

Lageroptimering for Novo Nordisk

- Et Case studie af 25A's lagerforhold

HD afgangsupgave - CBS
Supply Chain Management

Forfatter: Nicolai Sander Nielsen

Vejleder: Victor Lund



Indholdsfortegnelse

Executive summary	4
Introduktion og problem baggrund	1
Undersøgelsesspørgsmål.....	2
Motivation	3
Afgrænsning	4
Formål.....	6
ABC klassifikation	6
Re-order punkt samt produkt klasser	10
Re-order punkt	10
Produkt klasser	11
Videnskabsteoretisk baggrund	13
Metode.....	14
Taylors 5 steps.....	14
Step 1.....	14
Step 2.....	15
Step 3.....	15
Step 4.....	17
Step 5.....	17
Modeller og resultater	18
Simuleringen.....	18
Antagelser i modellen	19
Optimerings funktion.....	20
Måle punkter	21
Service Level	21
Gennemsnits lagerniveau	22
Årlig lager omkostninger	22
ABC Analyse	22
Simulering 1 - Nuværende NN model	23
ABC oversigt	23
Simulering 2 - Forventet årlig værdi af aftrækket	24
Simulering 3 - Forventet årlig aftræk	24
Simulering 4 – Produktionsomkostninger	24
Simulering 5 - Zhang et al.....	25
Simulering 6 - Teunter et al.....	26
Simulering 7 – Multi kriterie analyse	28
Resultat.....	29
Service niveau	30
Gennemsnit lagerniveau	31

Lager omkostninger	32
Del konklusion	33
Re-order punkt.....	34
Modellerne	34
Resultat.....	35
Service niveau	36
Påvirkninger	37
Del konklusion	37
Produkt klasse analyse.....	37
Antagelser i analysen	40
Holistisk sammenfatning.....	40
CSL- Cyklisk service level	40
Genopfyldnings rate	41
Gennemsnitlig lager.....	42
Årlig omkostning til lager	43
Samlet resultat.....	44
Kritik af opgaven.....	48
Perspektivering	49
Artikler.....	51
Bøger	52
Forudgående historie til opgaven	53
Nyttig viden om Novo Nordisk.....	54
Novo Nordisk – Produkt supply	54
Hjørring	55
Kalundborg.....	55
Bagsværd – NN's hovedkontor	55
Hillerød.....	56
Interview/møder	56
Følgende personer er interviewet:	56

Figur oversigt

Figur 1 - Taylors fremgangsmåde	14
Figur 2 - Cyklisk Service Niveau - Resultat (CSL).....	30
Figur 3 - Genopfyldnings rate - Resultat (Fill rate)	31
Figur 4 - Gennemsnitlig lager i stk. - Resultat	32
Figur 5 - Samlede lageromkostninger årligt - Resultat.....	33
Figur 6 - Del konklusions resultat	33
Figur 7 - Sikkerhedslager eksempel.....	34
Figur 8 - Nuværende re-order punkt VS. justeret re-order punkt	36
Figur 9 - Samlede årlige omkostninger til lager - Resultat	37
Figur 10 - gennemsnitligt lagerniveau - Resultat.....	37
Figur 11 - Excel solver service level - Resultat	39
Figur 12 - Cyklisk service level - Resultat	41
Figur 13 - Genopfyldnings rate - Resultat	42
Figur 14 - gennemsnitligt lagerniveau - Resultat.....	42
Figur 15 - Samlede årlige omkostninger - Resultat.....	43
Figur 16 - Samlet resultat	45

Læsevejledning

NN: Novo Nordisk A/S

SKU: Stock keeping unit

S&OP: Sales & Operation Planning

CSL: Cycle Service Level

GMP: Good Manufacturing Practise

SS: Safety Stock

SNP: Supply Network Planning

FMC: Full Manufacturing Cost

MRP: Manuel Re-order Point

Non-MRP: Manuel order placing

Executive summary

Novo Nordisk has expanded its business significantly during the last 15 years. Especially, during the last 5 years with the introduction of Victoza® which is used for treating diabetes 2 and obesity. During the past year, NN has expanded its product portfolio and introduced 4 new products. This means that the total number of finished products have increased tremendously as each country requires country specific packaging material. Especially, the factory in Hillerød building 25A, which is a standalone factory that covers all steps in the supply chain, has experienced a significant increase in the amount of finished goods. The overall utilization of the warehouse is over 95 %, meaning that it does not support the production sufficiently enough. An expansion of the warehouse has been initiated but is expected to take at least 15 month before it is operational. Therefore, a task force team has been established with the task of creating space in the warehouse to ensure the production can continue simultaneously within this period.

A situation analysis was conducted which revealed existing challenges within re-order point, ABC classification and safety stock. Especially, the way NN was using ABC as product classification resulted in a high stock. This led to a natural further investigation on the ABC classification. The result from the analysis laid the foundation for recommending to changing the current setup, as the analysis revealed potential improvements by using cost related inputs as sorting criterion. This opened up for the opportunity to maintain the target service level while lowering the total amount of SKU's in stock. For the re-order point setup, it became apparent that improvements were necessary. At the moment, NN is only using a strategic safety stock as foundation for the re-order point. This resulted in unnecessary high stock, as the variability in some of the SKU's was very low and thus a potential for improvement was discovered. The adjusted re-order point took the variability of the demand into consideration before calculating the adjusted safety stock. This means that some SKU's were given a higher SS than other. Overall, this created the biggest improvement as this lowered the total number of SKU's in stock significantly. Another benefit that was revealed from the optimization analysis was that the annual holding cost could be lowered significantly, and thereby reduce the annual holding cost with 4,8%.

