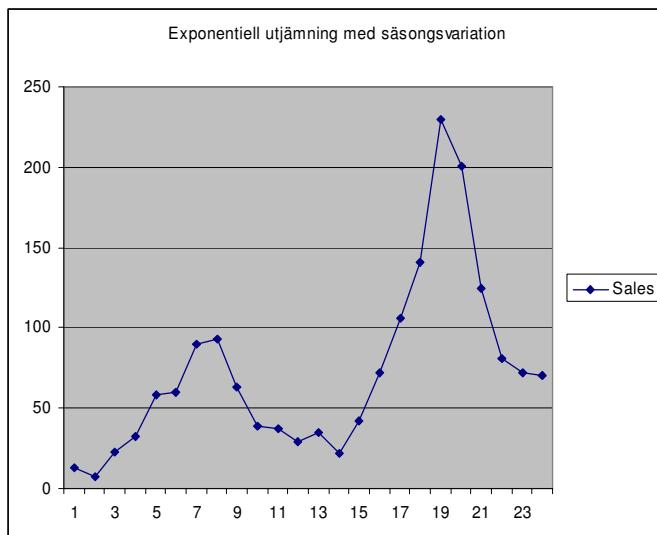
$$s_t = \gamma \cdot \frac{x_t}{L_t} + (1 - \gamma) \cdot s_{t-c}, \quad (2.8)$$

$$P_{t+1} = (L_t + T_t) \cdot s_{t-c}, \quad (2.9)$$

För att åstadkomma bra prognoser med Winters metod, krävs bra ursprungsuppskattningar av basvärdet, trendfaktorn och de olika säsongsfaktorerna. Detta kan enklast utföras utifrån historiska data. [7]

T_0 kan beräknas genom att subtrahera försäljningen för två år tillbaka från försäljningen för ett år sedan och därefter dividera med c i kvadrat. För att bestämma L_0 beräknas medelförsäljningen per säsong under fjolåret. Detta är basvärdet för mitten av fjolåret, och därför adderas $c \cdot T_0/2$ till basvärdet. Genom att beräkna faktorn som försäljningen under en säsong uppgår till av den genomsnittliga försäljningen per säsong, ges årets säsongsfaktor. Genom att beräkna ett medelvärde av föregående års säsongsfaktorer ges en bra approximation på säsongsfaktorerna. [7]

Figur 2.4 visar ett exempel där exponentiell utjämning med säsongsmönster är en lämplig ansats.



Figur 2.4: Exponentiell utjämning med säsongsmönster

2.4 Grundläggande statistik

Statistik är uppgifter som beskriver en företeelse eller fråga, ofta i form av siffror. Till grund för statistik ligger alltid en insamling av data, exempelvis i form av historik eller intervjuer. Statistik kan endera presenteras direkt, till exempel hur många barn som föds under föregående år. Alternativt bearbetas och analyseras insamlad data för att se exempelvis trender, snitt eller avvikelser. Detta används ofta för att underlätta vid beslutsfattande inom företagssektorn. [9][10]

2.4.1 Medelvärde

Medelvärdet visar det genomsnittliga värdet i en mängd data $\{x_i\}$. Det beräknas allmänt genom formel 2.10 där N är antalet data som används, dvs. mängdens storlek. Medelvärdet för ett stickprov kallas väntevärde. [11]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.10)$$

2.4.2 Standardavvikelse

Standardavvikelsen är ett statistiskt mått som beskriver spridningen kring datamängdens medelvärde. Standardavvikelsen är generellt kvadratroten ur variansen. Variansen beräknas generellt genom formel 2.11, där \bar{x} är medelvärdet och x_i är varje enskild mätningens värde. [12] [13]

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (2.11)$$

Matematiker har dock visat att för ett stickprov ur en serie ger formel 2.12 ett bättre resultat. [13]

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (2.12)$$

Beräkning av standardavvikelsen för ett stickprov beräknas således med hjälp av formel 2.13. [13]

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.13)$$

2.4.3 Normalfördelning

Normalfördelningen är naturens vanligaste sannolikhetsfördelning som en följd av centrala gränsvärdessatsen. Grafen som beskriver fördelningen är en klockformad täthetsfunktion med medelvärdet centralt, där funktionen visar sig symmetrisk kring medelvärdet. Genom att beräkna väntevärde och standardavvikelse för ett stickprov av en datamängd kan en normalfördelning skapas och därifrån kan sannolikheten för ett utfall inom ett intervall beräknas genom den kumulativa sannolikhetsfunktionen. [14][15]

I figur 2.5 visas ett exempel på en normalfördelning till vänster och dess kumulativa sannolikhetsfördelning till höger.



Figur 2.5: Normalfördelning och kumulativ sannolikhetsfördelning[14]

I bilaga A visas en tabell som visar sannolikheten för att ett slumpvis värde ur en normalfördelad datamängd är mindre väntade adderat med z multiplicerat med standardavvikelsen för olika värden på z . Därifrån kan z -värdet givet en konfidensnivå urskiljas. [16]

2.5 Bestämning av säkerhetslager och beställningspunkt

De flesta företag strävar mot att ha en god leveransförmåga, även kallad servicegrad pga. att detta ger nöjda kunder och konkurrensfördelar. För att klara detta krävs ofta ett säkerhetslager.

2.5.1 Säkerhetslager

Ett säkerhetslager är den del av det totala lagret som används som en buffert för att kunna hålla en hög servicegrad. Säkerhetslagret syftar till att täcka variationer i efterfrågan, d , och ledtiden, l . Säkerhetslagret kan också ses som ett minimilager. Genom att statistiskt analysera historiska data, givet en viss servicegrad, kan säkerhetslagret beräknas. [17]

Ett säkerhetslager kan beräknas genom formel 2.14, där z är ett tabellvärde beroende av servicegrad. Tabellen kan utläsas i bilaga A. För 95 procent servicegrad som är Elpress krav används $z = 1,65$. [18][19]

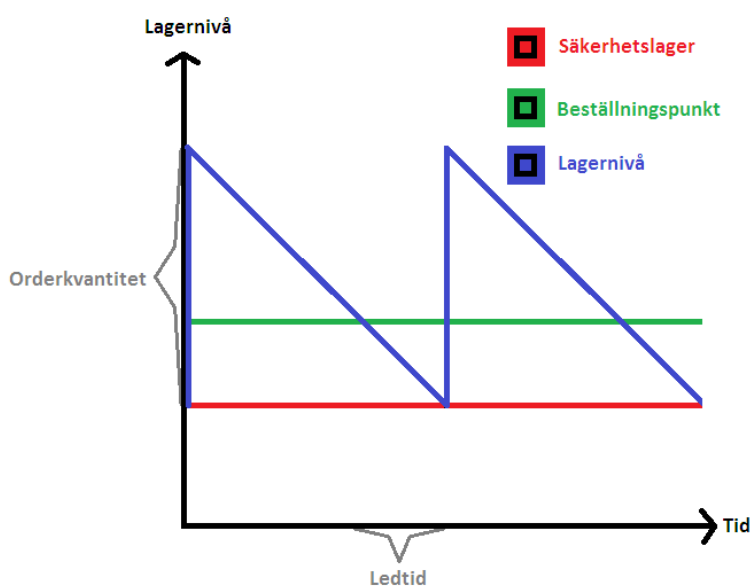
$$S_s = Z \cdot \sqrt{\bar{x}(l) \cdot s^2(d) + (\bar{x}(d))^2 \cdot s^2(l)}, \quad (2.14)$$

2.5.2 Beställningspunkt

För att undvika att understiga säkerhetslagernivån måste nya tillverkningsordrar läggas innan lagret sjunkit till säkerhetslagernivån, pga. ledtid för produktionen. Detta kompenseras i formel 2.15 som beräknar beställningspunkten, R_o . [18]

$$R_o = \bar{x}(d) \cdot \bar{x}(l) + S_s, \quad (2.15)$$

Figur 2.6 förtydligar syftet med en beställningspunkt.



