

Utveckling av verktyg för kalkylering av en ny produkts ledtid

Tobias Snickars

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Tobias Snickars

Utbildning och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Mikael Ehres, Allan Örn

Titel: Utveckling av verktyg för kalkylering av en ny produkts ledtid

Datum 15.5.2019

Sidantal

33

Abstrakt

Detta examensarbete har gjorts enligt uppdrag av ABB Distribution Solutions vid avdelningen GA - team. ABB är ett världsledande företag inom el- och automationsbranschen som är verksamt i över 100 länder och har en bas vid Strömberg park i Vasa.

På avdelningen tillverkas styrsåp med diverse interna komponenter vars uppgift är att bygga upp smartare elnät. Av dessa är en betydande del mindre projekt som anpassas efter kundens behov, vilket betyder att det därför skapas många nya modeller. Dessa modeller medför ett problem i och med att de komplicerar kapacitetsplaneringen eftersom leddiden mellan de olika modellerna kan skilja sig markant i produktionen. Därför finns ett behov av ett verktyg som kan användas för att underlätta kapacitetsplaneringen genom att räkna ut leddiden för dessa nya modeller.

Syftet var därför att skapa ett sådant verktyg som med hjälp av statistisk analys gör en kalkyl av en produkts leddid innan den är känd. För att genomföra detta kommer en tillförlitlig variabel för produkternas leddid att letas fram i ritningarna för styrsåpen. Med hjälp av en arbetsmätning för att mäta leddiden för olika modeller och denna variabel, kommer verktyget som utvecklas i Microsoft Excel, att använda sig av regressionsanalys för att kalkylera ut leddiden för nya produkter. Verktyget kommer också att samla in nya data för att förbättra framtida prognoser för leddid.

Resultatet utgörs av analys av de observationer som erhöles i och med arbetsmätningen samt verktyget själv och en analys av det och dess möjlighet till vidare utveckling.

Språk: svenska

Nyckelord: kapacitetsplanering, prognostisering, regressionsanalys

BACHELOR'S THESIS

Author: Tobias Snickars

Degree Programme: Industrial Management and Engineering, Vaasa

Supervisor(s): Mikael Ehres, Allan Örn

Title: Development of a Tool for Calculation of a New Product's Lead Time

Date May 15, 2019

Number of pages 33

Abstract

This Bachelor's thesis has been commissioned by ABB Distribution Solutions at the department GA (Grid Automation) – team. ABB is a world-leading corporation in the electrification and industrial automation branch and operates in more than 100 countries and have departments situated in Vaasa, Finland.

In the department control cabinets with various internal components whose purpose is to build a smarter power distribution grid. Out of these a considerable share are part of smaller projects customised for the customer's needs which leads to an ever growing product pool. With this comes the problem of the new products complicating the capacity planning since their lead time can differ significantly between the different models. Thus it exists a need for a tool which can be used while planning capacity by calculating the lead time for these new models.

Therefore the purpose of this thesis is to create such a tool using statistical analysis to calculate lead time before it is known by measurement. To accomplish this a reliable variable for the lead time of the cabinets will be determined by studying the drawings. By performing work measurement for different models, lead time will be determined and comparing this to the other variable the tool, which will be developed in Microsoft Excel, will use regression analysis to calculate the lead time for new products. It will also gather new data to improve future calculations.

The result consists of an analysis of the observations gathered in the work measurement as well as the tool itself and an analysis of it and its possibilities for further development.

Language: Swedish

Key words: capacity planning, forecasting, regression analysis

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Bakgrund..... | 1 |
| 1.2 | Problembeskrivning..... | 1 |
| 1.3 | Syfte och tillvägagångssätt..... | 2 |
| 1.4 | Avgränsning..... | 2 |
| 2 | Om företaget..... | 4 |
| 3 | Teori..... | 5 |
| 3.1 | Kapacitetsplanering..... | 5 |
| 3.1.1 | Kapacitetsutnyttjandegrad..... | 5 |
| 3.1.2 | Aspekter att ta hänsyn till vid förändring av kapacitet..... | 6 |
| 3.1.3 | Kapacitet i denna studie..... | 7 |
| 3.2 | Operationstider..... | 7 |
| 3.3 | Arbetsmätning..... | 8 |
| 3.3.1 | Tidsstudier..... | 8 |
| 3.3.2 | Frekvensstudier..... | 9 |
| 3.3.3 | Elementartidsystem..... | 9 |
| 3.3.4 | Tidformler..... | 10 |
| 3.3.5 | Användbarhet i denna studie..... | 10 |
| 3.4 | Statistisk analys..... | 10 |
| 3.4.1 | Spridningsdiagram..... | 10 |
| 3.4.2 | Regressionsanalys..... | 11 |
| 3.5 | Erfarenhet..... | 13 |
| 3.6 | Prognostiseringsmetoder..... | 14 |
| 3.6.1 | Delphimetoden..... | 14 |
| 3.6.2 | Panel konsensus..... | 15 |
| 3.6.3 | Linjär regressionsanalys..... | 15 |
| 3.6.4 | Prognostisering i denna studie..... | 15 |
| 3.7 | Funktioner i Microsoft Excel..... | 15 |
| 3.7.1 | LINEST..... | 16 |
| 3.7.2 | Namnhanteraren..... | 16 |
| 3.7.3 | OFFSET..... | 16 |
| 3.7.4 | COUNTA..... | 16 |
| 3.7.5 | IF..... | 17 |
| 3.7.6 | ISBLANK..... | 17 |
| 3.7.7 | Visual Basic for Applications (VBA) i Excel..... | 17 |
| 4 | Metod..... | 18 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Utförande av arbetsmätning..... | 18 |
| 4.2 | Bestämning av variabler i ledtiden..... | 19 |
| 4.3 | Olika typer av kabelkopplingar | 19 |
| 4.4 | Val av programvara för verktyget..... | 20 |
| 4.5 | Planering av verktyget..... | 21 |
| 4.6 | Utveckling av verktyget i Microsoft Excel | 21 |
| 5 | Resultat..... | 27 |
| 5.1 | Analys av data erhållen | 27 |
| 5.2 | Verktyget..... | 28 |
| 6 | Sammanfattning och diskussion | 30 |
| 6.1 | Vidareutveckling av verktyget..... | 31 |
| 6.2 | Slutord..... | 31 |
| 7 | Källförteckning | 32 |

1 Inledning

ABB Distribution Solutions är en enhet som verkar vid ABB i Vasas. Till denna enhet hör produktion av styrsåkåp till transformatorstationer som tillverkar tusentals skåp per år och är en växande del av enheten. Denna avdelning kallas GA-team, GA en förkortning för Grid Automation. Dessa styrsåkåp som tillverkas finns till för att kunna fjärrstyra elnätet på det sätt man vill och man kan säga att de är själva hjärnan som bygger upp ett smart elnät.

På grund av många pågående mindre projekt och krav på nya modifieringar av produkterna, är kapacitetsplanering vid produktionen något av ett problem eftersom det i förväg är väldigt svårt att avgöra hur lång tid dessa nya modeller på styrsåkåp kommer att ta för att tillverkas. Detta examensarbete är ett försök att utveckla ett verktyg för att räkna ut kapacitetskraven för produktionen när många mindre projekt pågår samtidigt. Detta genom att verktyget ska klara av att beräkna ledtiden på sådana produkter som aldrig tidigare varit i produktion direkt i det skedet som ritningar för dessa i fråga finns tillgängliga. Denna ledtid ska sedan kunna användas i kapacitetsplaneringen av produktionen.

1.1 Bakgrund

Efter att ha sommarjobbat vid ABB Distribution Solutions ställde jag en förfrågan om att kunna skriva examensarbete där och bokade ett möte med min chef Allan Örn. Under mötet kom vi fram till några alternativ på arbeten och jag tog med dessa till min handledare vid Yrkeshögskolan Novia och vi bokade in ett till möte där vi tog beslutet för just detta arbete.

Under sommaren jobbade jag som förman för produktionen och har därför en bra inblick i både problemet i sig och hur produktionen arbetar. Eftersom jag jobbade deltid under skolarbetet hade jag möjlighet att vara på plats för att finna en lösning på problemet.

1.2 Problembeskrivning

Arbetet har sin grund i många mindre projekt som ofta produceras i sin helhet på produktionen i Vasas. I skrivande stund har det tillverkats fler än 400 olika skåpmodeller och enbart under 2018 tillverkades över 200 nya modeller. Eftersom dessa ofta är skräddarsydda för kunden är det svårt att känna till hur länge dessa nya produkter kommer att ta att göra i produktionen eftersom de förstas inte tidigare har tillverkats.

Detta medför först att planeringen av skåpen tar en lång tid men också senare ett problem att det är en utmaning att planera produktionen eftersom de aldrig blivit gjorda förr och det är omöjligt att säga hur länge det kommer att ta. På detta kommer också problemet att veta hur mycket personal som behövs varje vecka, många av de anställda vid produktionen är rekryterade via andra bolag och bör därför meddelas i god tid före om de ska vara på plats.

För att därför underlätta kapacitetsplaneringsproblemet kan ett verktyg för uträkning av ledtid för produkter redan innan produktion vara till bra hjälp.

1.3 Syfte och tillvägagångssätt

Syftet med detta examensarbete var att utveckla ett verktyg som kan förutsäga leddiden för en ny produkt redan innan produkten i fråga är i produktion och därmed fungera som hjälpmedel för att optimera kapaciteten vid sammanställningen av styrsåpen och således spara in förlorade pengar som kommer med över- och underbemanning.

Vid genomförandet utfördes mätningar på leddiden på icke tidigare tillverkade skåp som kommer till produktionen. Eftersom kretsscheman vid denna tidpunkt finns kommer leddiden jämföras med kretsscheman för produkterna för att försöka hitta variabler i dessa som sammanfaller med leddiden. Efter det kommer verktyget rent praktiskt att skapas.