Based on the analysis this thesis concluded that the approach introduced by Teunter et al. back in 2010, is the best way for optimizing the challenge. By using this model, NN could reduce the total amount of SKU' significantly, as well as lowering the annual holding cost. All of this would be possible while still maintaining the target service level of 95 %. In addition to this, the analysis revealed that an exclusion of lead time as a parameter could imply significant better results in regards to lowering the total amount of SKU's in stock.

Introduktion

Kapitel 1

Introduktion og problem baggrund

Gennem tiden har virksomheder, uafhængig af industri, konkurreret om markedsandele. I dag har virksomheder ikke alene fokus på at opfylde kundernes forventninger i forbindelse med levering, de ønsker hele tiden at øge overskuddet. Der er i højere grad kommet fokus på at nedbringe omkostningerne, og øget fokus på at være "best in class" igennem alle processer. En af de vigtigste faktorer i forhold til at minimere omkostninger, er virksomhedernes evne til at skabe gennemsigtighed i lagerniveauet, og strategisk kontrollere materiale strømmen igennem hele forsyningskæden. Ved at anvende fagteorier til styring af lagerniveauer kan de fleste virksomheder opnå en signifikant konkurrencefordel [Axsäter, 2007]. Forskere fra "Li Research Group" fandt i 2006 ud af, via empirisk data, at fokus på Supply Chain Management relateret processer gav et konkurrencemæssigt fordel. Dette på trods af at processerne i en Supply Chain kan være svære og kompliceret at optimere. At sikre synergi blandt komplekse processer kan være svær, og kræver ofte en "cost benefit" analyse. Således kan det være svært at identificere hvor kompleksitet tilføjes, samt hvor forbedringsstrategier inden for de enkelte processer kan fungere som et alternativ til bestræbelserne på at reducere lageromkostninger og øge effektiviteten. Kundetilfredshed er ligeledes noget virksomhederne vægter højt, og i den forbindelse er det vigtigt, at man som virksomhed kan levere sine produkter eller ydelser, uafhængig af udsving i efterspørgslen. Alt dette samtidig med man efterlever sin egen lagerstrategi og ikke binder unødvendig kapital på lagre. Derfor understreger dette blot betydningen for at identificere de mest vitale produkter og sikre den mest optimale mængde af enheder på lager. Mulani skrev i 2002: *"Ved at forbedre sin lagerstrategi og reducere sit generelle lager niveau, kan en virksomhed forbedre sit cash flow med op til 30 %. Derudover får virksomheden muligheden for at sænke sine lager-udgifter, forbedre sine Supply Chain relationer, og slutteligt at øge kundetilfredshed med op til 10 %"*.

Denne rapport udføres sammen med Novo Nordisk A/S – herefter benævnt NN. Formålet med denne rapport er at undersøge og forbedre produktklassifikation i henhold til ABC princippet, samt det valgte sikkerhedslager hos NN. De produkter som NN sælger, er

livsvigtige, og det er derfor essentielt at de til en hver tid kan levere produkter til patienterne. Grundet NN's position som markedsleder med stor global efterspørgsel, samt høj individualisering i deres færdigvarer, antages det, at NN med stor fordel kan optimere på måden deres produkter klassificeres på via ABC fordelingen. Derudover måden hvorpå de benytter sig af sikkerhedslager og dets niveau. Videre i denne rapport vil SKU's blive brugt som betegnelse for "stock keeping units".

NN har flere produktions enheder verden over. I denne rapport vil 25A, som er en "stand-alone" fabrik i Hillerød danne baggrund, og det anvendte data stammer udelukkende fra denne fabrik. Valget af denne specifikke fabrik, skal ses i lyset af NN's eksplosive vækst i antallet af færdigvare - SKU'er. Dette skyldes lanceringen af et nyt doseringsdevice kaldet FlexTouch®, som nu sammen med den gamle FlexPen® optager plads. Faktisk er den totale lagerkapacitet blevet en flaskehals i produktionen og kræver nu daglig fokus. En lagerudvidelse er allerede igangsat, men behovet for at skaffe akut plads på lageret er nødvendig. Lagerudvidelsen forventes at tage 15 måneder, da det i henhold til Good Manufacturing Practise – GMP regler, skal valideres under både sommer og vinter påvirkning. En forstærkende faktor som øger kompleksiteten, er at det eksisterende lager er et fuldautomatisk lager. Derved skal de nye lager lokationer programmeres ind i det eksisterende. Logistik er derfor, i samarbejde med Sales & Operations Planning – S&OP, blevet bedt om at optimere på mængden af færdigvarer på lager, således at der skaffes midlertidig plads til at opretholde produktion under udbygningen. Denne rapport er udført som et case studie på 1] NN's nuværende lager politik med baggrund i en ABC analyse. 2] Det anvendte re-order punkt for nuværende lagerniveau. Informationen og data til denne opgave stammer fra NN, og danner grundlag for en situations analyse. Gennem analyse af de to ovennævnte områder vil denne rapport via tre undersøgelsesspørgsmål afdække muligheden for at optimere, og sænke det nuværende lagerniveau i 25A Hillerød.