Figur 2.6: Säkerhetslager och beställningspunkt

2.6 Produktkostnader

Till produktkostnaderna räknas de kostnader som kan hänföras till en specifik produkt. Dessa kostnader förklaras i kapitel 2.6.1-2.6.5.

2.6.1 Tillverkningskostnad

Inom produktkalkylering är tillverkningskostnad ett vanligt förekommande begrepp. Tillverkningskostnad är de kostnader som är förknippade med tillverkningen av en produkt. Generellt ingår direkt material, materialomkostnader, direkt lön och tillverkningsomkostnader. De direkta kostnaderna går direkt att hänföra till produkten medan omkostnaderna ofta är ett pålägg utifrån dessa kostnader. Detta kan vara kostnader för avskrivningar, inköpskostnader, elkraft eller konstruktion. [20][21]

Elpress AB:s uppställning för tillverkningskostnaden visas i figur 2.7.

Lnr	El/kmp	Beskrivning
5	A01	Direct Material (DM)
10	B01	Labour Cost Production (soc cost incl)
15	B02	Labour Costs Set-Up (soc costs incl)
20	B03	Machine Costs - Production - RMK
25	B04	Machine Costs - Set-Up
30	D01	Subcontracting
35	D02	Subcontracting setup
50	RTK	Current Production Costs
55	B06	Fixed Production Overhead - FMK
100	TVK 1	Product Value - TVK

Figur 2.7: Elpress poster i tillverkningskostnaden.

Samtliga poster i den traditionella uppställningen finns med. Direkt material finns i A01, direkt lön i B01, tillverkningsomkostnader i B06 och materialomkostnader i B03. Det som också de finns specifika poster är olika typer av ställkostnader i B02, B04 och D02. Kostnaden för utkontraktering finns också i D01. De kostnader per styck som ändras med orderkvantiteten är B02, B04 och D02, då detta är fasta kostnader oavsett partistorlek. B06 är också till viss del fast då den innehåller ordersärkostnaden.

2.6.2 Ordersärkostnad

Till ordersärkostnad räknas alla *fasta kostnader*¹ som kan krävs för att starta en tillverkningsorder. Ordersärkostnaden består av: kostnader för orderhantering och ställkostnader. Kostnader för orderhantering är allmänt planeringskostnad, utlägg av order, uppföljning av order och interna transporter. [23]

Ställkostnaden kan hanteras separat då den varierar mellan olika produkter, se kapitel 2.6.3. [8]

2.6.3 Ställkostnad

För att starta en tillverkningsorder finns en fast ställkostnad. I denna kostnad ingår kostnader för att ställa i ordning produktionen för tillverkningsordern vilket allmänt är maskinställ, personalställ eller

¹ Fast kostnad – Volymspecifik kostnad, förändras inte efter producerad eller såld volym. [22]

ställavgift för utkontrakterad produktion (legoproduktion). I vissa fall kan denna kostnad vara en del av ordersärkostnaden, men när ställkostnaden varierar mellan produkterna bör kostnaden hanteras separat. [8] [24]

2.6.4 Lagerhållningssärkostnad

En lagerhållningskostnad består av två olika typer av kostnader: en fast och en rörlig kostnad. Den fasta kostnaden, samkostnaden, består av kostnader som inte ändras med lagernivån. Det kan exempelvis vara lokalkostnader, energi och personalkostnader även om dessa också i vissa fall kan vara särkostnader. Detta beror på hur stor nyttjandegraden i utgångsläget. [25]

Den rörliga kostnaden, särkostnaden, är den del av lagerhållningskostnaden som ändras med lagernivån. Vid beräkning av partistorlek ska hänsyn därför endast tas för lagerhållningssärkostnaden som förändras med lagernivån. [25]

Kostnaden för att lagervaror delas generellt upp i tre delar: en finansiell del, en förvaringsdel och en osäker del. [25]

2.6.4.1 Kapitalkostnad

Om kapital inte binds i lager kan det investeras i omsättningstillgångar och generera avkastning. Detta är inte möjligt för kapital som binds i lager. Den finansiella delen, kapitalkostnaden, motsvaras av avkastningskravet hos företaget på den förlorade delen likvida medel genom att binda kapitalet i lager. Företag bestämmer själv avkastningskrav och det kan skilja stort mellan olika företag. Detta krav som ofta ställs av ägarna kallas kalkylmässig ränta. [25]

2.6.4.2 Förvaringskostnad

Med förvaringskostnad avses de kostnader som lagerhållning skapar. Det innebär kostnader för lagerlokalen, lagerpersonal, utrustning för hantering och administration, avskrivningar på anläggningar samt interna lagertransporter och energi. [25]

2.6.4.3 Osäkerhetskostnad

Att lagervaror medför alltid en risk eller osäkerhet. Stora lager ökar exempelvis risken för defekta produkter eller reducerad livslängd hos produkter. Detta kallas för inkurans, vilken innebär att produkter-

nas värde minskat eller att de har kasserats. Inbrott eller stöld av personal är också risker med lagerhållning. Försäkringar är den lättaste delen av osäkerhetskostnaden att bestämma och dessutom en liten del av den totala lagerhållningskostnaden. [25]

2.6.4.4 Lagerhållningsränta

Med hjälp av en *lagerränta* uttrycks ofta lagerhållningssärkostnaden. Den genomsnittliga lagerräntan uppgår till lagerhållningssärkostnadernas andel av det genomsnittliga lagervärdet över en period. [25]

Räntan kan differentieras för olika produkter men av praktiska och beräkningstekniska skäl används vanligtvis samma ränta för samtliga artiklar. Att bestämma en lagerränta är inte helt enkelt och det är därför vanligt med stora variationer mellan verksamheter som liknar varandra. [25]

Lagerhållningssärkostnad, L_k , kan beräknas med hjälp av lagerhållningsränta och genomsnittligt lagervärde. Detta visas i ekvation 2.15.

$$L_k = \text{Medellagervärde} \cdot \text{Lagerränta}, \quad (2.16)$$

Lagervärdet kalkyleras lämpligen genom en lagervärderingsprincip. [25]

2.6.4.5 Produktvärde i lager

Enligt BFNAR 2000:3 ska ett varulager värderas enligt försiktighetsprincipen, dvs. till det lägsta av anskaffningsvärdet och det verkliga värdet. För egentillverkade varor uppgår det verkliga värdet till nettoförsäljningsvärdet. I BFNAR 2000:3 står också att anskaffningsvärdet lämpligen ska bestämmas med hjälp av en efterkalkyl. Denna kalkyl ska innehålla samtliga kostnader som är direkt hänförliga till produkten, exempelvis material och lönekostnader. Dessutom ska indirekta kostnader som inte kan hänföras direkt till en produkt fördelas ut över produktion. Detta görs ofta genom fördelningsnycklar, med utgångspunkt kapacitetsutnyttjande. Exempel på en sådan kostnad är avskrivningar. Däremot ska inte omkostnader för administration eller försäljning ingå. [26] [27]

2.6.5 Övriga produktkostnader

Fraktkostnaden för en färdigställd produkt kan också hänföras till direkt till en produkt. Frakt av produkten, från produktion till lager, måste dock alltid ske oavsett orderkvantitet.