1.4 Avgränsning

Tillverkningen av nya styrsåp brukar delas in i fyra olika skeden. Planering, sammanställning, konfigurering och sluttestning.

Planeringen av skåpet är det skedet där skåpet som beställts av kunden planeras och ritas upp av en ingenjör och ett kretsschema skapas. Man kan definiera detta som tiden från att beställningen accepterats tills när skåpet är klart för produktion.

Efter att planeringen är färdig sker sammanställningen av skåpet, detta skede är den fysiska produktionen av skåpet till dess slutgiltiga form.

Konfigureringen av skåpet sker efter sammanställningen. Detta skede är väldigt varierande rent tidsmässigt beroende på om det finns en färdig konfiguration eller en liknande konfiguration för skåpet i fråga. Finns redan en konfiguration tillgänglig för skåpet innebär detta skede endast uppladdning av den konfigurationen till skåpet, annars inkluderar detta

steg även beredning av en ny konfiguration. Är det dock fråga om ett skåp som inte har tillverkats förr är beredning av konfiguration mera regel än undantag.

Efter konfigurationen utförs också slutttestning av skåpen då det kontrolleras att allting fungerar före dem levereras till kunden.

Arbetet avgränsas till den fysiska sammanställningen av styrskåp för transformatorstationer vid ABB Distribution Solutions i Vasa. Detta utesluter planeringen, konfigurationen och testningen av skåpen.

Det avgränsas också således att endast sådana skåp som går genom sammanställningen för första gången och som inte redan har en ledtid inkluderas.

Orsaken till varför planering, konfiguration och testning inte inkluderas är att dessa skedens kapacitet ligger på en väldigt likadan nivå hela tiden och inte förändras alls i samma utsträckning som kapaciteten i sammanställningen. Deras ledtider varierar också väldigt mycket på faktorer som är mycket svåra att förstå.

2 Om företaget

ABB Ltd bildades när Asea och Brown Boveri slogs ihop 1988 och är en multinationell verkstadskoncern inom elkraft- och automationsteknik som omsätter ca 34 miljarder dollar och är börsnoterat i Zürich, Stockholm och New York. Huvudkontoret är stationerat i Zürich, Schweiz och företaget sysselsätter 147 000 personer i över 100 länder varav ungefär 5300 finns i Finland (ABB, 2019) (ABB, 2019).

Inom koncernen finns fyra divisioner vilka är *Electrification Products*, *Robotics and Motion*, *Process Automation* och *Power Grids* och under dessa otaliga enheter, bara i Finland hela 17 stycken och 9 av dessa i Vasa. Övriga enheter i Finland finns i Helsingfors, Fredrikshamn och Borgå (ABB, 2019).

GA-team är namnet som används till vardags inom företaget för avdelningen där produktionen av styrskåp finns i Vasa under enheten Distribution Solutions som hör till Electrification Products rent globalt, GA förkortning för *Grid Automation* som fritt översatt betyder automatisering av elnätet. Styrskåpen är fysiska skåp med diverse komponenter som diverse kontrollenheter, reläer och kommunicerande enheter som är sammankopplade för att samverka med varandra. Övriga lösningar säljs också på kunders förfrågan. De största kunderna finns i Estland och Finland dit absolut flest enheter levereras.

Avdelningen är relativt liten och en av de mindre i Strömberg Park. På avdelningen arbetar mellan 20–30 personer och en stor del av dessa är inhyrda från andra företag som Wapice, CO-engineering, Digitalo m.fl. Avdelningen består av ett kontor, en verkstad var sammanställningen av skåpen görs samt ett testnings- och konfigurationsområde vid slutet av produktionskedjan.

3 Teori

I detta kapitel kommer teori nödvändig för detta arbete att presenteras. Först kommer kapacitetsplanering att behandlas, efter det kommer ämnen som arbetsmätningar, prognostiseringsmetoder och statistik att diskuteras. Slutligen kommer några funktioner i Microsoft Excel att gås igenom.

3.1 Kapacitetsplanering

Definitionen för kapacitet är förmågan att hålla, få, förvara eller rymma. När vi pratar om kapacitet i industrin handlar det oftast om hur mycket tillgångar som krävs i form av maskiner eller manskraft i olika processer över en viss tid (Olhager, 2013, s. 60) (Jacobs & Chase, 2017, s. 96).

Kapacitet bör planeras så att den ligger så nära den nivå som krävs som möjligt. För låg kapacitet leder till förseningar och i långa loppet till förlust av kunder. För hög kapacitet gör däremot att man antingen tillverkar för mycket eller att operatörer lämnar utan att göra. Kapacitetsplanering är förmågan att planera sin kapacitet så optimalt som möjligt. För att planera kapacitetsförändringar är det många saker som bör tas i beaktande (Olhager, 2013, s. 154 - 155) (Jacobs & Chase, 2017, s. 96 - 97).

Kapacitetsplanering är nödvändig att förstå i detta arbete eftersom det är i just den som problemet i grunden ligger.

3.1.1 Kapacitetsutnyttjandegrad

För att kunna planera så bra som möjligt är det viktigt att känna till en arbetsprocess optimala operationsnivå. Denna nivå definieras som den nivå för vilken processen var designad för och är därmed den nivå av kapacitet som minimerar den genomsnittliga kostnaden på produkten som tillverkas (Olhager, 2013, s. 156 - 159) (Jacobs & Chase, 2017, s. 97). För att se hur nära den optimala nivån man ligger brukar man räkna ut kapacitetsutnyttjandegrad med formeln:

$$\text{Kapacitetsutnyttjandegrad} = \frac{\text{Kapacitet använd}}{\text{Optimala operationsnivån}}, \text{ (Jacobs \& Chase, 2017, s. 97)}$$

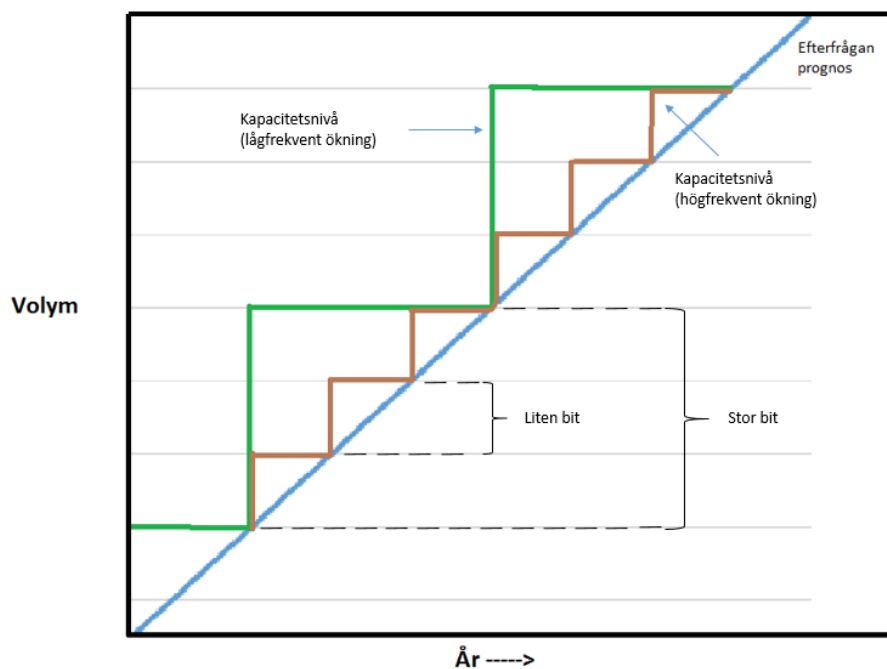
3.1.2 Aspekter att ta hänsyn till vid förändring av kapacitet

Ska man öka eller sänka kapacitet bör man främst ta hänsyn till tre faktorer som är att upprätthålla balansen i systemet, frekvens av ökningarna eller sänkningar och användning av extern kapacitet (Olhager, 2013, s. 154 - 160) (Jacobs & Chase, 2017, s. 99).

Den optimala balansen i ett tillverkningssystem är att de olika delmomenten har en produktion på exakt vad nästa moment i kedjan kräver (Olhager, 2013, s. 154 - 160) (Jacobs & Chase, 2017, s. 99 - 100). För att applicera det på denna studie kan man säga att det skulle vara optimalt att planeringen skulle producera kretsscheman i exakt den takt som sammanställningen kräver dem, och att sammanställningen producerar i exakt den takt som konfigureringen kräver nytt arbete osv.

Denna balans är hur som helst så gott som omöjlig att nå och därför löser man nästan konstant obalans i systemet. Ett vanligt sätt att balansera är att lägga till kapacitet vid så kallade flaskhalsar i produktionen, ett annat sätt är att göra ett lager av produkter före flaskhalsen för att se till att det momentet alltid har något att arbeta med. Detta löser dock inte problemet om de producerar för lite och nästa moment inte har något att arbeta med (Olhager, 2013, s. 154 - 160) (Jacobs & Chase, 2017, s. 99 - 100).

Det man bör beakta angående frekvensen av ökningarna och sänkningar av kapacitet är kostnaderna för att öka för ofta samt för att öka för sällan. Att öka för ofta ger kostnader i form av att lära upp ny personal, köpa nya maskiner och även lära upp operatörer att använda de nya maskinerna. Gör man däremot tvärtom och ökar kapaciteten för sällan innebär det att när man väl ökar blir det i mycket större delar och det tar länge att tjäna in det man investerat i. I figur 1 illustreras skillnaden mellan att högfrekvent ändra kapacitet kontra lågfrekvent (Olhager, 2013, s. 154 - 160) (Jacobs & Chase, 2017, s. 100).



Figur 1: Högfrekvent i förhållande till lågfrekvent kapacitetsökning.