Undersøgelsesspørgsmål

1. Hvordan kan Novo Nordisk ændre deres ABC klassifikation for deres færdigvare ved enten at:
 - a. Øge serviceniveauet uden at øge de samlede lageromkostninger.
 - b. Sænke omkostningerne forbundet til lagerbinding, uden at ændre på serviceniveauet over for kunderne.

2. Hvordan kan NN justere re-order punkt på deres færdigvarer, i forhold til sikkerhedslager for enten at:
 - a. Øge serviceniveau uden at øge omkostningerne forbundet med lagerbinding.
 - b. Sænke omkostningerne forbundet til lagerbinding, uden at ændre på serviceniveauet over for kunderne.
3. Hvordan kan NN fastlægge den idealle service faktor for hver produkt klasserne i en ABC analyse for enten at:
 - a. Øge serviceniveau uden at øge omkostninger til lagerbinding.
 - b. Sænke omkostningerne forbundet til lagerbinding, uden at ændre på serviceniveauet over for kunderne.

Motivation

Motivationen bag denne rapport er baseret på 1] Supply Chain Management HD 2 del på Copenhagen Business School og 2] Gennem mit arbejde hos NN. Min uddannelse på CBS i Supply Chain Management har givet mig ny viden inden for området. Dette i forlængelse med mine 5 ½ års praktiske erfaring, har givet mig ny viden i forhold til Supply Chain relateret problemstillinger. Når teorien fra undervisningen kombineres med analyse på virkelige problemstillinger, belyses vigtigheden af Supply Chain Management som fagområde. Dette skal ses i kombination med avanceret matematiske teorier, modeller og ligninger nu mere end nogensinde før er udbredt i business verdenen. Ovenstående faktorer motiverer til, via forskning, at levere anbefalinger der kan forbedre det beskrevne problem for NN. NN's ry i forhold til deres nuværende succes, samt størrelse på organisationen, gør at deres logistik udfordringer er af en vis kompleksitet og derved oplagt for denne opgave. Dette skal ses sammen med de potentielle læreriger, samt de fremadrettet muligheder, dette måtte skabe hos NN. I relation til ovenstående er en anden stor motivationsfaktor også muligheden for at løse et reelt problem for NN. Casen er sponsoreret af Chad Henry som er Corporate Vice President for 25A. Tidsrammen for at løse denne opgave er Q2 2016.

Afgrænsning

Der er foretaget klare afgrænsninger for at gøre denne rapport mere præcis. De generelle afgrænsninger og antagelser vil blive beskrevet i dette afsnit, hvorimod mere specifikke antagelser og afgrænsninger, vil blive diskuteret i de enkelte afsnit, hvor det giver mening at nævne dem. Formålet med denne opgave er at anvende allerede udviklede teorier og modeller på det anvendte data fra 25A, for derved at kunne svare på undersøgelsesspørgsmålene. Der vil derfor blive evalueret på de enkelte teories fundament i denne rapport. Fokus vil være på fortolkningen og konklusion i forhold til opgavens indhold. De enkelte teorier er således beskrevet, men deres matematiske afledning betragtes ikke som en del af opgaven. Opgavens formål er at give NN en anbefaling til optimering af nuværende lageranvendelse i 25A. Denne opgave vil ikke beskæftige sig med implementeringen af den foreslåede løsning.

Som tidligere beskrevet er 25A en ”stand alone” fabrik. Det betyder, at alle step i NN’s Supply Chain på nær et udføres i fabrikken. Produktionen af råinsulin sker kun på fabrikken i Kalundborg, og forsyner hele NN’s Supply Chain. Først fyldes insulinen i 3ml glas og benævnes herefter som en Penfill®. Herefter monteres disse Penfill® i enten en FlexPen® eller som FlexTouch®. Efter montage pakkes de i 5 eller 10 stk. æsker og distribueres direkte ud til de lokale lagre. De nye insulin typer samt de nye doserings device har været medvirkende til en stigning af antallet af færdigvare på lager. En anden faktor er at mange lande kræver såkaldt ”lande specifikt pakkemateriale”, hvilket betyder at det skal være på deres lokale sprog. Der tilføjer igen flere færdigvare numre til algeret. Enkelte insulin varianter fyldes ikke lokalt på fabrikken, men importeres som ”bulk” fra andre NN fabrikker. Efter modtagelse lokalt i 25A betegnes ”bulk” som ”semi-finish” og fordelingen af ”semi-finish” styres af S&OP. Dette er årsagen til at de også er med til at løse problemet. Hver måned udfører et team under S&OP et Supply Network Planning – SNP rul, hvilket betyder at kapaciteten på hver fabrik vurderes op i mode kundernes forventede aftræk. Kunderne (affiliate) får altså løbende evalueret deres aftræk, med henblik på at finde den bedste og mest hensigtsmæssige produktions plan. Øverst i dette puslespil spiller de regulatoriske godkendelser den afgørende rolle, og er derfor den styrende faktor for, hvilke fabrikker der må producere til hvilke lande. Markedet NN opererer i anses som værende meget stabilt, dog med enkelte små udsving i løbet af året. Fx op mod finansårets afslutning, hvor større ordre ofte tikker ind fra lokale kunder. Dette er af hensyn til deres årlige budget, og har efterfølgende en konsekvens for aftrækket i månederne efter. Ligeledes kan store ordre