2.7 Optimeringslära

Med optimering menas sökandet efter den mest gynnsamma lösning på ett specificerat problem. Optimeringslära är ett begrepp inom matematiken som innebär att modellera ett verkligt problem med matematisk notation och söka den optimala lösningen på denna modell givet vissa restriktioner för modellen. [28]

Optimeringslära är vanligt förekommande med verkliga tillämpningar som finns inom de flesta områden exempelvis produktion, skogindustri, finanssektorn eller transporter. [29]

2.7.1 Lingo

Lingo är ett optimeringsprogram utformat för att snabbt och enkelt lösa olika matematiska modeller. Fördelen med att använda Lingo är att det är enkelt att använda. Stora och komplexa modeller kan konstrueras och lösas med programmets inbyggda problemlösare. På så sätt sparas tid och resurser i optimeringsprocessen. Programmet är dessutom kompatibelt med att importera och exportera data från Microsoft Office Excel. [30]

Mer än hälften av USA:s 500 största företag använder Lingo för att maximera sin lönsamhet eller minimera sina kostnader. [31]

2.8 Konkurrensanalys

En konkurrensanalys kan utföras genom att jämföra Elpress lageromsättningshastighet med dess konkurrenter. Konkurrensanalys får då utgångspunkt i kapitalbindning. Med lageromsättningshastighet avses, som namnet antyder, hur många gånger lagret omsätts under en tidsperiod. Lageromsättningshastigheten över en tidsperiod beräknas generellt genom formel 2.17:

$$\text{Lageromsättningshastighet} = \frac{\text{Omsättning}}{\text{Medellager}}, \quad (2.17)$$

Medellagret uppskattas lämpligen till ett genomsnitt av ingående och utgående lagersaldo för perioden. [32]

3 Metod

Undersökningen grundar sig i huvudsak på historiska data och nuläge för Elpress AB:s produktionsflöde och lager. Utifrån dessa data har beräkningar gjorts och en matematisk optimeringsmodell konstruerats.

Till grund för alla beräkningar ligger vetenskapligt framtagna modeller som implementerats direkt eller bearbetats för att passa Elpress AB:s situation.

Först avgränsades arbetet genom att två produktgrupper valdes i samråd med handledare på Elpress. En paretoanalys avgränsade arbetet ytterligare då den utfördes på dessa produktgrupper. Detta gjordes för att urskilja vilka produkter som stod för högst andel av Elpress lagervärde.

För dessa produkter beräknades ett säkerhetslager och en beställningspunkt med avseende på kundorderstorlek, ledtid och avvikelser i dessa. Dessutom togs hänsyn till Elpress nuvarande servicegrad, för att kunna säkerhetsställa att denna bibehålls. Därefter konstruerades en modell för att minimera den totala produktionskostnaden. Optimeringsmodellens resultat visade en optimal lagernivå och orderkvantitet.

Elpress konkurrenter har lokaliserats och en jämförelse beskrivande lageromsättning har genomförts.

Resultatet har analyserats kritiskt och förslag till hur undersökningen hade kunnat ge ett bättre resultat har angetts.

3.1 Matematisk optimeringsmodell

Den matematiska optimeringsmodell som har arbetats fram minimerar den totala kostnaden relaterad till en viss produkt. De kostnader vars summa optimeras i modellen är tillverkningskostnad, ställkostnad, ordersärkostnad och lagerhållningskostnad. Fraktkostnaden används inte i modellen då denna är konstant oavsett parti- och lagerstorlek. Modellen innehåller också data som gör att servicegraden bibehålls, detta i form av kalkylerade säkerhetslager och beställningspunkter. Ett antal villkor som säkerhetsställer att prognosen för efterfrågan uppnås och att orderkvantiteten är större efterfrågan under ledtiden.

Optimeringsmodellen innehåller en mängd konstanter som krävs för optimering av lagernivån. Konstanternas värde beräknades därför för varje produkt. Konstanterna finns definierade och beskrivna i tabell 3.1 nedan.

Tabell 3.1: Beskrivning av konstanter

Konstant		Beskrivning	Typ
D_f	-	Prognosiell efterfrågan per år (antal)	Heltal
S_s	-	Säkerhetslager (antal)	Heltal
R_o	-	Beställningspunkt (antal)	Heltal
Tv_k	-	Tillverkningskostnad per st (kr)	Flyttal
St_k	-	Ställkostnad per order (kr)	Flyttal
O_k	-	Ordersärkostnad per order (kr)	Flyttal
L_r	-	Lagerhållningsränta (%)	Flyttal

Lagerräntan, L_r , värde beräknas vara samma över hela Elpress verksamhet, ordersärkostnaden, O_k , är unik på artikelgruppsnivå medan övriga konstanter har produktunika värden.

Optimeringsmodellen innehåller också ett antal variabler som bestäms med hjälp av modellen. Variablerna förklaras i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Beskrivning av variabler

Variabel		Beskrivning	Typ
z	-	Totalkostnad (kr)	Flyttal
X_1	-	Orderkvantitet	Heltal
X_2	-	Antalet ordrar	Heltal
X_3	-	Antalet tillverkade enheter per år	Heltal
X_4	-	Snittlager	Flyttal
X_5	-	Produktvärde i lager per st (kr)	Flyttal

Utifrån tabell 3.1 och 3.2 kan totala kostnader per år bestämmas för tillverkning, order, ställ och lager. Detta visas i ekvationerna 3.1-3.4.

$$TOT(\text{Tillverkningskostnad}) = D_f \cdot Tv_k, \quad (3.1)$$

$$TOT(\text{Ordersärkostnad}) = X_2 \cdot O_k, \quad (3.2)$$

$$TOT(\text{Ställkostnad}) = X_2 \cdot St_k, \quad (3.3)$$

$$TOT(\text{Lagerkostnad}) = X_4 \cdot X_5 \cdot L_r, \quad (3.4)$$

Summan av ekvation 3.1-3.4 utgör den totala produktkostnaden, z , och det den summan som minimeras i modellen. Det finns samband mellan X_3 , X_4 , X_5 och övriga variabler och konstanter som ger en förenkling av modellen. Dessa samband visas i ekvation 3.5-3.7.

$$X_3 = X_1 \cdot X_2, \quad (3.5)$$

$$X_4 = S_s + \frac{X_1}{2}, \quad (3.6)$$

$$X_5 = Tv_k + \frac{O_k + St_k}{X_1}, \quad (3.7)$$

Med hjälp av ekvation 3.1-3.7 kunde en funktion för den totala kostnaden, z , härledas fram i endast två variabler. Kostnadsfunktion för z visas i ekvation 3.8. Funktionen är icke-linjär vilket kan orsaka problem vid stort antal produkter, detta är dock inget problem i det här fallet. Vid större antal data måste modellen försöka linjäriseras.

$$z = D_f \cdot Tv_k + X_2 \cdot O_k + X_2 \cdot St_k + (S_s + \frac{X_1}{2}) \cdot (Tv_k + \frac{O_k + St_k}{X_1}) \cdot L_r, \quad (3.8)$$

Som modellen visas i ekvation 3.8 ger den inte en korrekt lösning om den minimeras, utan ett antal villkor måste ingå i modellen för att säkerhetsställa tillräcklig produktion per år och en tillräcklig orderkvantitet i förhållande till efterfrågan under ledtiden. Dessa villkor visas i ekvation 3.9 och 3.10.

$$X_1 \cdot X_2 \geq D_f, \quad (3.9)$$

$$X_1 \geq R_o - S_s, \quad (3.10)$$

Minimering av ekvation 3.8 tillsammans med villkoren från ekvation 3.9 och 3.10 ger den färdiga optimeringsmodellen för totalkostnaden z som visas i ekvation 3.11.

$$\begin{aligned} \min z &= D_f \cdot Tv_k + X_2 \cdot (O_k + St_k) + (S_s + \frac{X_1}{2}) \cdot (Tv_k + \frac{O_k + St_k}{X_1}) \cdot L_r \\ \text{villkor} & \\ X_1 \cdot X_2 &\geq D_f \\ X_1 &\geq R_o - S_s \end{aligned} \quad (3.11)$$

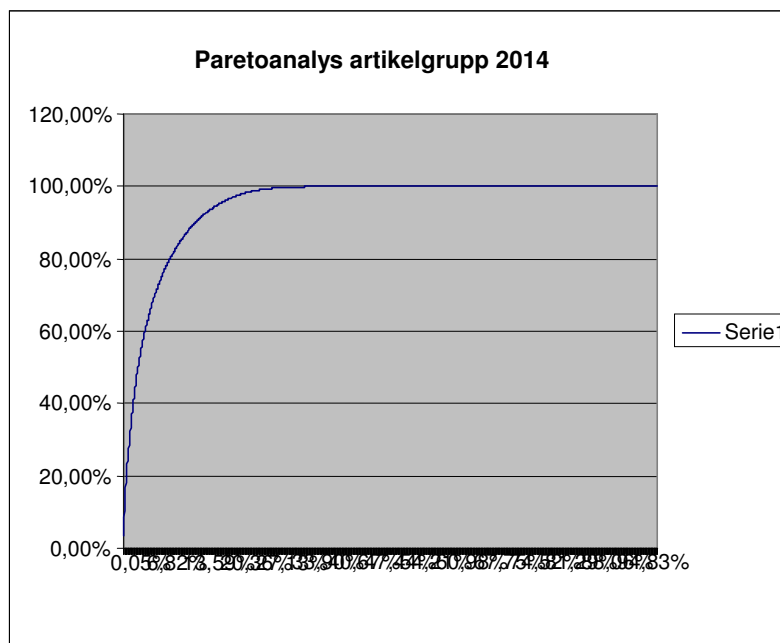
Optimeringsmodellen med samtliga konstanter modellerades och exekverades i Lingo, programkoden finns i bilaga B.