3.1.3 Kapacitet i denna studie

Vikten av att förstå hur kapacitet fungerar i denna studie är nödvändig för att förstå problemet. Eftersom problemet i grund och botten ligger i komplicerad kapacitetsplanering är dessa koncept och uttryck viktiga att förstå.

3.2 Operationstider

Av operationstider får man ut väsentlig information för kapacitetsbehovsplanering. Dessa består oftast av två komponenter: ställtid och stycktid (Andersson, et al., 1992, s. 228) (Olhager, 2013, s. 134 - 135).

Med ställtid menas tiden det tar att ställa tillverkningen från en produkt till en annan. Denna tid är kapacitetskrävande eftersom det under denna tid inte utförs något arbete (Andersson, et al., 1992, s. 229) (Olhager, 2013, s. 134 - 135).

Stycktiden är den tid som själva tillverkningen av en enhet tar. För att sedan få ut den totala operationstiden för ett parti räknas summan av stycktiden och ställtiden och multipliceras därefter med partistorleken (Andersson, et al., 1992, s. 229) (Olhager, 2013, s. 134 - 135).

3.3 Arbetsmätning

För att kunna fastställa standardtider i produktionen gör man en arbetsmätning. Dessa standardtider är alltså styck- och ställtider. Dessa kan man sedan använda för att göra en kapacitetsplanering. Att tiderna är exakta är av stor vikt för annars leder beräkningarna till över- eller underskattning av kapacitetsbehoven. För arbetsmätning finns det fyra principiella metoder som behandlas i underrubrikerna (Andersson, et al., 1992, s. 194) (Olhager, 2013, s. 144).

I denna studie kommer en arbetsmätning att utföras för att veta ledtiden på ett antal modeller av styrskåp eftersom det är vitalt för att kunna utföra arbetet.

3.3.1 Tidsstudier

En tidsstudie är en direktanalys vilket innebär att man gör en analys över arbetet genom att studera direkt hur en process utförs, dessa används om man vill fastställa standardtider för en viss produkt. När man gör en tidsstudie använder man sig vad som helst som går att använda för att mäta tid, kanske främst ett stoppur. Förrän man börjar mäta tiden är det viktigt att man delar in arbetet i mindre processer för att ge en mer detaljerad inblick på de olika standardtiderna i operationen (Andersson, et al., 1992, s. 195 - 196) (Olhager, 2013, s. 144 - 145).

Man bör också göra flera mätningar för att kunna få fram ett medelvärde som även bör justeras efter en prestationsbedömning. Till prestationsbedömningen hör att man jämför processen och den operatör som utfört den till övriga processer och operatörer. Ifall exempelvis en till medeltalet långsammare operatör utför processen bör alltså medelvärdet justeras till ett något mindre tal (Andersson, et al., 1992, s. 195 - 196) (Olhager, 2013, s. 144 - 145).

Enligt Olhager (2013, s. 144 - 145) finns dessa steg inkluderade i en tidsstudie:

1. Avgör tidsstudieobjekt, d.v.s. ställtid eller stycktid.
2. Uppskatta standardavvikelse på studieobjektet.
3. Avgör noggrannheten du önskar i din studie.
4. Räkna ut nödvändigt antal observationer.

5. Under undersökningen gör kontinuerliga nya beräkningar med hjälp av dina nya observationer för att räkna antal nödvändiga observationer samt för att kunna uppskatta standardavvikelsen bättre.

3.3.2 Frekvensstudier

Har man många studieobjekt samtidigt och vill försöka avgöra olika processers andel i en större process kan man överväga att göra en frekvensstudie. Eftersom man i denna metod utför stickprov på vilka arbetsmoment som just då utförs så kan man med hjälp av de data man samlat in beräkna operationsmomentens kapacitetanvändning. Eftersom man använder sig av statistiska metoder i uträkningarna är det vitalt att tidpunkterna när stickproven utförs är slumpmässiga (Olhager, 2013, s. 146 - 147) (Andersson, et al., 1992, s. 199 - 200). I likhet med tidsstudien bör man i en frekvensstudie gå genom dessa steg (Olhager, 2013, s. 146 - 147):

1. Avgör frekvensstudieobjekt.
2. Uppskatta processens andel av den totala processens tid.
3. Avgör noggrannheten du önskar i din studie.
4. Räkna ut nödvändigt antal observationer.
5. Under undersökningen gör kontinuerliga nya beräkningar med hjälp av dina nya observationer för att räkna antal nödvändiga stickprov.

3.3.3 Elementartidsystem

Elementartidsystem bryter ner processer i deras allra minsta beståndsdelar för att på så vis räkna ut ledtider. Det absolut mest använda systemet i världen kallas MTM (eng. *methods time measurement*) som skapades redan 1948. MTM-systemet bryter ner alla moment till vad som kallas elementarrörelser. Alla dessa rörelser ges en tid som är beroende på rörelsen i sig och förhållandena. De 10 elementarrörelserna i det ursprungliga MTM-systemet var: sträcka, flytta, vrida, anbringa tryck, gripa, inpassa, släppa, lösgöra, röra ögonen och röra på fot, ben eller kropp (Andersson, et al., 1992, s. 197 - 199) (Olhager, 2013, s. 148 - 150).

Vardera av dessa grundrörelser har olika kategorier som är grundade på rörelseavstånd och svårighetsgrad. Elementartiderna i sig har en egen enhet, *time measurement units* eller förkortat TMU som motsvarar 1/100 000 timme. Det finns efter årtal med systemet tabeller

som går att använda för alla möjliga sorts typer av rörelser och gör man en studie med hjälp av systemet kommer resultaten vara pålitliga. Negativt är dock att arbetet är väldigt omfattande och tidskrävande (Andersson, et al., 1992, s. 197 - 199) (Olhager, 2013, s. 148 - 150).

3.3.4 Tidformler

Tillsammans med elementartidsystem den vanligaste arbetsmätningmetoden i dagens läge. En tidformel tas fram med hjälp av en databas med olika delar av en process som har en bestämd tid. Liknande till i elementartidsystemet listar man moment men här är momenten inte lika korta utan ett moment kan infatta ett antal rörelser. En formel ska sedan läggas fram som med hjälp av data ur tabellen kan räkna ut produktionstid för produkten i fråga. Variablerna i formeln kan variera beroende på antal enheter som tillverkas eller andra kännetecken i produkten (Andersson, et al., 1992, s. 196) (Olhager, 2013, s. 150).

3.3.5 Användbarhet i denna studie

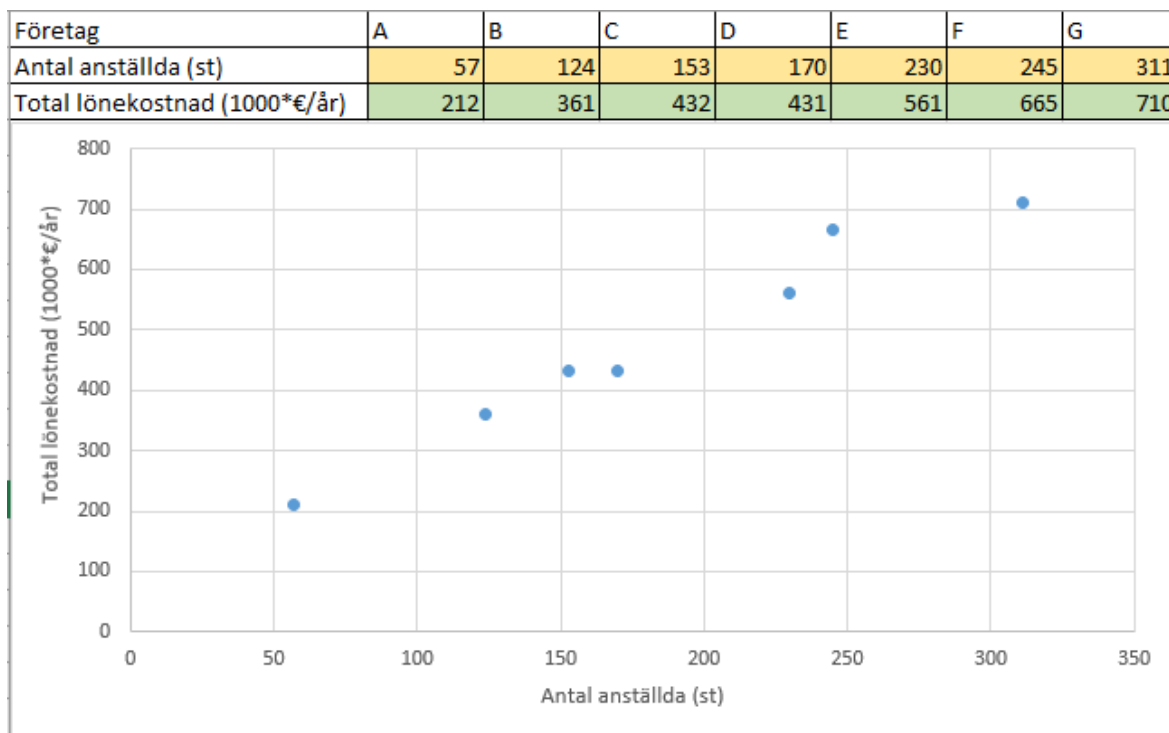
Eftersom det i denna studie kommer att utföras en arbetsmätning var det nödvändigt att skapa sig en uppfattning om hur arbetsmätningar generellt sett går till. Från vardera av dessa fyra metoder finns lärdomar att ta med sig för att förstå hur arbetsmätningar går till. I denna studie kommer främst delar av metoderna tidsstudier och tidformler att komma till användning.

3.4 Statistisk analys

Med hjälp av erhållna data kommer statistisk analys att användas för att kunna utveckla verktyget och därför är det bra att känna till grunderna av statistisk analys. Framförallt kommer spridningsdiagram och regressionsanalys att beskrivas i detta kapitel.