vindes, tabes, udløbe eller fornyes. Det kan også have en påvirkning på produkter på lager. De enkelte fabrikkers kapacitet load er ikke inkluderet i analysen og de små udsving som ses i aftrækket, beskrevet oven for, er ligeledes ikke med i analysen. Fokus er udelukkende rettet mod at optimere de enkelte produktklasser, re-order punktet, og sikkerhedslageret. Derfor vil de lokale udsving i aftrækket være underlagt som begrænsninger i opgaven ned mod selve produktionen. I denne opgave stammer det anvendte data fra 25A, og beskriver de færdigvarer som ligger på lager. Via de valgte modeller, som bliver beskrevet i næste afsnit, vil data blive analyseret med henblik på at finde den bedste løsning. Det anvendte data er udvalgt som en repræsentativ gruppe af SKU'er. Dette er gjort for at data mængden ikke eksploderer. SKU'erne er herefter blevet filtreret således at fejldata er blevet ekskluderet. På baggrund af dette, vil opgaven bruge 52 SKU'er som beregningsgrundlag. De 52 SKU'er er alle inden for produktkategorien "A", "B" og "C". Der vil i denne opgave ikke blive tilføjet yderligere klasser så som "D", "E" eller "F".

Fra situationsanalysen vil to potentielle områder heller ikke blive berørt, nemlig 1] Det antal produkt klasser som bruges, og 2] frekvensen hvormed produkterne i hver klasse evalueres. Dette er valgt for at opnå en dybere analyse af de valgte undersøgelsesspørgsmål, men også for at begrænse omfanget af denne opgave. Grunden til at antallet af produktklasser er ekskluderet af opgaven, skyldes muligheden for at belyse yderligere potentielle forbedringer i den måde en ABC analyse, samt sortering kriterierne virker på. Ydermere ville flere produktklasser blot tilføje flere SKU'er til lageret og derved gøre denne opgave mere kompliceret. Ligeledes er dette årsagen til, at det andet emne benævnt ovenfor undlades. Det anses som værende et andet aspekt af en ABC analyse, og vil derfor kun ganske kort blive berørt.

Litteratur overblik

Kapitel 2

Formål

Simchi-levi skrev i 2002: *"Supply Chain Management defineres som et sæt af handlinger udført for effektivt at integrere leverandør, produktion, lager og forretning, således at produkterne er produceret og distribueret i de rigtige mængder, på det rigtige sted og til den rigtige tid i forhold til at minimere omkostninger, og uden at ofre på servicegraden mod kunderne"*.

Formålet med dette afsnit er at give et litteraturindblik i forhold til det beskrevne problem, samt teoretisk at belyse de mulige løsninger eller forbedringstiltag som kan anvendes. Når teorier anvendes til at retfærdiggøre mulige løsninger, er det ofte nemmere at udføre en "root cause" analyse for at forstå hvorfor en teori eller model trækker i en bestemt retning. Litteraturen og teorierne beskrevet i dette afsnit kan alle bruges til at undersøge det beskrevne problem til denne opgave.

Litteraturen omhandlende ABC klassifikation vil fylde mest, da dette anses som kernen i opgaven. Litteraturen omhandlende mulige ABC analyser vil kun overfladisk blive berørt i dette afsnit, da de senere vil få en mere fylde gørende introduktion. Slutteligt vil litteratur med fokus på sikkerhedslager, re-order punkt og produkt klasser blive beskrevet.

ABC klassifikation

Axsäter skrev i 2007: *"Store virksomheder med et højt antal SKU'er har som konsekvens heraf ofte meget dyre lagerstyrings løsninger. Derudover mangler de ofte fokus på at klassificere deres vare efter hvor vigtig de er for deres kunder, målt efter varens årlige omsætningshastighed"*.

Vilfredo Pareto, var økonom og forskede i politik. Han var den første til at introducere principperne bag produktklassifikation. I det 19 århundrede introducerede han den meget kendte 80/20 regel, også kendt som Pareto's lov [Ultsch, 2002]. Loven beskriver, hvordan en

lav procentsats af en klynge tegner sig for størstedel af effekten. I 1950 blev Pareto's lov sat i forbindelse med lagerstyring, og med det var ABC analysen introduceret. Forskere fandt herefter hurtigt ud af at fokus på specifikke produkter kunne skabe stor effekt i forhold til deres lager styring, og derved minimere den samlede lagerbinding. I dag er ABC analysen bredt kendt for sin evne til at gruppere de vigtigste produkter i kategorien "A", samt de lidt mindre vigtige i kategori "B" og så videre.