4 Resultat

Kapitel 4.1 redovisar valet av produkter medan kapitel 4.2 visar hur prognosmodellerna bör hanteras. I kapitel 4.3-4.6 visas produktkostnaderna som beräknats. Kapitel 4.7 visar nuläge och optimering av den totala produktkostnaden. Slutligen jämförs Elpress med sina största konkurrenter i kapitel 4.8.

4.1 Val av produkter

I samråd med Lars Eriksson har artikelgrupperna 2012 och 2014 valts ut för analys. Artikelgrupp 2012 är produkter med högt volymvärde som tillverkas i små kvantiteter medan artikelgrupp 2014 produceras i stora kvantiteter och har lägre volymvärde. Elpress produkter är klassificerade till A, B och C-artiklar. A-artiklar lagerhålls normalt, B-artiklar kan finnas i lager medan C-artiklar produceras mot kundorder. [33]



Figur 4.1: Paretoanalys för artikelgrupp 2014

En paretoanalys, se figur 4.1, grundar helt urvalet i artikelgrupp 2014. Urvalet i artikelgrupp 2012 grundas i en paretoanalys tillsammans med Lars Erikssons önskemål av artiklar. Produkt A-F har grund i paretoanalysen och produkt G-K är expertönskemål. Detta har resulterat i elva produkter från artikelgrupp 2012 och tio från artikelgrupp 2014 valts ut för analys.

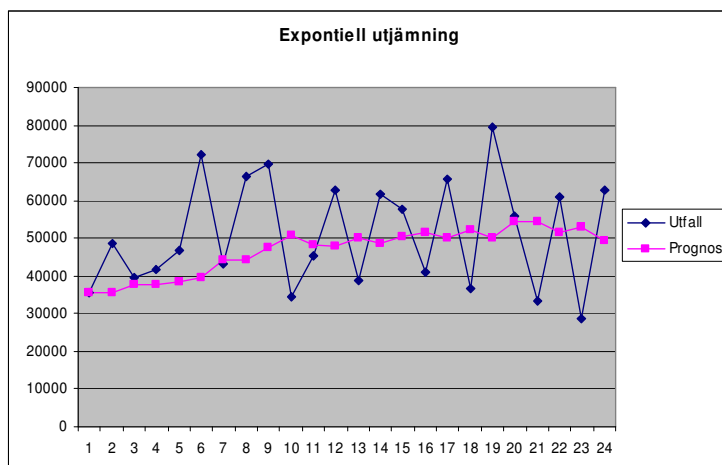
4.2 Prognosmodeller

En testimplementering har visat att den prognosmodell som ger minst genomsnittlig absolut avvikelse (MAD) är vanlig exponentiell utjämning. Testet är genomfört under perioden 1 april 2010 – 31 mars 2012, med de två föregående åren som underlag för kalibrering. Tabell 4.1 visar den genomsnittliga avvikelsen för respektive modell.

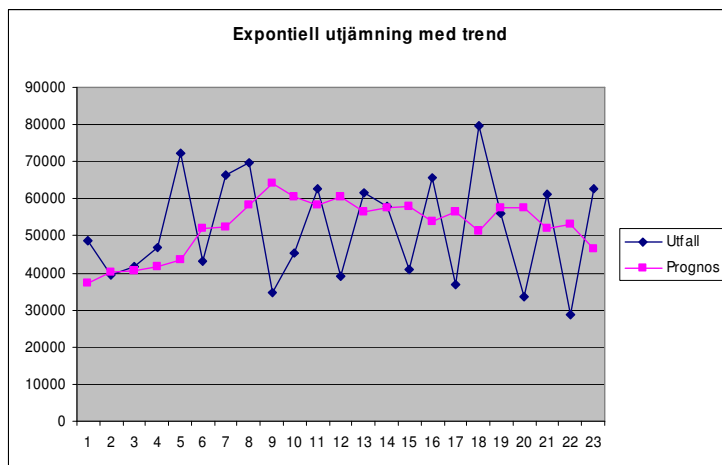
Tabell 4.1: Test av prognosmodeller

Prognosmodell	MAD
Exponentiell utjämning	13032
Exponentiell utjämning med trend	13490
Exponentiell utjämning med säsongsmönster	17569

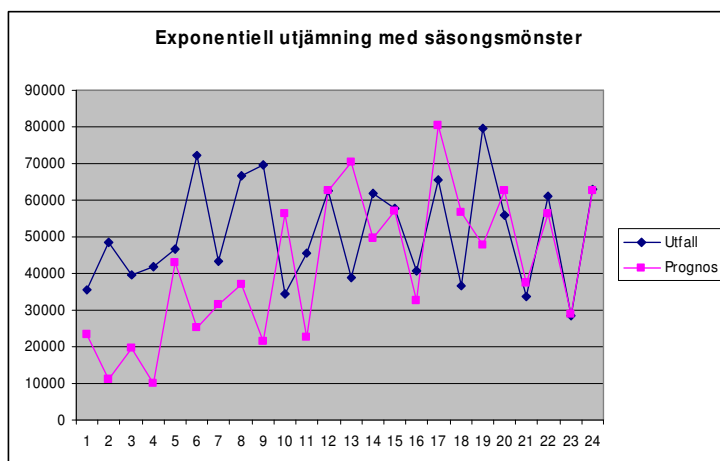
Figur 4.2-4.4 visar hur exempel på hur prognosen avviker från verkligheten i respektive modell.



Figur 4.2: Exponentiell utjämning



Figur 4.3: Exponentiell utjämning med trend



Figur 4.4: Exponentiell utjämning med säsongsmönster (Winters metod)

Elpress använder i dag exponentiell utjämning. Undersökningens resultat baserar sig på fjolårets prognos för artikelurvalet. Tabell 4.2 visar fjolårsprognosen för artikelgrupp 2012, medan tabell 4.3 visar detsamma för artikelgrupp 2014.

Tabell 4.2: Prognos för efterfrågan 2012

Namn	Prognos
Produkt A	311
Produkt B	76
Produkt C	112
Produkt D	258
Produkt E	52
Produkt F	69
Produkt G	412
Produkt H	39
Produkt I	389
Produkt J	425

Tabell 4.3: Prognos för efterfrågan 2014

Namn	Prognos
Produkt L	589 160
Produkt M	395 668
Produkt N	168 324
Produkt O	622 856
Produkt P	242 372
Produkt Q	239 616
Produkt R	70 408
Produkt S	293 228
Produkt T	338 988
Produkt U	105 144

4.3 Fastställande av säkerhetslager och beställningspunkt

Säkerhetslager och beställningspunkt för varje artikel har fastställts med hjälp av ekvation 2.13 och 2.14. Ekvationernas obekanta har bestämts utifrån historiska data förutom z som antar värdet 1,65 pga. Elpress mål att hålla minst 95 procent servicegrad, se bilaga A. Beräkningarna har gjorts med en månatlig tidsenhet. En exempelberäkning för detta finns i bilaga C.