3.4.1 Spridningsdiagram

Spridningsdiagram anses vara den mest flexibla och användbara innovationen inom statistisks grafiska hjälpmedel. Ett spridningsdiagram har två olika variabler som är placerade i samma punkt vid respektives variabels värde vid dess korrelerande axel. Med hjälp av detta kan man enkelt dra slutsatser och se samband mellan punkterna (Friendly & Denis, 2005).



Figur 2 Exempel på ett spridningsdiagram.

I figur 2 kan man se ett exempel på ett spridningsdiagram där det visas hur antalet anställda på olika företag påverkar lönekostnaderna.

3.4.2 Regressionsanalys

Det mest användbara verktyget för analys mellan flera olika variabler är en regressionsanalys. I en sådan letar man efter samband mellan de olika variablerna och hur de påverkar varandra. Med en dylik kan man testa om det alls finns något samband mellan variablerna eller beskriva sambandet om ett sådant finns (Lantz, 2013, s. 387) (Montgomery, et al., 2012, s. 1).

Regressionsanalys är också det som kommer att användas och vara centralt i verktyget för att kunna göra prognoser.

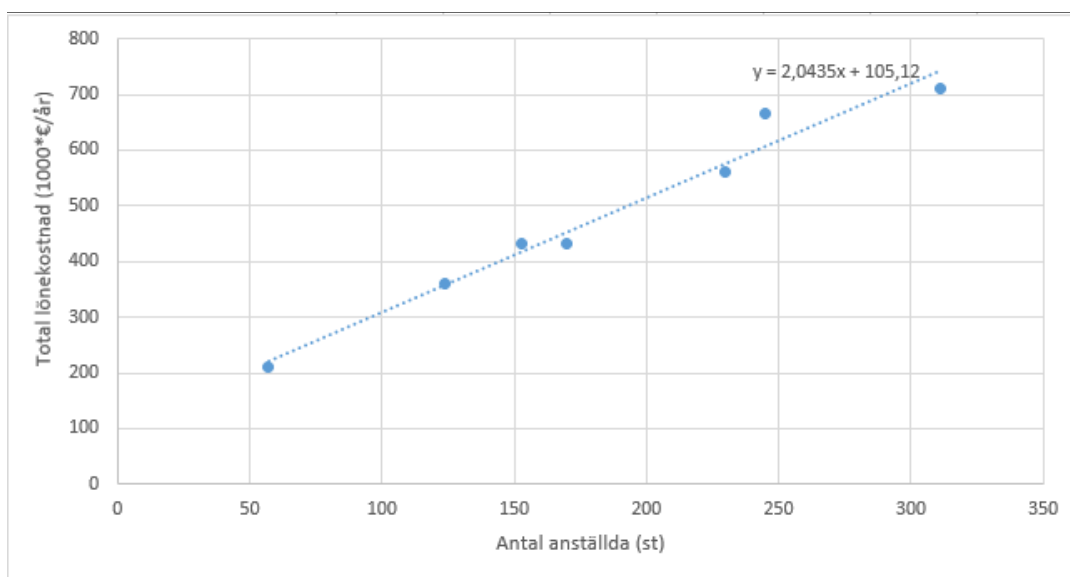
Den absolut simplaste formen av regressionsanalys och den som också kommer att användas i denna studie är linjär regressionsanalys. När det endast finns två variabler är det denna metod som används (Jacobs & Chase, 2017, s. 57 - 60) (Lantz, 2013, s. 387) (Montgomery, et al., 2012, s. 12).

I en linjär regression lägger man in observationer man har haft som man har anledning att tro att korrelerar med varandra i ett x, y-diagram. Man kalkylerar sedan ekvationen på den linje som mest korrelerar med punkterna. Man kommer då att erhålla en ekvation av formen

$y = kx + b$ som man kan använd för att förutsäga framtida observationer med en viss osäkerhet beroende på hur pass bra punkterna korrelerade (Jacobs & Chase, 2017, s. 57 - 60) (Lantz, 2013, s. 387 - 391).

En precis regressionsanalys bör utföras med hjälp av dator. Microsoft Excel har en utmärkt funktion för regressionsanalys om man går via fliken data till verktyget dataanalys och väljer regression. Via den funktionen erhåller man olika koefficienter och standardfel m.m. som kan vara användbara. Vill man endast erhålla regressionslinjens ekvation kan man göra det med hjälp av spridningsdiagrammets inställningar i Excel (Jacobs & Chase, 2017, s. 57 - 60) (Lantz, 2013, s. 407 - 409) (Quirk, 2012, s. 130 - 139) (Microsoft, 2019f).

I figur 3 kan man se diagrammet med en regressionslinje och dess ekvation. I figur 4 ser man vad som man får ut av regressionsanalysverktyget i Excel.



Figur 3: Trendlinje med dess ekvation.

| SUMMARY OUTPUT | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Regression Statistics</i> | | | | | | | | |
| Multiple R | 0,985218793 | | | | | | | |
| R Square | 0,970656071 | | | | | | | |
| Adjusted R Square | -1,4 | | | | | | | |
| Standard Error | 32,89289469 | | | | | | | |
| Observations | 1 | | | | | | | |
| <i>ANOVA</i> | | | | | | | | |
| | <i>df</i> | <i>SS</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>Significance F</i> | | | |
| Regression | 7 | 178945,716 | 25563,67371 | 165,3929968 | #NUM! | | | |
| Residual | 5 | 5409,712605 | 1081,942521 | | | | | |
| Total | 12 | 184355,4286 | | | | | | |
| | <i>Coefficients</i> | <i>Standard Error</i> | <i>t Stat</i> | <i>P-value</i> | <i>Lower 95%</i> | <i>Upper 95%</i> | <i>Lower 95,0%</i> | <i>Upper 95,0%</i> |
| Intercept | | | | | | | -1,2266E-299 | 2,7885E-299 |
| X Variable 1 | | | | | | | 2057400 | 2057400 |
| X Variable 2 | | | | | | | 1 | 1 |
| X Variable 3 | | | | | | | -3,8401E-159 | 8,8906E-159 |
| X Variable 4 | | | | | | | 1,592E+199 | 1,592E+199 |
| X Variable 5 | | | | | | | 6,0029E-270 | -1,3641E-269 |
| X Variable 6 | 105,1235165 | 31,81257163 | 3,30446459 | 0,021370189 | 23,34669769 | 186,9003352 | 23,34669769 | 186,9003352 |
| X Variable 7 | 2,043515802 | 0,15889837 | 12,86052086 | 5,06152E-05 | 1,635054539 | 2,451977066 | 1,635054539 | 2,451977066 |

Figur 4: Värderna som erhålls av Excels regressionsanalysverktyg.

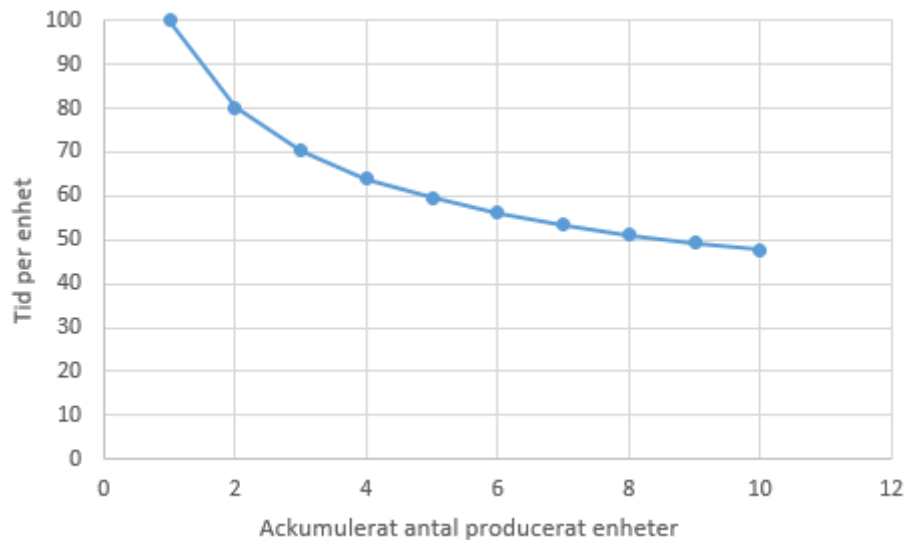
3.5 Erfarenhet

Eftersom erfarenhet är ytterst viktigt som en tidsaspekt i operationer är det också en viktig del av arbetsmätningar. Man brukar visualisera effekten av mer erfarenhet med hjälp av erfarenhetskurvor eller inlärningskurvor (Olhager, 2013, s. 151) (Jacobs & Chase, 2017, s. 116 - 117).

En erfarenhetskurva baseras på tre saker: arbetstiden minskar vid mer erfarenhet, hur mycket arbetstiden minskar minskas också vid mer erfarenhet och dessa minskningar följer ett förutsägbart mönster (Olhager, 2013, s. 151 - 153) (Jacobs & Chase, 2017, s. 116 - 117).

Man antar att ledtiden för en produkt minskar med samma procentsats för varje gjord produkt i takt med att erfarenheten ökar. Detta gör att utvecklingen följer en exponentialfördelning vilket innebär att effekten som spelar in på ledtiden är större i början och minskar hela tiden. I figur 5 kan man se hur en erfarenhetskurva skulle se ut med 80 % procentsats, vilket innebär att för varje gjord enhet blir operatören 20 % snabbare (Olhager, 2013, s. 151 - 153) (Jacobs & Chase, 2017, s. 116 - 117).

När man sedan analyserar observationerna från arbetsmätningen kan erfarenhet vara något som är möjligt att dra slutsatser om eftersom också operatören kommer att noteras.



Figur 5: Erfarenhetskurva med 80 % procentsats.