APICS [Blackstone og Cox, 2008] definerede ABC kategorierne som *"opstillede produkter opstillet efter faldende årlig omsætning"*. Men også andre kriterier blev defineret til opdeling af klasserne A, B og C. F.eks. kan SKU'er opdeles i en ABC klassifikation i forhold til det samlede årlige aftræk målt i stk. Derved underminerer man enhedsprisen som den vigtigste faktor i fordelingen. Axsäter [2007] skrev, at 20 % af produkt sortimentet, står for 80 % af omsætning. Derved brugte han for første gang Pareto's lov i forbindelse med lagerstyring. I forhold til de to ovenfor berørte fordelingsmodeller, er den som referer til årlig omsætning den mest benyttede blandt forskere. Dette skyldes, at modellen udelukkende fokuserer på den totale omkostningspris på varen, og derfor viser de direkte udgifter virksomheden har. Dette kriterium er beskrevet som projekteret volumen ganget med enhedsprisen [Ng, 2007]. Gennem den traditionelle ABC analyse, foreslog Axsäter [2007], at man delte sine SKU'er op, så der henholdsvis var 10 % "A" vare, 30 % "B" vare og 60 % "C" vare. På trods af den populære anvendelighed af den traditionelle ABC analyse, er fremgangsmåden forbundet med alvorlige ulemper. Ved at benytte årligt salg pr vare som fordelingsnøgle, risikerer virksomhederne at lide finansielle tab, da visse SKU'er ikke er favorable, hvis man alene kigger på omsætningshastighed. Man kan argumentere for øgede omkostninger, hvis sorteringen af SKU'erne alene er baseret på pris.

I forlængelse af ovenstående, kan der argumenteres for, at brugen af kun en parameter til fordeling kan virke begrænsende i forhold til at opnå større forbedringer. Et eksempel kunne være hvis SKU'er er sorteret udelukkende efter pris, risikerer SKU'er som er billige, men som har et højt årligt salg eller omsætningshastighed, at få en for lav servicegrad ud mod kunderne. Dette kan i værste tilfælde resultere i restordre eller en lang leverings lead time.

Zhang et al. [2001] udtalte at den traditionelle ABC analyse, hvor varesorteringen er baseret udelukkende på salg, kan risikere at binde virksomhedens kapital i dyre emner på lager. Ydermere har ABC klassificeringen ikke fjernet behovet for lager optimering inden for hver gruppe. Ifølge Zhang et al. [2001] vil risikoen stige for at binde unødigt kapital på lager, hvis man følger fordelingsnøglen omhandlende produktets pris. Som følge af disse ulemper ved de traditionelle ABC analyser, er mere avanceret modeller med flere parametre blevet

introduceret. Modsat den traditionelle ABC analyse beskrev Zhang et al. [2001] fordelingen af SKU'er efter formelen:

$$\frac{D_i}{L_i c_i^2} \quad [1]$$

Hvor D_i er lig med det forventede årlige aftræk for produkt i , og L_i beskriver lead time for genopfyldningen af produkt i . Slutteligt beskriver c_i kostprisen for produkt i . Efter gennemregning af alle SKU'er, bliver de opstillet efter faldende rækkefølge, startende med den højeste. Modsat andre ABC analyser, som placerer op imod 50 % af SKU'erne i produktklasse "A", 30 % i produkt klasse "B" og 20 % i produktklasse "C". Produktklasse "A" bliver tildelt den højeste service, "B" moderat og slutteligt "C" den laveste. En ulempe ved formelen præsenteret af Zhang et al. [2001] er introduktionen til lead time som parameter. Hvis man sammenligner to produkter som begge har det samme årlige aftræk, samt købspris, men hvor den ene har en længere lead time end den anden, risikerer produktet med en lang lead time at få en lavere placering og derved få en dårligere service grad i forhold til produktet med en kort lead time. Det er ikke hensigtsmæssigt og begge produkter burde af hensyn til årlig efterspørgsel og købspris, placeres ens. Den længere lead time som er på visse produkter, kræver selvfølgelig at disse produkter tillægges en større bevågenhed. Derfor kan spørgsmålet om hvorvidt lead time skal bruges som parameter i en ABC analyse diskuteres. Teunter et al. [2010] tog afsæt i Zhang et al. [2001] og videreudviklede på hans metode så den kom til at indeholde følgende parametre:

$$\frac{b_i D_i}{h_i Q_i} \quad [2]$$

b_i beskriver den straf virksomheden får for ikke at kunne levere produktet i , og D_i dækker over aftrækket per tidsenhed for produkt i . I nævneren beskriver h_i lageromkostningerne per tidsenhed for produktet i , og slutteligt står Q_i for ordrestørrelsen for produkt i .

Som med samme tilgang som Zhang et al. [2001], er alle SKU'er sorteret efter faldende orden udregnet efter formel [2]. Teunter et al. [2010] tilførte den nu mest kendte tilgang til ABC analysen med fordelingerne 20 %, 30 %, og 50 % på henholdsvis "A", "B" og "C" varer. En potentiel ulempe ved Teunter et al. [2010]'s tilgang, kan være indførelsen af tid som parameter på både aftrækket og omkostningerne pr SKU. Med dette risikerer man nemlig at skulle udføre sin ABC analyse oftere, for at sikre det mest valide og opdateret resultat.