De kalkylerade nivåerna för säkerhetslager och beställningspunkt för artikelgrupp 2012 visas i tabell 4.4.

Tabell 4.4: Säkerhetslager och beställningspunkt 2012

Namn	Säkerhetslager	Beställningspunkt
Produkt A	2	3
Produkt B	1	1
Produkt C	3	5
Produkt D	4	5
Produkt E	2	2
Produkt F	2	2
Produkt G	37	80
Produkt H	6	10
Produkt I	17	46
Produkt J	24	55
Produkt K	19	39

De kalkylerade nivåerna för säkerhetslager och beställningspunkt för artikelgrupp 2014 visas i tabell 4.5.

Tabell 4.5: Säkerhetslager och beställningspunkt 2014

Namn	Säkerhetslager	Beställningspunkt
Produkt L	15842	37073
Produkt M	35636	58362
Produkt N	6640	11117
Produkt O	18715	46240
Produkt P	18695	25283
Produkt Q	29982	47267
Produkt R	5165	9431
Produkt S	8868	19257
Produkt T	37818	59229
Produkt U	2929	7389

4.4 Beräkning av ordersärkostnad

I ordersärkostnad har kostnaden för planering, utlägg och uppföljning av order summerats, och därtill har kostnaden för interna transporter adderats. Kostnaden för verktygsunderhåll är inräknad i kostnaden för maskinställ och har därmed inte behandlats.

Ordersärkostnaden för artikelgrupp 2012 har beräknats till 127 kronor, medan ordersärkostnaden för artikelgrupp 2014 är 153 kronor.

Kalkylerna för ordersärkostnaden finns bilaga D.

4.5 Beräkning av ställkostnad

Affärssystemet har gett uppgifter om ställkostnad per styck givet nuvarande orderkvantitet. Tabell 4.6 visar uppgifter om ställkostnaden per order för varje artikel i grupp 2012. I bilaga E finns tabeller som visar beräkningarna av ställkostnad per order.

Tabell 4.6: Ställkostnad 2012

Namn	Ställkostnad per order
Produkt A	90,10 kr
Produkt B	45,00 kr
Produkt C	4 269,10 kr
Produkt D	120,40 kr
Produkt E	1 408,40 kr
Produkt F	1 599,70 kr
Produkt G	2 152,50 kr
Produkt H	2 140,00 kr
Produkt I	1 329,70 kr
Produkt J	1 257,20 kr
Produkt K	2 740,60 kr

Tabell 4.7 visar ställkostnaden per order för urvalet i artikelgrupp 2014.

Tabell 4.7: Ställkostnad 2014

Namn	Ställkostnad per order
Produkt L	732,00 kr
Produkt M	272,90 kr
Produkt N	807,80 kr
Produkt O	384,00 kr
Produkt P	732,00 kr
Produkt Q	387,00 kr
Produkt R	807,80 kr
Produkt S	731,30 kr
Produkt T	387,00 kr
Produkt U	917,00 kr

Tabellerna 4.6 och 4.7 visar att ställkostnaden skiljer sig kraftigt mellan de olika artiklarna, vilket betyder att för att på bästa sätt utforma partistorlekarna måste den specifika ställkostnaden för varje artikel användas och inte ett medelvärde för ställkostnaden.

4.6 Beräkning av tillverkningskostnad

Affärssystemet innehåller information om produktvärde i lager givet nuvarande orderkvantitet. Det värdet innehåller den rörliga tillverkningskostnaden per styck samt ställ- och ordersärkostnad per styck. Ordersärkostnad och ställkostnaden per order fördelas ut per producerad enhet i orderkvantiteten. Eftersom dessa kostnader hanteras separat i modellen har de subtraherats från lagervärdet när den rörliga tillverkningskostnaden beräknats. Denna beräkning finns mer utförligt förklarad i bilaga F. Resultatet för urvalet i grupp 2012 utläses i tabell 4.8 och för urvalet i grupp 2014 i tabell 4.9.

Tabell 4.8: Tillverkningskostnad 2012

Namn	Tillverkningskostnad
Produkt A	11 768,35 kr
Produkt B	8 669,10 kr
Produkt C	4 277,87 kr
Produkt D	1 927,83 kr
Produkt E	8 121,94 kr
Produkt F	7 278,25 kr
Produkt G	356,42 kr
Produkt H	362,24 kr
Produkt I	434,73 kr
Produkt J	335,78 kr
Produkt K	224,53 kr

Tabell 4.9: Tillverkningskostnad 2014

Namn	Tillverkningskostnad
Produkt L	4,68 kr
Produkt M	4,31 kr
Produkt N	18,69 kr
Produkt O	1,76 kr
Produkt P	7,78 kr
Produkt Q	2,76 kr
Produkt R	19,17 kr
Produkt S	4,40 kr
Produkt T	2,79 kr
Produkt U	6,80 kr

4.7 Total produktkostnad

Kapitel 4.7.1 presenterar kostnaden för fjolåret givet de orderkvantiteter, säkerhetslager och lagernivåer som användes. Kapitel 4.7.2 presenterar kostnaden om optimeringsmodellen använts och i kapitel 4.7.3 redogörs för de förändringar som utförts och dess påverkan på resultatet.

4.7.1 Nuvarande kostnad

Affärssystemet har använts för att hitta uppgifter om produktionen och lagret under fjolåret. De data som finns i tabellerna 4.2-4.9 har tillsammans med nuvarande orderkvantitet och lagernivå givit den nuvarande totalkostnaden genom att summera ekvationerna 3.1-3.4.

Tabell 4.10 visar de totala produktkostnaderna för urvalet i artikelgrupp 2012 medan tabell 4.11 visar dito för urvalet i artikelgrupp 2014.

Tabell 4.10: Nuvarande totalkostnad 2012

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt A	25	53	31	3 790 075 kr
Produkt B	10	19	10	690 476 kr
Produkt C	25	6	17	525 240 kr
Produkt D	30	46	33	521 806 kr
Produkt E	4	1	6	460 115 kr
Produkt F	4	2	6	548 131 kr
Produkt G	96	23	74	166 449 kr
Produkt H	32	0	12	18 704 kr
Produkt I	60	20	45	185 766 kr
Produkt J	60	21	46	158 273 kr
Produkt K	120	13	75	71 095 kr

Tabell 4.11: Nuvarande totalkostnad 2014

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt L	30 000	15 492	58 210	2 871 972 kr
Produkt M	25 500	6 069	61 283	1 804 890 kr
Produkt N	7 500	4 057	8 705	3 225 513 kr
Produkt O	40 000	12 283	66 693	1 144 640 kr
Produkt P	12 000	5 311	13 289	1 938 756 kr
Produkt Q	30 000	3 675	37 052	702 335 kr
Produkt R	7 500	1 543	4 371	1 388 029 kr
Produkt S	22 500	6 425	22 112	1 336 887 kr
Produkt T	30 000	5 942	40 534	991 991 kr
Produkt U	10 000	2 995	14 125	759 828 kr

4.7.2 Optimerad kostnad

Data från tabellerna 4.2-4.9 har använts för att optimera kostnaden med hjälp av ekvation 3.11. Modellen har visat en optimal kostnad givet att servicegraden för varje produkt ska vara 95 procent. Resultatet baserar sig på att fjolårets försäljningsprognos uppfylls.

Tabell 4.12 visar den optimala produktkostnaden för urvalet i grupp 2012 och tabell 4.13 detsamma för urvalet i grupp 2014.