3.6 Prognostiseringsmetoder

Prognostisering är processen för att göra förutsäkringar baserat på data från nutid och dåtid samt genom analysering av trender. Den är av yttersta vikt för större företag när det gäller planering och kontroll. Det finns 2 olika typer av prognostiseringsmetoder, kvantitativa och kvalitativa. Namnen på metoderna förklarar i stort sett vad de innebär, kvantitativa är metoderna som använder sig av matematiska modeller och kvalitativa är metoderna som är subjektiva och bedömande. I detta kapitel kommer det att tas upp tre olika prognostiseringsmetoder som kan vara användbara i denna studie (Jacobs & Chase, 2017, s. 46).

3.6.1 Delphimetoden

Delphimetoden är en kvalitativ prognostiseringsmetod som baserar sig på expertutlåtanden. Den kan vara speciellt användbar i prognoser som inte kan göras med hjälp av kvantitativa metoder (Diebold, 2001, s. 318 - 319) (Olhager, 2013, s.103). Metoden går oftast ut på att lämna frågeformulär till en expertpanel som var och en anonymt fyller i på egen hand utan att veta vad de övriga lämnar för svar och i de flesta fall utan att veta de övrigas identitet (Olhager, 2013, s.103) (Jacobs & Chase, 2017, s. 74).

Efter att svaren samlats in kommer den som gör undersökningen att välja vilken information man fått in och filtrera ut den som anses vara väsentlig och ge experterna feedback i form av

en återkoppling av exempelvis medelvärdesvaren på frågorna och kommentarer av övriga experter. Baserat på denna information kommer man be om nya svar av experterna med tanken att de nu med mera inblick med hjälp av övriga experters utlåtanden kommer att krypa närmare konsensus. Denna process kan repeteras ända tills man anser sig ha tillräckligt tillförlitliga svar för att kunna dra en slutsats (Jacobs & Chase, 2017, s. 74).

3.6.2 Panelkonsensus

Denna metod påminner om Delphimetoden och består av en panel som tillsammans gör en prognos. Detta sker vanligtvis med ett möte där man sitter och diskuterar och försöker nå konsensus. Problemet med denna metod och anledningen till varför Delphimetoden blev till är att människor som känner sig i en lägre position än andra tenderar att dra åt deras håll. Anställda på en lägre nivå vågar ofta inte ta ton mot högre chefer och därför kan denna metod vara lite opålitlig beroende på vilken grupp av människor man arbetar med (Jacobs & Chase, 2017, s. 73).

3.6.3 Linjär regressionsanalys

Åter igen kommer linjär regression upp som ett användbart medel. Grundkonceptet är förklarat redan i kapitel 3.4.2 men regressionsanalysen är ett utmärkt verktyg för prognostisering. Den lämpar sig utmärkt för långtidsprognostisering och övrig planering så länge man lyckas finna ett samband mellan sin faktor och tid (Jacobs & Chase, 2017, s. 57 - 60).

3.6.4 Prognostisering i denna studie

Eftersom kapacitetsplanering i grund och botten handlar om prognostisering är dessa viktiga begrepp att förstå. I denna studie kommer främst linjär regressionsanalys att användas för att lyckas göra så lyckad prognostisering som möjligt. För att komma på variabler att använda sig av i linjär regressionsanalysen kan man dock säga att en blandning av Delphimetoden och panelkonsensus kommer att användas för att hitta dessa.

3.7 Funktioner i Microsoft Excel

I detta kapitel kommer det att förklaras några av de funktioner samt verktyg som kommer att användas i Excel för att man ska förstå dessa. Detta eftersom programvaran kommer att vara av stor vikt i denna studie.

3.7.1 LINEST

LINEST är Excels funktion för linjär regression. Genom att använda denna funktion får man ut värdena på k och b i ekvationen för linjen $y = kx + b$. Man får också ut standardfel för de värden man kommer erhålla och ett R^2 -värde som ligger mellan 0 och 1. R^2 -värdet är bra för att förstå hur pålitlig ens regressionsanalys är eftersom det visar på värdenas linjäritet. Ett högt R^2 -värde tyder på hög linjäritet. Funktionen ser ut på följande sett: = *LINEST*(*known_y*; *known_x*; *const*; *stats*). På *known_y* lägger man in kända y-värden, på *known_x* sina kända x-värden. *Const* och *stats* är variabler som endast definieras som sanna (*TRUE*) eller falska (*FALSE*). Är *const* sant kommer b att räknas ut som vanligt, annars antas b vara lika med 0. Är *stats* definierat som sant ger funktionen ut extra regressionsstatistik som inte är med om det är definierat som falskt (Microsoft, 2019f).

3.7.2 Namnhanteraren

Namnhanteraren är en dialogruta som används när man vill definiera ett område i Excel med ett namn. Detta används för att definiera flera celler under ett namn så att Excel börjar uppfatta detta namn och det underlättar när man ska skriva in framtida funktioner (Microsoft, 2019e).

3.7.3 OFFSET

OFFSET funktionen ger en referens till ett intervall som är ett angivet antal rader och kolumner förskjutet från en cell eller ett cellintervall och funktionen ser ut som följande: = *OFFSET*(*reference*; *rows*; *cols*; *height*; *width*). I *reference* fältet fyller man i referensen som är utgångspunkten för förskjutningen. I fälten *rows* och *cols* fyller man i hur många rader som man vill att referensen ska referera till samt hur många kolumner man vill att den ska referera till. I fälten *height* och *width* som är valfria att fylla i fyller man i hur många celler hög och hur många celler bred som man vill att den returnerade referensen ska vara (Microsoft, 2019d).

3.7.4 COUNTA

COUNTA är en funktion som räknar hur många celler som inte är tomma i ett område och ser ut som följande: = *COUNTA*(*value1*; *value2*; *value3*; ...). Funktionen är simpel och man fyller helt enkelt i cellerna man vill kontrollera som *value1*, *value2*, *value3* osv. och erhåller därefter ett värde som beskriver hur många som inte var tomma (Microsoft, 2019a).

3.7.5 IF

IF funktionen är en av de mest använda i Excel och gör logiska jämförelser mellan ett värde och det man förväntar sig. Funktionen skrivs som: = *IF(logicaltest; valueiftrue; valueiffalse)*. I fältet *logicaltest* läggs ett påstående in, till exempel att en cell är värd mer än en annan, om detta är sant kommer man att erhålla värdet som man definierat i fältet *valueiftrue* om detta är falskt kommer man erhålla värdet man definierat i cellen *valueiffalse* (Microsoft, 2019b).

3.7.6 ISBLANK

ISBLANK är en funktion som ger tillbaka antingen ett SANT eller FALSKT värde beroende på om cellen refererad är tom eller inte. Funktionen skrivs som = *ISBLANK(value)* där man fyller i den cell som man vill att kontrolleras (Microsoft, 2019c).

3.7.7 Visual Basic for Applications (VBA) i Excel

När de vanliga verktygen i Excel inte längre räcker till hamnar man oftast att ta till hjälp i form av att programmera i VBA. VBA är en nerbantad del av programspråket Visual Basic och används i bland annat Excel för att skriva makron. VBA är lätt att lära sig och har en bred användning, detta betyder också att man väldigt ofta hittar det man är ute efter redan gjort på internet med en enkel sökning (Alexander & Kusleika, 2016 s. 3 - 18).

4 Metod

I detta kapitel kommer det att beskrivas hur jag gick till väga med att utföra denna studie. Från att ha börjat med att utföra arbetsmätning till planering av verktyget och slutligen skapandet av själva verktyget.

4.1 Utförande av arbetsmätning

Eftersom detta verktyg kommer att användas endast på nya styrskåp som kommer till produktion lämpade sig inga av de olika arbetsmätningsskåp som beskrevs ovan utan snarare element ur varje metod för att avgöra ledtiden på styrskåpen. Det som också bör nämnas är att p.g.a. att det oftast är endast 1 exemplar av de nya skåpen som görs är det svårt att bestämma en exakt ledtid eftersom det skulle kräva flera mätningar av samma produkt.

För själva mätningen användes metoden från tidsstudier med en stoppklocka. Stoppklockan i detta fall var jag. Under vecka 52 2018 och vecka 1 2019 vikarierade jag som förman vid produktionen vid ABB Distribution Solutions och utförde då de första mätningarna.

Mätningen gick ut på att när operatörerna som sammanställer styrskåpen ville ha ett nytt arbete, det vill säga ett skåp som skulle tillverkas, gick de via mig för att hämta kretsscheman till det nya arbetet. På samma gång skrev jag upp vilken tidpunkt som de påbörjat arbetet. När detta arbete sen är färdigt kommer operatörerna själva på nytt och rapporterar att arbetet är färdigt och frågar samtidigt efter nytt arbete och då kan alltså det föregående arbetet ses som avslutat. Vi pratar alltså om ledtider och begreppen styck- och ställtid behöver inte beaktas eftersom ställtiden alltid är med i mätresultaten och den inte varierar på något vis mellan de olika modellerna.

Under denna period på 2 veckor kom det sex nya modeller av styrskåp till produktion och på samtliga dessa utförde jag en tidmätning. Två av dessa mätningar valde jag dock att förkasta på grund av att det fanns fel i ritningarna som hade uppstått i planeringsskedet som gjorde att skåpen behövde extra arbete och därmed var mätresultaten på dessa två skåp inte tillförlitliga.

Detta medförde att det fanns endast fyra mätningar att gå på vilket ansågs vara alltför lite för att få ett någorlunda pålitligt resultat. Därför frågade jag hjälp av ordinarie förman för att få några flera mätningar utförda och han mätte ledtiden för tre olika modeller och sammanlagt sex olika skåp under vecka 13 som också använts i denna studie. En positiv sak med denna

data var att fyra likadana skåp var i produktionen på samma gång vid fyra olika operatörer och med hjälp av dessa kan man urskilja en osäkerhet samt operatörernas snabbhet.