Ligning [1] og [2] indeholder begge et element af omkostningsminimering, men sammenlignet med [1] vil ligning [2] tildele hver SKU højere rang, hvis omkostningerne er lavere. Omvendt er omkostningerne kvadreret i formel [1], hvilket understreger favoriseringen af produkter med høj enhedspris. Teunter et al. [2010] forskning bekræftede, at nøgletal fra både [1] og [2] klarede sig bedre end de to traditionelle ABC analyser, hvor formlerne er baseret på efterspørgslens værdi, samt efterspørgselsstørrelse. I forlængelse til ovenstående er både multiple criteria analysis - MCA og analytic hierarchy process - AHP begge kendt tilgange inden for ABC analyse. Saaty [1980] introducerede med sin AHP model muligheden for at evaluere sine produkter gennem parvise sammenligninger. I modsætning kan det netop være muligheden for parvise sammenligninger som kan være ulempen ved denne metode. Dette skyldes at mennesker pr natur er mere naturlige til at fordele produkter efter vigtighed i stedet for relevans. Det er derfor svært at sammensætte de rigtige kriterier, da den vægt de forskellige kriterier tillægges kan være subjektiv. Af denne årsag, vil AHP som teori ikke blive brugt videre i denne opgave. Modsat AHP bruger MCA, som blev introduceret af NG [2007], en vægtet lineær model med normaliserede værdier til sortering. Uden direkte at skulle vægte hvert kriterium kan beslutningsprocessen præcisere vigtigheden af de enkelte kriterier samt dets rang. Ligeledes tilfører MCA modellen en grad af subjektivitet, dog i langt mindre grad end AHP modellen. Selvom både MCA og AHP er nemme at benytte, eksisterer der dog visse begrænsninger. En høj grad af frihed i kriterierne kan gøre det svært for lederen at træffe rigtige beslutninger. I forlængelse hertil, vil modellen kun virke hvis den løbende får tilført frisk data. Slutteligt kan der argumenteres for at dele af modellen kræver ekstreme værdier i forhold til at opdatere forskellen og beregne gyldige delvise gennemsnit. Det indebærer også at alle normaliserede værdier vil blive påvirket, hvis den maksimale værdi af et kriterium ændres. Litteraturen beskrevet ovenfor har en ting til fælles, nemlig det, at de alle ønsker at tilføre produkter i kategorien "A" den højeste service grad. Det matcher med litteraturen som siger at produkterne i "A" gruppen er de vigtigste for virksomheden og derfor skal tilføres den højeste service grad. I forhold til at undgå leveringsproblemer beskrevet af [Armstrong, 1985; Stock og Lambert, 2001] vil Knod og Schonberger [2005] modsat hævde at dissideret restordre af mindre vigtige produkter ikke er værd at bruge energi på, og produkter i "C" kategori derfor skal gives den mindste opmærksomhed.

Re-order punkt samt produkt klasser

Teunter et al. [2010] beskrev serviceniveau, som den vigtigste parameter. Baseret på erfaring, argumenterede han for at lagerstyring, og hertil hver enkelt produktklasse, skal have et fastsat serviceniveau. Dette vil medføre et større behov for et effektivt sikkerhedslager, da forkast med stor sandsynlighed altid vil medføre fejl i forhold til at kunne levere. Derfor er sikkerhedslageret indført, som et forsøg på at optage de usikkerheder, som naturlig er i aftrækket.

Re-order punkt

Re-order punktet, uden sikkerhedslageret, er kendt for at være lig med aftrækket under tiden det tager at fylde op. På baggrund heraf er sikkerhedslageret udregnet af Simchi-Levi [2002] som:

$$SS = z * STD * \sqrt{L} \quad [3]$$

Z beskriver en sikkerhedsfaktor som ganges på. STD står for standardafvigelsen af aftrækket, og L beskriver lead time. Heraf udledt formelen for re-order punkt:

$$ROP = D_L + z * STD * \sqrt{L} \quad [4]$$

D_L beskriver aftrækket af varer under tiden det tager før næste ordre er leveret. Baseret på det valgte serviceniveau, CSL eller genopfyldningsraten, bliver z værdien udregnet forskellig [Axsäter, 2007]. Modsat CSL defineret af Axsäter [2007] som sandsynligheden for ikke at gå i restordre under genopfyldningen, måler opfyldningsraten som begreb, andelen af den samlede efterspørgsel som kan leveret til tiden og i fuld mængde. Derfor vil varebeholdningen ofte være højere ved opfyldningsrate end ved CSL. Modsat brugen af CSL som sikkerhedsfaktor, giver ”genopfyldnings målet” mulighed for at bruge et negativt sikkerhedslager, hvilket indebærer, at opgørelsen i virkeligheden planlægger at køre tom under hver ordre cyklus. Forud for ordre placeringen, vil genopfyldningsmålets serviceniveau være lig med 100 %. Såfremt der ønskes, for eksempel 95 % for genopfyldningsmålet, vil det kræve en signifikant lavere opfyldningsrate end de 95 % under genopfyldningsperioden [Tibben-Lembke, 2009]. Modsat den sikkerhedsberegning der er brugt på NN, jævnfør

ligning [2] er variationen i aftrækket indbereget i ligning [3]. Dette kan have en signifikant betydning mellem 2 SKU'er fra samme produktklasse.