Tabell 4.12: Optimal totalkostnad 2012

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt A	6	2	5	3 691 817 kr
Produkt B	3	1	3	670 828 kr
Produkt C	26	3	16	522 891 kr
Produkt D	14	4	11	509 411 kr
Produkt E	8	2	6	449 732 kr
Produkt F	10	2	7	532 317 kr
Produkt G	125	37	100	167 371 kr
Produkt H	39	6	26	20 136 kr
Produkt I	87	17	61	185 159 kr
Produkt J	101	24	75	157 618 kr
Produkt K	140	19	89	71 315 kr

Tabell 4.13: Optimal totalkostnad 2014

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt L	25 380	15 842	28 532	2 826 383 kr
Produkt M	22 726	35 636	46 999	1 784 157 kr
Produkt N	7 090	6 640	10 185	3 236 509 kr
Produkt O	33 197	18 715	35 314	1 126 988 kr
Produkt P	12 743	18 695	25 067	1 969 938 kr
Produkt Q	17 285	29 982	38 625	707 213 kr
Produkt R	4 555	5 165	7 443	1 414 761 kr
Produkt S	18 469	8 868	18 103	1 333 241 kr
Produkt T	21 411	37 818	48 524	1 002 395 kr
Produkt U	9 788	2 929	7 823	744 895 kr

4.8 Konkurrensanalys

Elpress största konkurrenter är två tyska företag: Gustav Klauke och Weitkowitz Elektro. Deras årsredovisning har tillsammans med ekvation 2.17 visat att Elpress lageromsättningshastighet är likvärdig sina konkurrenter. Tabell 4.14 beskriver hur Elpress stod sig jämfört sina konkurrenter år 2009 avseende lageromsättningshastighet.

Tabell 4.14: Lageromsättningshastighet

Företag	Omsättning	Medellager	Lageromsättningshastighet
Elpress AB	222 470 000 kr	44 142 000 kr	5,04
Gustav Klauke	€ 75 053 000	€ 13 105 000	5,73
Wietkowitz Elektro	€ 9 833 261	€ 3 297 766	2,98

5 Slutsats

Undersökningen av Elpress varulager har visat orderkvantiteterna är ganska bra anpassade till verksamheten på artikelgrupp 2014. För artikelgrupp 2012 visar undersökning dock att orderkvantiteterna borde förändras, men det finns dock ingen entydig förändring att alla produkter över- eller underproduceras. Generellt är det dock för små orderkvantiteter i en produktgrupp på Elpress, produkt E-K.

Säkerhets- och snittlagret har dock visat sig möjligt att förändra i flera fall. För artikelgrupp 2012 visas ingen tydlig trend att lagernivåerna för samtliga artiklar skulle vara över- eller underdimensionerade. För artikelgrupp 2014 borde dock säkerhetslagren för de flesta artiklar höjas och snittlagren minskas.

Vid 95 procent servicegrad skulle kostnaderna för artikelgrupp 2014 inte förbättras särskilt mycket, totalt nästan 20 000 kronor. För produkter i artikelgrupp 2012 visade sig dock möjligheter till stora sänkningar i lagernivåerna hos de produkter som har högst volymvärde, produkt A-D, vilket bidrog till att besparingen blev större, totalt cirka 160 000 kronor.

Tabell 5.1 beskriver hur orderkvantiteten, lagernivån och totalkostnaden för varje produkt i procentuellt förändrats vid optimeringen för artikelgrupp 2012.

Tabell 5.1: Förändring 2012

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt A	-76%	-96%	-84%	-98 259 kr
Produkt B	-70%	-95%	-75%	-19 648 kr
Produkt C	4%	-50%	-6%	-2 350 kr
Produkt D	-53%	-91%	-67%	-12 395 kr
Produkt E	100%	100%	0%	-10 383 kr
Produkt F	150%	0%	17%	-15 815 kr
Produkt G	30%	61%	34%	922 kr
Produkt H	22%	-	113%	1 431 kr
Produkt I	45%	-15%	34%	-607 kr
Produkt J	68%	14%	62%	-655 kr
Produkt K	17%	46%	19%	220 kr

Tabell 5.2 visar detsamma för urvalet i artikelgrupp 2014.

Tabell 5.2: Förändring 2014

Namn	Orderkvantitet	Säkerhetslager	Snittlager	Kostnad
Produkt L	-15%	2%	-51%	-45 589 kr
Produkt M	-11%	487%	-23%	-20 734 kr
Produkt N	-5%	64%	17%	10 996 kr
Produkt O	-17%	52%	-47%	-17 652 kr
Produkt P	6%	252%	89%	31 182 kr
Produkt Q	-42%	716%	4%	4 878 kr
Produkt R	-39%	235%	70%	26 732 kr
Produkt S	-18%	38%	-18%	-3 646 kr
Produkt T	-29%	536%	20%	10 403 kr
Produkt U	-2%	-2%	-45%	-14 932 kr

De beräknade säkerhetslagren för artikelgrupp 2014 är troligt ganska rättvisande då medelvärdet för efterfrågan och standardavvikelsen i denna beräknats på månadsbasis. Försäljningskvantiteten för dessa produkter är höga och då är det rimligt att anta att standardavvikelsen är ungefär samma på månads- och veckobasis, förhållandevis medelvärdet.

Försäljningskvantiteterna för artikelgrupp 2012 är dock inte särskilt höga, vilket betyder att det är rimligt att anta att försäljningen avviker betydligt mer på vecko- än månadsbasis. Därför ska förmodligen säkerhetslagren höjas gentemot resultatet och därmed också den totala produktkostnaden. Detta borde framförallt gälla för produkterna som har högst volymvärde, produkt A-D. Dock är det tydligt att lagernivåerna för dessa produkter i dag är för höga.

För många av Elpress artiklar tycks i dag inget samband mellan snittlager, säkerhetslager och orderkvantitet likt figur 2.6 finnas. I vissa fall är till och med snittlagret lägre än säkerhetslagret. Detta beror sannolikt på att säkerhetslagren i systemet är felaktiga eller inte uppdaterade.

Ett införande av en beställningspunkt baserad på genomsnittlig efterfrågan och ledtid för respektive artikel skulle sannolikt göra det enklare för Elpress att kontrollera sin produktion och lagernivå. På så sätt skulle ett systematiskt sätt för att tangera säkerhetslagret införas och orderläggarna skulle kunna få påminnelser via affärssystemet.

Att modellen inte tar hänsyn till beläggning på varje maskingrupp borde inte ha någon större betydelse för resultatet då de flesta maskiner

inte har allt för hög nyttjandegrad. För de produkter som produceras i maskiner med hög nyttjandegrad kan fortfarande resultatet bara vara missvisande om orderkvantiteten minskats.

Det är stora skillnader i ställkostnaden mellan olika produkter och maskingrupper. För att sänka ställkostnaden för de produkter och maskingrupper med högst ställkostnad är en möjlig lösning att flytta arbetskraft från andra avdelningar när maskinstället genomförs. På så sätt reduceras maskinställkostnaden medan personalställkostnaden är bibehållen eller ökar marginellt.

Nackdelen med detta är att för- och efterkalkylerna för varje avdelning kommer att differentieras om personal flyttas mellan avdelningar. Risken är att den avdelning som får bidra med personal under ställtiden kommer att överskrida sin budget och de som fått hjälp kommer att underskrida sin. Detta är egentligen ingen risk utan måste ses som positivt om den totala kostnaden för de båda avdelningarna sjunker. Det är dock viktigt att ekonomiavdelning har kontroll på detta, så att inte avdelningen som lånar ut folk straffas för detta.

Ställkostnaderna som presenteras i rapporten är generella och gäller i alla konjunkturer. Lönsamheten för Elpress borde dock öka om den differentieras mellan olika konjunkturer när den används i styrningssyfte. I lågkonjunktur borde ställkostnaden för personalen minimeras, om en maskin ställs istället för att personalen sitter sysslolös medför ingen ökad kostnad. I riktig högkonjunktur kanske extrapersonal måste kallas in för att klara produktion, och då är det bättre att öka ställkostnaden och därmed partistorlekarna.