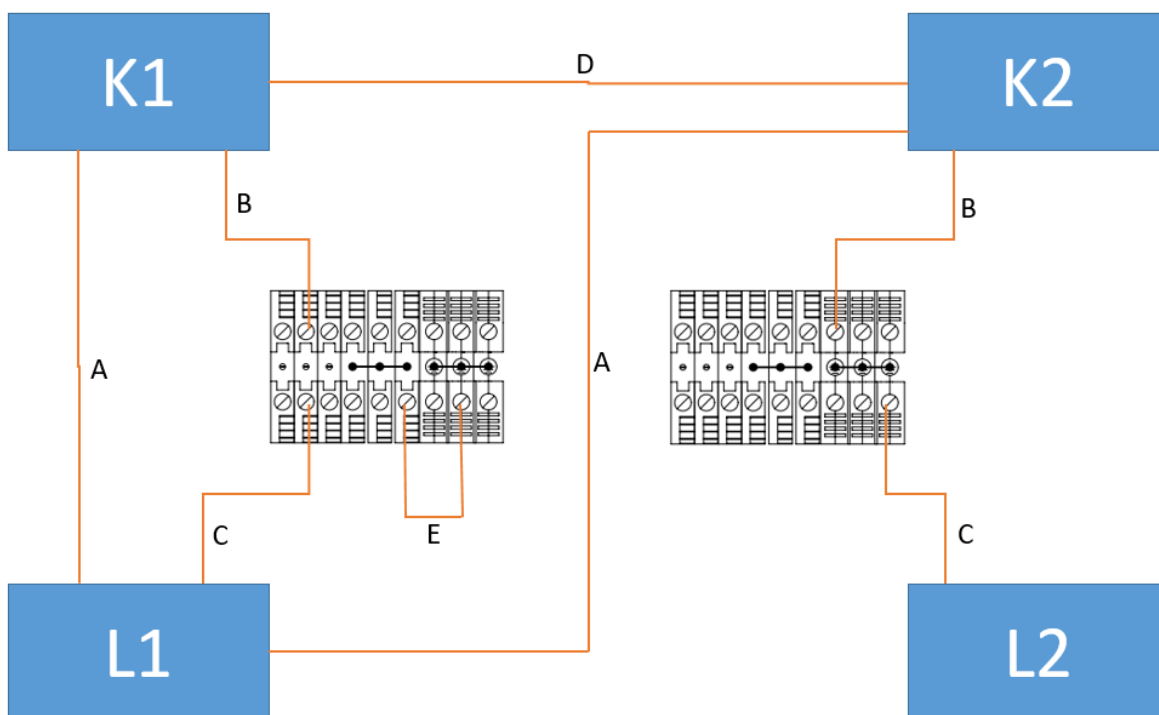
4.2 Bestämning av variabler i ledtiden

Först fanns en fundering på att likt i ett elementartidsystem kartlägga alla moment i ett typiskt arbete för att på så vis göra upp ett verktyg för att avgöra ledtid men det kom fram att detta skulle bli ett alltför komplext verktyg som ständigt skulle behöva uppdateras när nya komponenter kommer till och det skulle helt enkelt inte vara hållbart att underhålla. Ett annat problem med ett sådant system skulle också vara att det skulle ta alltför lång tid att slå in alla parametrar och det skulle högst antagligen leda till att man blir avskräckt från att alls använda verktyget.

Därför tog jag ett möte vid ABB med enhetens chef och produktionens förman för att reda ut vilka variabler de som experter inom området kan tro att är sammankopplade med ledtiden. Det som de båda ansåg att gick att lita på som variabel var att antal kablar dragna i skåpet torde korrelera med dess ledtid i sammanställningen. De ansåg också att övriga parametrar som antal komponenter inte behöver beaktas utan att antal kabelkopplingar borde korrelera direkt med ledtiden.

4.3 Olika typer av kabelkopplingar

I ett styrskåp av våra modeller kan man dela in de olika kabelkopplingarna i fem kategorier som jag kommer att kalla för A, B, C, D och E. Dessa kopplingar går mellan radklämmor, olika former av apparater och kontakter. Apparater kommer benämnas som K1, K2, K3 osv. K för finskans ord för apparat (*koje*). Kontakter benämns som L1, L2, L3 osv. L för finskans ord för kontakt (*liitin*).



Figur 6: Olika typer av kabelkopplingar.

Koppling A är alltså en koppling som går från Kx till Lx, koppling B går från Kx till radklämma, koppling C går från radklämma till Lx, koppling D går från Kx till Kx och koppling E från radklämma till radklämma.

Av dessa kopplingar syns endast B, C och E kopplingarna i kretsscheman för styrskåpen. Kopplingarna kan dock antas ta lika länge att utföra. För att få fram ett antal för hur många kablar som dras kan man däremot med hjälp av programvaran som skåpen ritas i exporteras en lista över samtliga kopplingar i Microsoft Excel och därmed enkelt få fram ett antal som man kan använda i verktyget.

4.4 Val av programvara för verktyget

När programvaran skulle väljas för verktyget var det en ganska kort process eftersom jag var relativt säker på att mitt enda alternativ med min ringa erfarenhet av all form av programmering var Microsoft Excel. Eftersom inga krav heller ställdes från ABB:s sida föll valet på just Excel.

Fördelen med att göra ett dylikt verktyg på just Excel är också att alla som ska använda verktyget har erfarenhet av programmet. En annan fördel är att det enkelt kan sparas på

molnet och uppdateras vartefter man använder det, samt att det gör det enkelt att hitta för samtliga som vill använda det.

4.5 Planering av verktyget

Efter att data hade samlats och det var bestämt att endast en variabel kommer att användas i verktyget blev det uppenbart att det som det kommer att vara enklast att använda sig av linjär regression för att räkna ut de förväntade ledtiderna. Eftersom man i en regressionsanalys erhåller en ekvation av formen $y = kx + b$ kan man i detta fall förstå att y kommer att motsvara en estimerad ledtid, k är riktningskoefficienten man erhåller från regressionsanalysen, x kommer att motsvara antalet kopplingar och b kommer att vara linjens skärningspunkt med y-axeln.

Det som ville åstadkommas rent praktiskt var ett verktyg där man endast skriver in materialkod, antal kopplingar och då visar det en förutsagd ledtid för det skåpet. Ett annat önskemål var också att man sedan när produkten är färdig och det visade sig hur lång tid den tog har möjlighet att skriva in den tiden och trycka på en knapp som lägger till den i en databank och då uppdateras på samma gång regressionsanalysen för att ge ett ännu bättre resultat nästa gång.

I grund och botten ett användarvänligt verktyg som ska vara så pass lätt att använda att det inte går att göra fel.

4.6 Utveckling av verktyget i Microsoft Excel

Eftersom Excel redan använts för att samla data från alla observationer var det enkelt att fortsätta därifrån. Först gjordes en flik med en databank där det sattes in samtliga av de redan uppmätta ledtiderna och deras skåps respektive antal med kopplingar. I figur 7 kan man se när samtliga värden har satts in. De olika flikarna från vänster till höger motsvarar: produktkod, antal kopplingar och uppmätt ledtid (h).

| Produkt | Antal kopplingar | Uppmätt ledtid |
|-----------|------------------|----------------|
| Produkt 1 | 203 | 35 |
| Produkt 2 | 168 | 26 |
| Produkt 3 | 160 | 32 |
| Produkt 4 | 160 | 32 |
| Produkt 5 | 175 | 29,5 |
| Produkt 6 | 159 | 32 |
| Produkt 6 | 159 | 32 |
| Produkt 6 | 159 | 24 |
| Produkt 6 | 159 | 23 |
| Produkt 7 | 133 | 29 |

Figur 7 Värdena erhållna från mätningarna. I första kolumnen produktkod (på grund av sekretesskäl fiktiv produktkod), andra kolumnen antal kopplingar och sista kolumnen ledtid.

Som nämnt tidigare skulle linjär regression användas för att förutsäga ledtiden. Eftersom det finns en funktion i Excel som gör en linjär regression (LINEST) användes denna för att erhålla värden för funktionen. I figur 8 kan man se funktionen som användes och i figur 9 erhållna värden.

```
{=LINEST(yrange;xrange;TRUE;TRUE)}
```

Figur 8 LINESTfunktionen.

| | y=kx+b | | |
|-------------------------|----------|----------|----------------------|
| Riktningkoefficient (k) | 0,083955 | 15,72338 | Y-skärningspunkt (b) |
| Standardfel (k) | 0,074137 | 12,18355 | Standardfel (b) |
| R ² | 0,138154 | 3,886715 | Standardfel (y) |
| Observerat F-värde | 1,282397 | 8 | Frihetsgrader |

Figur 9 Erhållna värden från regressionsanalysen.