Produkt klasser

Forskning af Sridharan og LaForge [1989] vidste at et sikkerhedslager har en signifikant indflydelse på både stabilitet, lageromkostninger og service niveauet. At definere det rigtige sikkerhedslager for en virksomhed, som har et højt antal SKU'er, kan blive problematisk. Hvis en virksomhed, som eksempel, ønsker et serviceniveau på 99 %, vil det resultere i ekstremt høje lageromkostninger grundet lagerbinding til det sikkerhedslager som skal optage udsvingene i aftrækket. Det forventes ikke at alle SKU'er vil kunne bære disse omkostninger, da de i nogle tilfælde vil ligge længe på lager inden de bliver solgt. Både Zhang et al. [2001] og Teunter et al.[2001], introducerede begge den såkaldte "trial and error" tilgang for at finde den mest gennemførlige løsning. Lokad [2012] foreslog et optimalt service niveau for enkelt SKU'er, med henblik på at minimere sandsynligheden for restordre.

$$P = \Phi \left(\sqrt{2 \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{M}{H}} \right) \quad [5]$$

M beskriver den marginale enhedsomkostning for en restordre. H er transport omkostningerne under lead time pr enhed, og slutteligt er Φ den kumulerede distributions funktion relateret til normalfordelingen. I forhold til NN casen, har en stor del af deres produkter en høj marginal enhedspris i forhold til omkostningerne forbundet med transporten under lead time. Det betyder, at den optimale servicegrad, baseret på formel [5] vil blive høj, og forøge omkostningerne forbundet til lagerbeholdning, hvis denne model vælges. Det samme scenarie vil vise sig, hvis CSL modellen vælges som forslået af Teunter et al. [2010], hvor:

$$CSL_i = 1 - \left(\frac{h_i Q_i}{b_i D_i} \right) \quad [6]$$

Denne formel følger notationen beskrevet i ligning [2]. For lagerkontrol omhandlende enkelt SKU'er kan formel [5] og [6] bruges. Gennem ABC analysen er der defineret et fast

serviceniveau for hver produktklasse. Dette betyder at brugen af individuel CSL bliver svær at bruge i praksis. Selvom der ikke findes nogen regel for definitionen af CSL for flere produktklasser, beskriver Teunter et al. [2010] dette område som et der kræver yderligere forskning.

Metode

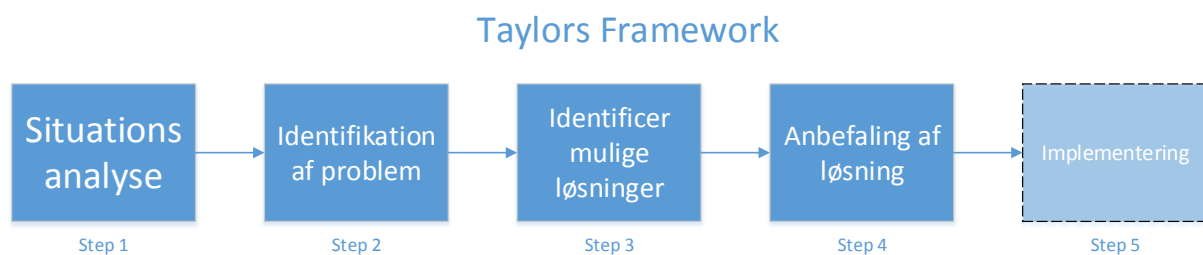
Kapitel 3

Videnskabsteoretisk baggrund

Denne opgave vil have en tilgang overvejende baseret på positivisme, modsat rationalisme. Positivisme ideologien stræber efter, at viden til opgaven stammer fra logisk og matematisk udredninger. Da denne opgave forsøger at øge det eksisterende niveau inden for lageroptimering hos NN, er det vigtigt, at denne opgave har et kritisk forhold til positivisme. Denne videnskabelige filosofi giver evnen til kritisk at vurdere egne såvel som andres erfaringer. Begge filosofier ovenfor er inden for området empiri, som fortæller, at data brugt i denne opgave er indsamlet som primær såvel som sekundær data [Heldbjerg, 1997]. Derfor er analysen og fortolkningen af data objektiv i forhold til den ontologiske positivisme. Modsat andre paradigmer, understreger dette, at en realitet eksisterer og kan findes gennem studiet [Guba, 1990]. Heldbjerg [1997] udtalte: *“Desuden er den videnskabelige ambition at gøre kumulativ viden uafhængig af de personer som det videnskabelige samfund til enhver tid skal rumme. Denne uafhængighed er inkluderet som en del af objektivitetskriterierne”*. Dette understreger vigtigheden af objektiv og fordomsfri fortolkning i hele opgaven, da subjektive vurderinger kan give en upålidelig virkelighed. Gennem vigtigheden af objektivitet, beskriver erkendelsesteoriens opfattelse af virkeligheden. Derfor vil erkendelsesteori fra denne opgave henvise til kvantitativ analyse [Heldbjerg, 1997]. Den metodiske tilgang til denne kvantitative forskning, giver synergi mellem dele af opgaven, da dette har til formål at opsøge den virkelighed relateret til de opstillede undersøgelsesspørgsmålet. Dette er også fremhævet ved inddragelsen af kritiske rationalismer, da denne filosofi snarere har til formål at forfalske aktuelle situationer eller teorier, end at bevise et scenarie i at være sandfærdige. Linket mellem de to filosofier vil skabe muligheden for at teste både den nuværende situation hos NN, såvel som at foreslå nye teorier.