Det absolut viktigaste för att kunna reducera kapitalbindningen i form av varulager är kännedom om morgondagen. Prognoserna behövs därmed ständigt förbättras, där det mest effektiva sättet att förbättra dessa är förmodligen att förhandla sig till framtidsprognoser av de största kunderna. Då ökar tillförlitligheten i prognoserna och därmed kan lagret reduceras och tillverkningen blir mer lik en kundorderstyrd produktion.

Genom att ständigt förbättra ställ- och ledtider skulle lagret givetvis också kunna reduceras. Ett sätt att minska dessa tider skulle vara att investera i fler maskiner. Det krävs dock att lagerkostnaden kan minskas med samma storlek som avskrivningen på maskinen. Det är inte

särskilt sannolikt med rådande utnyttjandegrad att detta skulle vara lönsamt för särskilt många maskingrupper.

En tänkbar förbättring som också skulle kunna bidra till att reducera ställ- och ledtider är att byta ut gamla maskiner som har höga reparationskostnader. En ny maskin har sannolikt högre kapacitet, mindre bemanning, mindre underhåll och kortare ställtid.

Källförteckning

- [1] Elpress, "Om Företaget",
<http://www.elpress.se/index.asp?l=1&p=2>
Hämtad 2012-04-10
- [2] Björn Lundén information, "Kapitalbindning",
<http://www.blinfo.se/GetEobEntries.do?id=932>
Hämtad 2012-04-16
- [3] Stig-Arne Mattsson, "Några Synpunkter på att reducera kapital-
bidningen?"
<http://www.lagerstyrningsakademin.se/Artiklar/LSD11.pdf>
Hämtad 2012-04-16
- [4] Stig-Arne Mattsson, "Är det någon mening med att ha lager och i
så fall på vilka sätt är lager värdeskapande?"
<http://www.lagerstyrningsakademin.se/Artiklar/LSD26.pdf>
Hämtad 2012-04-16
- [5] PROJECTSMART "Pareto-analysis step by step",
<http://www.projectsmart.co.uk/pareto-analysis-step-by-step.html>
Hämtad 2012-04-16
- [6] Quality improvement course "Pareto Diagram",
<http://www.mc.vanderbilt.edu/root/vumc.php?site=qicourse&doc=11814>
Hämtad 2012-04-16
- [7] Wayne Winston, *Operations research – Applications and Algorithms*.
3 uppl. California: Wadsworth., 1993
- [8] Olsson, Leif leif.olsson@miun.se. "Frågor" [e-post].
"Re: Frågor " Personligt e-brev till Robert Lundgren
rolu0901@student.miun.se, 2012-05-15, 15:10.
Hämtad: 2012-05-15
- [9] Statistiska centralbyrån "Vad är statistik?",
http://www.scb.se/Grupp/Klassrummet/ Dokument/Vad_ar_statistik.pdf
Hämtad 2012-04-23

- [10] Statistiska centralbyrån "Vad är statistik?",
http://www.scb.se/Pages/List_304201.aspx
Hämtad 2012-04-23
- [11] Wolfram Mathworld "Arithmetic Mean",
<http://mathworld.wolfram.com/ArithmeticMean.html>
Hämtad 2012-04-25
- [12] Matematikvideo "Standardavvikelse",
<http://matematikvideo.se/standardavvikelse/>
Hämtad 2012-04-25
- [13] Wolfram Mathworld "Sample Variance",
<http://mathworld.wolfram.com/SampleVariance.html>
Hämtad 2012-04-25
- [14] Statistik "normal sannolikhetsfördelning, normalfördelning, vad är en normalfördelning, egenskaper för en normalfördelning",
<http://www.aktiesite.se/Statistik/Sannolikhet/normalfordelning.htm>
Hämtad 2012-04-25
- [15] Wolfram Mathworld "Normal Distribution",
<http://mathworld.wolfram.com/NormalDistribution.html>
Hämtad 2012-04-25
- [16] Gunnar Blom & Jan Enger & Gunnar Englund, m.fl. , *Sannolikhets-teori och statistikteori med tillämpningar*. 5 uppl. Lund: Studentlitteratur., 2005
- [17] eHow.com "What Is A Safety Stock?",
http://www.ehow.com/about_5036289_safety-stock.html
Hämtad 2012-04-27
- [18] Inventory Management Review "Safety Stock",
http://www.inventorymanagementreview.org/theories_formulae/
Hämtad 2012-04-27
- [19] Eriksson, Lars lars.eriksson@elpress.se. "Re: Servicegrad"
Personligt e-brev till Robert Lundgren rolu0901@student.miun.se,
2012-04-24, 16:10
Hämtad 2012-04-25

- [20] Bokföringstips "vad är tillverkningskostnad eller tillverkningskostnader?",
<http://www.bokforingstips.se/artikel/ekonomistyrning/tillverkningskostnad.aspx>
Hämtad 2012-05-15
- [21] Högskolan i Skövde "Produktionlogistik I",
[http://www.his.se/PageFiles/31213/Block%206%20-%20F9%20\(Bilder%20m%20text\).pdf](http://www.his.se/PageFiles/31213/Block%206%20-%20F9%20(Bilder%20m%20text).pdf)
Hämtad 2012-05-15
- [22] Bokföringstips "Fast kostnad och vad är fasta kostnader?",
<http://www.bokforingstips.se/artikel/ekonomistyrning/fastakostnader.aspx>
Hämtad 2012-04-17
- [23] Andreas Claesson & Emma Ericsson, "Effektiv partiutformning",
Högskolan i Jönköping, Examensarbete Industriell ekonomi och produktion D-nivå, 20 hp, 2006, 64 sidor
- [24] Effso tools "Anbudskalkylering",
<http://tools.effso.se/artiklar/anbudskalkylering/>
Hämtad 2012-04-17
- [25] Bokföringstips "Fast kostnad och vad är fasta kostnader?",
<http://www.bokforingstips.se/artikel/ekonomistyrning/fastakostnader.aspx>
Hämtad 2012-04-17
- [26] Patrik Jonsson, "Att bestämma lagerhållningsräntekostnad och lagerränta", *Plan-nytt (Bättre produktivitet)*, nr. 2, 2005, s. 9-11.
- [27] Carolina Brorson & Linn Kluge, "Värdering av varulager",
Handelshögskolan, Göteborgs universitet, Magisteruppsats i företagsekonomi, 2006, 32 sidor.
- [28] Bokföringsnämnden, "Redovisning av lager",
<http://www.bfn.se/redovisning/vag/vl00-3-varulager.pdf>
Hämtad 2012-04-21
- [29] Linköpings universitet "Välkommen till optimeringslära!",
<http://www.mai.liu.se/Opt/>
Hämtad 2012-04-21

- [30] Linköpings universitet " Utbildning på optimeringslära",
<http://www.mai.liu.se/Opt/utbildning/>
Hämtad 2012-04-21
- [31] Lindo Systems inc. " An Overview of the LINDO API ",
http://www.lindo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=9
Hämtad 2012-04-23
- [32] Wiley, Mark mwiley@lindo.com
"Optimization modellering" Personligt e-brev till Robert Lundgren
rolu0901@student.miu.se, 2012-04-24, 12:10
Hämtad 2012-04-25
- [33] Björn Lundéns information "Lageromsättningshastighet",
<http://www.blinfo.se/GetEobEntries.do?id=1124>
Hämtad 2012-05-15
- [34] Östman, Mattias mattias.ostman@elpress.se
"Re: Produktgrupper " Personligt e-brev till Robert Lundgren
rolu0901@student.miu.se, 2012-05-15, 14:30.
Hämtad 2012-05-15

Bilaga A: Normalfördelning

Tabell av sambandet mellan Z och den kumulativa sannolikhetsfunktionen

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9031	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9958	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986

[16]