En utmaning med funktionen var att göra den till en sådan som uppdaterar sig själv allt eftersom att flera värden läggs till i databanken. För att lösa detta problem användes namnhanteraren i Excel för att definiera att samtliga x- och y-värden som en räckvidd vart också värden som senare läggs till när mer data erhålls inkluderades. Dessa döptes till *xrange* och *yrange* och det förklarar också varför de är beskrivna så i linjär regressionsfunktionen som kan ses i figur 8. För att kunna definiera räckvidderna krävdes hjälp av funktionerna OFFSET och COUNTA som finns beskrivna i teorin i kapitel 3.7.3 och 3.7.4. I figur 10 kan

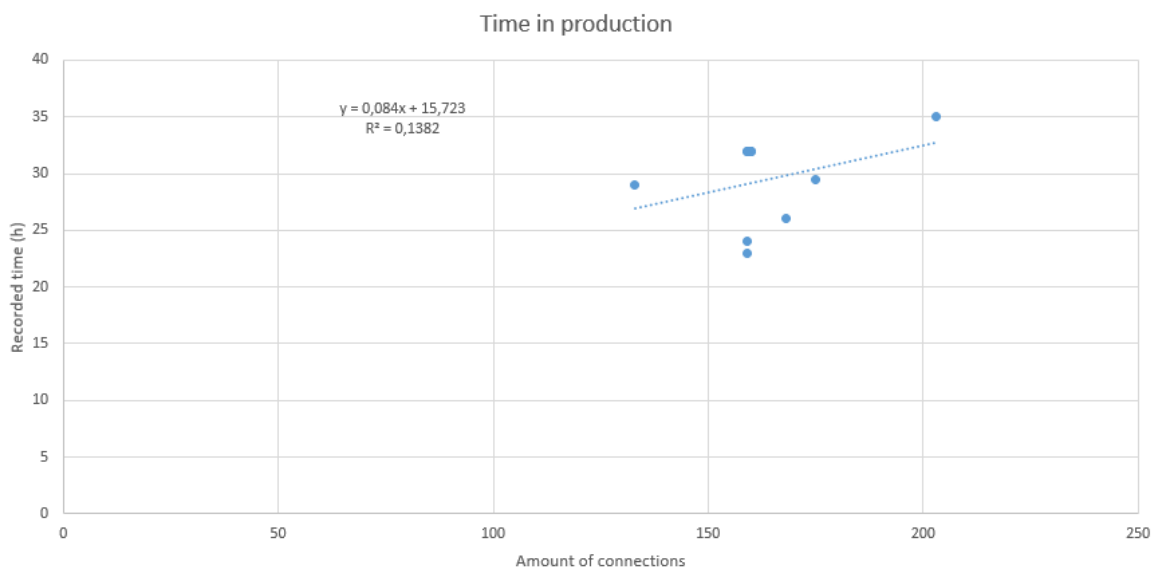
man se hur x- och y-värdena döptes och definierades med hjälp av OFFSET och COUNTA funktionerna i namnhanteraren.

Name Manager

| Name | Value | Refers To | Scope |
|--------|-------|---|----------|
| xrange | {...} | =OFFSET(Databank!\$B\$1;0;0;COUNTA(Databank!\$B:\$B);1) | Workbook |
| yrange | {...} | =OFFSET(Databank!\$C\$1;0;0;COUNTA(Databank!\$C:\$C);1) | Workbook |

Figur 10 x-värden och y-värden definierade i namnhanteraren i Excel.

I datafliken skapades också en dynamisk graf som ändrar allt eftersom att fler observationer läggs till i databanken. Denna skapades endast för visualisera hur regressionen ser ut och har ingen praktiskt betydelse och kan ses i figur 11 med de värden som i detta nu finns tillgängliga.



Figur 11 Spridningsdiagram med trendlinje för att visualisera regressionsanalysen.

Efter detta skapades en ny flik där själva verktyget finns vars utseende kan ses i figur 12. Denna flik byggs upp av fyra kolumner och två knappar samt en textruta med instruktioner om hur man använder verktyget.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|---------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Material code | Total connections | Actual time (h) | Estimated production time (h) | | | | | | | | |
| 2 | 1V5V521XXX | 215 | | 33,77 | Add top to data bank | Delete top row | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | |

How to use the tool

1. Fill Material code cell.
2. Fill Total connections cell, total connections can be found in connection list
3. The expected production time will be counted according to statistics.
4. If actual time recorded, fill actual time cell and click **Add top to data bank** to add the top row to the data bank.
5. If actual time not recorded, click **Delete top row** to delete the top row.

Figur 12 Verktygets utseende med en hypotetisk produkts data ifylld.

De fyra kolumnerna består av tre stycken man fyller i själv och den fjärde som ger ut den estimerade produktionstiden. Eftersom den estimerade tiden kommer att motsvara y i formeln $y = kx + b$ skapades en formel i cellerna under kolumnen *Estimated production time* som hämtar värdena för k , x och b från deras celler i Excel-filen. För att inte något värde skulle synas i cellen innan man har fyllt i totalt antal kopplingar användes också funktionerna IF och ISBLANK. Dessa är där för att avgöra om det finns något värde i cellen med totalt antal kopplingar, om där är tomt kommer också denna cell inte visa något värde. Direkt man fyller i cellen kommer dock ett värde att visas i cellen i enlighet med $kx + b$. Figur 13 visar hur formeln rent praktiskt kom att se ut.

```
=IF(ISBLANK(B2);"";Databank!$G$12*Tool!B2+Databank!$H$12)
```

Figur 13 Funktionen i cellen som visar estimerad produktionstid.

Därefter kom knapparna att behöva programmeras med hjälp av varsitt makro som tilldelas dem. Knapparnas enda egentliga är att lägga till data till databanken så att man inte behöver göra det för hand och att radera data man inte vill använda. För att programmera knapparna användes VBA.

Den första knappen som döptes till *Add top to databanks* uppgift är att kopiera materialkoden, antal kopplingar och faktisk tid från den översta raden när dessa är ifyllda och klistra in dessa i databanken så att regressionen uppdateras och det erhålls nya mer korrekta värden till nästa estimering. Den flyttar också upp raderna under ett steg så att man inte behöver göra detta manuellt.

```

Sub addtodatabank()
'
' addtodatabank Macro
' adds top row to databank
'
'
If Range("A2") = "" Then
MsgBox "Fill in all blanks (Material code, total connections and actual time)"
GoTo last
End If
If Range("B2") = "" Then
MsgBox "Fill in all blanks (Material code, total connections and actual time)"
GoTo last
End If
If Range("C2") = "" Then
MsgBox "Fill in all blanks (Material code, total connections and actual time)"
GoTo last
End If
Range("A2:C2").Select
Selection.Copy
Sheets("Databank").Select
Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Offset(1, 0).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Sheets("Tool").Select
Range("D2").Select
Worksheets("Tool").Range("A2:C2").ClearContents
last:
End Sub

```

Figur 14 Koderna i VBA för knappen *Add top to databank*.

Koderna i VBA för makrot till knappen *Add top to databank* kan man se i figur 14. Först kollar makron att det finns värden i samtliga celler som ska kopieras, finns där inga värden kommer det att dyka upp en textruta som uppmanar användaren att fylla i samtliga celler. Detta görs med hjälp av en IF funktion som visar textrutan och avslutar makron om någon av cellerna är tomma, annars fortsätter makrot.

Efter att den kollat efter värden i cellerna så kopierar makrot dessa, klistrar in de i databanken och tar bort de från verktygsfliken.

Den andra knappen döptes till *Delete top row* och har en simpel uppgift, den raderar hela den översta raden. För att göra det måste den först låsa upp Excelbladet eftersom det alltid befinner sig i ett låst läge när det används för att ingen ska råka redigera någonting i misstag. Efter att det låst upp bladet raderar den raden i fråga och låser bladet igen. Eftersom denna knapp hade en så simpel uppgift kunde makrot enklast göras med verktyget *spela in makro* som spelar in ett makro genom att kopiera vad man gör och skapar automatiskt en kod i VBA för detta. Koderna för makron i VBA som spelades in kan ses i figur 15.

```
Sub Delete_top_row_2()  
,  
' Delete_top_row_2 Macro  
' ny  
,  
  
    ActiveSheet.Unprotect  
    Rows("2:2").Select  
    Selection.Delete Shift:=xlUp  
    ActiveSheet.Protect DrawingObjects:=True, Contents:=True, Scenarios:=True  
End Sub  
,
```

Figur 15 Koden i VBA för makron till knappen *Delete top row*.

Till sist lades också en textruta till med förklaringar hur man använder verktyget till punkt och pricka som man kan se i figur 12.

5 Resultat

I detta kapitel kommer resultatet att presenteras av det som åstadkommits. Det kommer också att dras slutsatser som kan dras av data som finns tillgänglig.

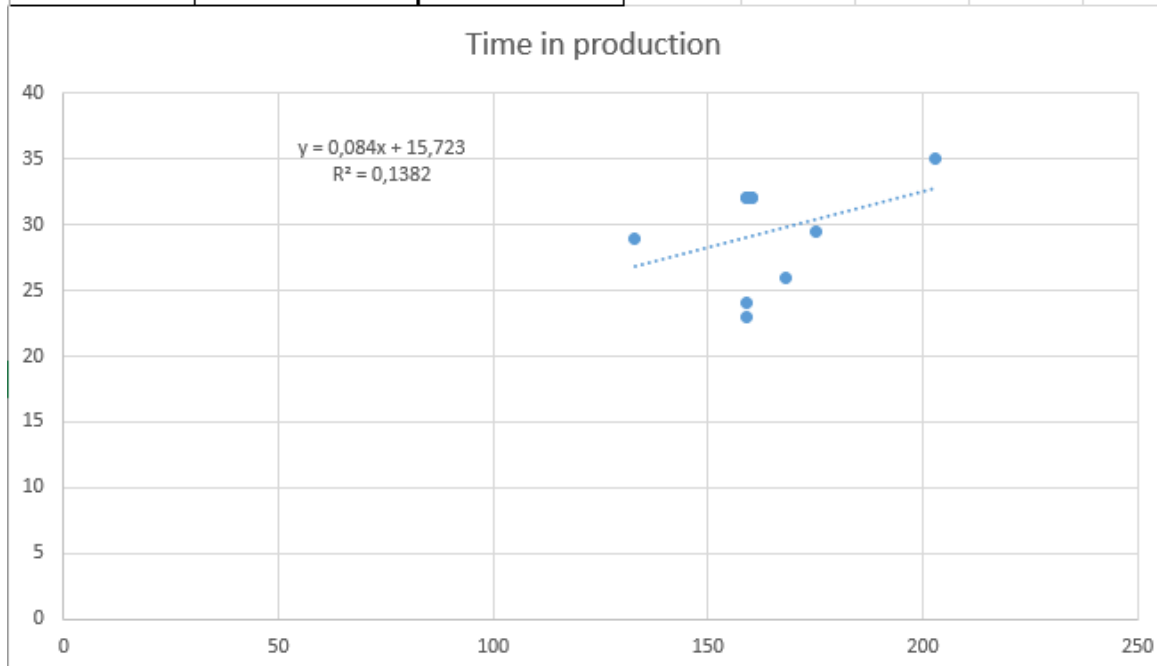
5.1 Analys av data erhållen

Eftersom det inte fanns möjlighet att få in alltför många observationer före deadline på detta arbete började krypa sig närmare blev uppgifterna något bristfälliga. Detta ledde till att förklaringsgraden R^2 på regressionsanalysen blev väl låg och ligger på endast 0,1382 med de observationer som hittills gjorts. Detta var också vad som ledde till beslutet om att göra verktyget till ett sådant som uppdaterar vartefter för att förbättra det varefter.