Bilaga B: Programkod för optimeringsmodell

```
MODEL:
! OptStockCost: Optimal lagernivå;
SETS:
  MATRIS/1..10/: DF, TVK, STK, SS, RO, ORDERS, QUANT;
ENDSETS

DATA:
! Prognos för efterfrågan;
  DF = ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?;

! Tillverkningskostnad;
  TVK = ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?;

! Ställkostnad;
  STK = ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?;

! Produktvärde i lager
  Beräknas TVK(I)+(OK+STK(I))/QUANT(I));

! Säkerhetslager;
  SS = ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?;

! Beställningspunkt;
  RO = ? ? ? ? ? ? ? ? ? ?;

! Ordersärkostnad;
  OK = ?;

! Lagerränta;
  LAGERRANTA = ?;

ENDDATA

! Minimera kostnaden;
[COST] MIN = @SUM(MATRIS(I):
DF(I)*TVK(I)+ORDERS(I)*(STK(I)+OK)+(SS(I)+QUANT(I)/2)*(TVK(I)+
(OK+STK(I))/QUANT(I))*LAGERRANTA);

! Villkor - Produktion/år > Prognos för efterfrågan;
@FOR(MATRIS(I):
@SUM( MATRIS(I): ORDERS(I)*QUANT(I)) > DF(I));

! Villkor - Orderkvantiteten > Efterfrågan under ledtid;
@FOR(MATRIS(I):
@SUM( MATRIS(I): RO(I)-SS(I)) < QUANT(I));

! Ansätter en heltalslösning för orderkvantiteten;
@FOR(MATRIS(I): @GIN(QUANT(I)));
```

Bilaga C: Fastställande av säkerhetslager och beställning

Exempelberäkning av säkerhetslager för produkt L:

$$z = 1,65 \quad \text{- Se Bilaga A}$$

$$\bar{x}(l) = 0,414 \quad \text{- Historisk data}$$

$$s(l) = 0,051 \quad \text{- Historisk data}$$

$$\bar{x}(d) = 51279 \quad \text{- Historisk data}$$

$$s(d) = 14348 \quad \text{- Historisk data}$$

$$\begin{aligned} S_s &= Z \cdot \sqrt{\bar{x}(l) \cdot s^2(d) + (\bar{x}(d))^2 \cdot s^2(l)} = \\ &= 1,65 \cdot \sqrt{0,414 \cdot 14348^2 + 51279^2 \cdot 0,051^2} = \\ &= 15842 \end{aligned}$$

Exempelberäkning av beställningspunkt för produkt L:

$$\begin{aligned} R_o &= \bar{x}(d) \cdot \bar{x}(l) + S_s = \\ &= 51279 \cdot 0,414 + 15842 = \\ &= 37073 \end{aligned}$$

Bilaga D: Beräkning av ordersärkostnad

I ordersärkostnaden har kostnader för utlägg och uppföljning av order samt interna transporter räknats med.

Beräkning av ordersärkostnad för artikelgrupp 2012:

		Ordersärkostnad 2012		Källa
Utlägg/Uppföljning	Tid (Lägga ut) i minuter	10		Mikael Norvall
	Tid (Uppföljning) i minuter	15		Mikael Norvall
	Lönekostnad/timme	230,00 kr		Erik Westling
	Summa Utlägg/Uppföljning	95,83 kr		
Interna transporter	Totala truckkostnader	43 827 kr		Fakturaarkiv
	Utnyttjandegrad truck	10,00%		Anders Sjödin
	Antal trucktimmar	1018,00		Körjournal
	Lönekostnad/timme	230,00 kr		
	Summa Interna transporter	27 797 kr		
	Antalet ordrar	887,00		Christine Jonsson
	Summa Interna transporter/order	31,34 kr		
Ordersärkostnad	Summa	127,17 kr		

Totala truckkostnaden för artiklar i grupp 2012 fördelas ut över antalet tillverkningsordrar.

Beräkning av ordersärkostnad för artikelgrupp 2014:

<u>Ordersärkostnad 2014</u>			Källa
Utlägg/Uppföljning	Tid (Lägga ut) i minuter	10	Anita Lindström
	Tid (Uppföljning) i minuter	20	Anita Lindström
	Lönekostnad/timme	230,00 kr	Erik Westling
	Summa Utlägg/Uppföljning	115,00 kr	
Interna transporter	Totala truckkostnader	43 827 kr	Fakturaarkiv
	Utnyttjandegrad truck	50,00%	Anders Sjödin
	Antal nyttjandetimmar	1018,00	Körjournal
	Lönekostnad/timme	230,00 kr	
	Summa Interna transporter	138 983 kr	
	Antalet ordrar	3 644,00	Christin Jonsson
	Summa Interna transporter	38,14 kr	
Ordersärkostnad	Summa	153,14 kr	

Totala truckkostnaden för artiklar i grupp 2014 fördelas ut över antalet tillverkningsordrar.

Bilaga E: Beräkning av ställkostnad

Ställkostnaden har beräknats genom att summera ställkostnaderna per styck för maskin, personal och övrigt och multiplicera med orderkvantiteten. Tabellerna nedan visar detta.

Ställkostnad Artikelgrupp 2012					
Namn	Orderkvantitet	Maskinställ/st	Personalställ/st	Övrigt ställ/st	Ställkostnad
Produkt A	25	1,8350 kr	1,7683 kr	0,0000 kr	90,08 kr
Produkt B	10	2,2937 kr	2,2104 kr	0,0000 kr	45,04 kr
Produkt C	25	66,9981 kr	65,4342 kr	38,3333 kr	4 269,14 kr
Produkt D	30	2,2787 kr	1,7358 kr	0,0000 kr	120,44 kr
Produkt E	4	148,3383 kr	141,2717 kr	62,5000 kr	1 408,44 kr
Produkt F	4	177,7741 kr	169,6385 kr	52,5000 kr	1 599,65 kr
Produkt G	96	6,9015 kr	6,6666 kr	8,8542 kr	2 152,54 kr
Produkt H	32	20,5205 kr	19,7909 kr	26,5625 kr	2 139,96 kr
Produkt I	60	4,0218 kr	3,9739 kr	14,1667 kr	1 329,74 kr
Produkt J	60	3,4098 kr	3,3774 kr	14,1667 kr	1 257,23 kr
Produkt K	120	10,9077 kr	4,8473 kr	7,0833 kr	2 740,60 kr

Ställkostnad Artikelgrupp 2014					
Namn	Orderkvantitet	Maskinställ/st	Personalställ/st	Övrigt ställ/st	Ställkostnad
Produkt L	30000	0,0115 kr	0,0129 kr	0,0000 kr	732,0000 kr
Produkt M	25500	0,0051 kr	0,0056 kr	0,0000 kr	272,8500 kr
Produkt N	7500	0,0507 kr	0,0570 kr	0,0000 kr	807,7500 kr
Produkt O	40000	0,0045 kr	0,0051 kr	0,0000 kr	384,0000 kr
Produkt P	12000	0,0287 kr	0,0323 kr	0,0000 kr	732,0000 kr
Produkt Q	30000	0,0061 kr	0,0068 kr	0,0000 kr	387,0000 kr
Produkt R	7500	0,0507 kr	0,0570 kr	0,0000 kr	807,7500 kr
Produkt S	22500	0,0154 kr	0,0171 kr	0,0000 kr	731,2500 kr
Produkt T	30000	0,0061 kr	0,0068 kr	0,0000 kr	387,0000 kr
Produkt U	10000	0,0458 kr	0,0459 kr	0,0000 kr	917,0000 kr

Bilaga F: Beräkning av tillverkningskostnad och lagervärde

Uppgifter om produktvärdet i lager (P_v) erhöles ur affärssystemet och det innefattade rörlig tillverkningskostnad, ställ- och ordersärkostnad per styck. Eftersom ställ- och ordersärkostnad hanteras separat i modellen måste den rörliga tillverkningskostnaden beräknas. Detta har beräknats med följande formel (omskrivning av ekvation 3.7):

$$TV_k = P_v - \frac{St_k + O_k}{OrderQ}$$

där

TV_k är den rörliga tillverkningskostnaden,

St_k är ställkostnaden,

O_k är ordersärkostnaden och,

$OrderQ$ är orderkvantiteten.