Något som också var intressant av informationen från observationerna var att erfarenhetskurvan som presenteras i kapitel 3.5 inte verkade ha någon större inverkan utan det verkade snarare som de yngre och mindre erfarna operatörerna höll en högre arbetstakt. Detta kan förstås också bero till stor del på att samtliga operatörer har tillverkat så många skåp att kurvan helt enkelt har planat ut för länge sedan och därför hittar man inga samband med denna längre. Samtliga värden och deras plats i ett spridningsdiagram med trendlinje och dess ekvation samt förklaringsgrad kan ses i figur 16.

Det som dock är positivt är att man i alla fall kan se en linjär tendens bland de observationer som har samlats in och allt eftersom flera observationer kommer att läggas till kommer förklaringsgraden att öka.

| Produkt | Antal kopplingar | Uppmätt ledtid | Operatör | | | |
|-----------|------------------|----------------|----------|--|--|--|
| Produkt 1 | 203 | 35 | 1 | | | |
| Produkt 2 | 168 | 26 | 2 | | | |
| Produkt 3 | 160 | 32 | 4 | | | |
| Produkt 4 | 160 | 32 | 3 | | | |
| Produkt 5 | 175 | 29,5 | 4 | | | |
| Produkt 6 | 159 | 32 | 1 | | | |
| Produkt 6 | 159 | 32 | 2 | | | |
| Produkt 6 | 159 | 24 | 3 | | | |
| Produkt 6 | 159 | 23 | 4 | | | |
| Produkt 7 | 133 | 29 | 5 | | | |



Figur 16 Erhållna observationer och deras trendlinje med dess ekvation och förklaringsgrad. Produktkoden fortfarande sekretessbelagd och därför fiktiv.

5.2 Verkytget

Det som efterfrågades var ett verktyg som skulle räkna ut ledtiden på en produkt baserat på statistiska data som fanns tillgänglig. Verkytget skulle också vara användarvänligt och inte svårt att använda. Allt detta har åstadkommits med ett verktyg som ur ett användarperspektiv kan sägas vara ytterst simpelt eftersom det består av tre fält som ska fyllas i och två knappar som man ska använda.

Rent estetiskt är verkytget inte perfekt men eftersom det endast är 2–3 personer som kan komma använda detta är det något man kan leva med och det finns också rum för utveckling om man så vill lägga till på det.

6 Sammanfattning och diskussion

Efter att ha fått i uppgift av uppgiftsgivaren att göra detta arbete påbörjades processen med att leta upp teori om kapacitetsplanering och speciellt arbetsmätning eftersom jag rätt tidigt förstod att det var en metod som kommer att användas. Medan teori lästes och sammanfattades i arbetet utförde jag en arbetsmätning för att få fram ledtid för några produkter. För att utföra en regressionsanalys behövde jag dock hitta en variabel eller variabler som korrelerade med ledtiden. Variabeln fanns inte omedelbart men efter diskussion med några experter föreslogs antal kopplingar i skåpet som en möjlighet och de visade sig mycket riktigt ha en inverkan på ledtiden.

När observationerna fanns tillgängliga var det utvecklingen av verktyget som var på agendan. För att lyckas med det var det mycket sökning på internet för att leta efter funktioner i Excel som man behövde. Lite teori om VBA söktes också upp eftersom det användes även om i en liten skala. När det började kännas som att verktyget fungerade så testades det för att leta efter buggar. Hittade man några fixade man dem och letade sedan efter ännu flera buggar. Efter några omgångar var det färdigutvecklat och fungerade. All kod och alla funktioner finns förevisade i kapitel 4 för att man ska kunna utveckla ett motsvarande verktyg för eget bruk vid behov.

Efter detta drogs det några slutsatser om vilka lärdomar man kan dra av observationerna i sig. Verktyget analyserades också en aning och demonstrerades för att förevisa vad som åstadkommits.

Detta lärdomsprov har varit mer tidskrävande än nödvändigt kanske. Det som tog absolut mest tid var att först ha möjlighet att göra de observationer som krävdes, sedan sattes också väldigt lång tid på att själv försöka komma på samband mellan den leddid jag erhållit och ritningarna för skåpen själv när det hela löste sig väldigt snabbt efter en diskussion med experter inom området. Det var också en utmaning att hitta teori om ämnet specifikt i sig eftersom jag inte kunde hitta tidigare liknande studier. Dock fick man genom att läsa grundera i flera faktorer som spelade in på detta arbete en bra grundförståelse och kunde med hjälp av den gå vidare i arbetet.

Det som jag framförallt lärde mig med hjälp av arbetet är grunderna inom kapacitetsplanering. Jag lärde mig också om olika prediktionsmetoder som finns och framförallt fick jag en bättre förståelse av Microsoft Excel och lärde mig grunderna i VBA samt började förstå användbarheten med det.

Själva verktyget i sig som skapades är jag nöjd med och jag tycker att det gör vad det bör göra. Eftersom det är byggt för att förbättra sig själv hela tiden kommer jag personligen försöka få tid för att lägga till så många observationer som möjligt i verktyget över sommaren när jag kommer att jobba vid ABB Distribution Solutions för att se hur bra säkerhet det klarar av att börja bestämma ledtider med.

6.1 Vidareutveckling av verktyget

Som nämnt tidigare utvecklar ju programmet sig själv i samband med att fler observationer sparas i databanken så den delen sköter ju sig själv. Något nytt som däremot skulle kunna inkluderas genom liknande regressionsanalyser är de stegen i tillverkningen som inte inkluderades i denna studie, det vill säga planering, konfigurering och sluttestning. I alla fall konfigureringen skulle det vara intressant att se om man kunde finna några samband mellan ledtid och någon annan variabel. Planeringsskedet och sluttestningen kan vara något svårare att inkludera men det borde inte vara omöjligt

6.2 Slutord

Slutligen vill jag tacka min handledare från företagets sida, Allan Örn, som tagit sig tid när jag kommit med frågor och problem angående arbetet. Jag vill också tacka honom för att jag fick möjligheten att skriva arbetet för ABB Distribution Solutions. Ett tack också till Antti Huttunen som tog sig tid att göra några tidsobservationer när jag själv inte hade tid att närvara.

Jag vill också tacka min handledare från Yrkeshögskolan Novia, Mikael Ehrens, som har gett bra konstruktiv feedback på mitt arbete konstant samt pressat mig framåt för att få examensarbetet färdigt i tid för sommaren.

7 Källförteckning

ABB, 2019. *ABB facts and financial information summary*. [Online]
Available at: <https://new.abb.com/investorrelations/company-profile/facts-figures>
[Använd 3 Maj 2019].

ABB, 2019. *ABB Suomessa*. [Online]
Available at: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
[Använd 3 Maj 2019].

Alexander, M. & Kusleika, D., 2016. *Excel 2016 Power Programming with VBA*. 1 red.
Indianapolis: John Wiley & Sons.

Andersson, J., Audell, B., Giertz, E. & Reitberger, G., 1992. *Produktion - Strategier och metoder för effektivare tillverkning*. 1 red. Stockholm: Norstedts Juridik.

Bozarth, C. C. & Handfield, R. B., 2008. *Introduction to operations and supply chain management*. Upper Saddle River: Pearson Prentice.

Diebold, F. X., 2001. *Elements of forecasting*. 2 red. Cincinnati: South-Western corp..

Friendly, M. & Denis, D., 2005. *The early origins and development of the scatterplot*, Hoboken: Wiley Interscience.

Jacobs, F. R. & Chase, R. B., 2017. *Operations and Supply Chain Management*. 4 red.
New York: McGraw-Hill Education.

Lantz, B., 2013. *Grundläggande statistisk analys*. 2 red. Lund: Studentlitteratur.

Microsoft, 2019a. *COUNTA function*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/en-ie/article/counta-function-7dc98875-d5c1-46f1-9a82-53f3219e2509>
[Använd 3 Maj 2019].

Microsoft, 2019b. *IF function*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/en-us/article/if-function-69aed7c9-4e8a-4755-a9bc-aa8bbff73be2>
[Använd 3 Maj 2019].

Microsoft, 2019c. *IS functions*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/en-us/article/is-functions-0f2d7971-6019-40a0-a171-f2d869135665>
[Använd 3 Maj 2019].

Microsoft, 2019d. *OFFSET function*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/en-ie/article/offset-function-c8de19aed79-4b9b-a14e-b4d906d11b66>
[Använd 3 Maj 2019].

Microsoft, 2019e. *Use the Name Manager in Excel*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/en-us/article/use-the-name-manager-in-excel-4d8c4c2b-9f7d-44e3-a3b4-9f61bd5c64e4?ui=en-US&rs=en-US&ad=US>
[Använd 3 Maj 2019].

Microsoft, 2019f. *Utföra en regressionsanalys*. [Online]
Available at: <https://support.office.com/sv-se/article/funktionen-regr-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d>
[Använd 2 5 2019].

Montgomery, D. C., Peck, E. A. & Vining, G. G., 2012. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 5 red. Hoboken: John Wiley & Sons.

Olhager, J., 2013. *Produktionsekonomi - Principer och metoder för utformning, styrning och utveckling av industriell produktion*. Lund: Studentlitteratur.

Quirk, T. J., 2012. *Excel 2007 for Business Statistics*. 1 red. New York: Springer.