Metode

Denne opgave vil følge den analytiske positivisme, som læner sig op af ovenstående afsnit. Denne tankegang foreskriver, at alting må kvantificeres. Taylor [1997] introducerede en fem trins fremgangsmåde med det formål at analysere Supply Chain situationer. Modellen fokuserer på, til en start, at analysere nuværende situation, med fokus på Supply Chain struktur, performance og den omkringlæggende forretning. Analysen danner baggrund henimod næste fase som identificerer hovedudfordringer og hovedproblemer i forhold til Supply Chain strukturen. Når de problemfyldte områder er identificeret, omhandler step tre udvikling samt evaluering af alternative løsninger. Step fire sammenligner og evaluerer løsningerne, og på baggrund heraf leverer anbefalinger til projektets interessenter. Sidste step fokuserer udelukkende på implementering af den valgte løsning. Som beskrevet i afsnittet afgrænsning, er implementeringen af løsningen ikke i scope for opgaven, og derfor vil dette step blive udladet. Nedenfor er Tylor's fem steps kort beskrevet:



Figur 1 - Tylors fremgangsmåde

Tylors 5 steps

Step to og tre er de vigtigste for denne opgaves metode. Dette skyldes, at identifikationen af problemet, samt mulige løsninger er det essentielle for denne opgave. Nedenfor er de enkelte steps i metoden beskrevet mere detaljeret.

Step 1

Første step i Tylors model er en situationsanalyse. Denne analyse er baseret på data fra NN sammen med mindre interviews.

Step 2

Inden rapportskrivningen blev påbegyndt, blev der afholdt møder med NN organisationen. Dette var for at forstå de forskellige interessenters påvirkning på problemet. Der blev afholdt møder med S&OP, shipping, indkøb og produktionen herunder lageret. Fokus på disse møder var henholdsvis problematikken omkring sikkerhedslageret, ABC klassifikationen samt re-order punktet for de enkelte produkter. Et specielt fokusområde var usikkerheden om, hvorvidt man på disse områder fulgte ”best practices” eller om der var plads til forbedring. Dette blev et centralt mål for opgaven at afdække. Situationsanalysen fra step et viste ikke teoretisk evidens for den nuværende benyttede metode til styring af færdigvare. Metoden var udviklet af NN ansatte og forbedret over tid. Derudover var der også på ledelsesniveau truffet nogle politiske beslutninger omkring sikkerhedslager. NN’s model viste potentielle svagheder og usikkerheder inden for de områder rapporten forsøger at afdække.

Step 3

For at kunne foreslå kommende løsninger på hovedproblemet omkring ABC analyser, vil der i Microsoft Excel blive simuleret lagerdata via syv forskellige teoretiske metoder. Formålet med simuleringen er at sammenligne og evaluere de forskellige scenarier, og slutteligt at anbefale en løsning. De syv modeller er overfladisk beskrevet i kapitel tre, og en mere detaljeret beskrivelse kommer i kapitel fire. En forudsætning for simuleringen er lagerdata fra 25A. Derfor er første step at opstille en proces for indsamling af både primær og sekundær data. For primær data mere specifikt de kvalitative, er indsamlingen sket på baggrund af de ovenfor beskrevne møder samt mindre interviews. Som tidligere nævnt er denne opgave opstået på baggrund af et problem defineret i samarbejde med S&OP. Inden den endelige problemdefinition var på plads var det vigtigt at forstå de forskellige mekanismer i NN’s Supply Chain på begge sider af fabrikken. Der blev på disse møder berørt emnerne forecast, distribution, sikkerhedslager på rå materialer, ABC opsætning, EOQ beregning, og lead time. Derudover blev der indsamlet salgsdata fra SAP. Størstedelen af de indsamlede data er numerisk, men der vil også være beskrivelser af systemindstillinger. Data består derfor af både kvalitativt og kvantitativt, og betragtes som primære data. Det numeriske data er et udtræk fra SAP og udgør hovedparten af alt data til opgaven. Da de forskellige SAP moduler er linket til hinanden, sikrer dette fuld synergi imellem data. Ved indsamling af primær data

bliver det muligt at simulere nuværende NN set up. Denne simulering vil fungere som reference model for de efterfølgende seks simuleringer. Generelt skal det sekundære data bruges til at skabe alternative løsninger. Ud af de syv forskellige modeller inden for ABC analyse, vil de seks af dem virke som alternative løsninger. De seks modeller er valgt ud fra tidligt forskning på området og er i min optik de mest relevante inden for lageroptimering. I forbindelse med ovenstående, er den valgte tilgang til re-order og servicefaktoren baseret på allerede kendte teorier. Der vil i denne opgave også indgå sekundært data som kommer fra bøger og videnskabelige artikler. De opfattes alle som valide og pålidelige for denne opgave. Hensigten med simuleringen er at vise de usikkerheder og variationer der er i de målte data baseret på de valgte modeller. Det vil give slutbrugeren mulighed for at gennemgå og evaluere de risici hver model tilføjer. I forlængelse hertil skaber simuleringen også mulighed for yderligere fleksibilitet, da man efterfølgende kan sammenligne forskellige scenarie og tilføje andre parametre. Derved skaber man muligheden for at kunne sammenligne de opnåede resultater og herigennem afdække de risici de forskellige modeller skaber. Simuleringsværktøjet muliggøre udtræk af unikke og specifikke målepunkter fra resultatet. Det giver de involverede mulighed for at specificere præcist, hvad de vil måle på, og derved undersøge påvirkningen på resultatet. En forudsætning for dette er dog, at det anvendte data er korrekt og valid. Det betyder omvendt, at fejlbehæftet data i det benyttede datasæt, vil give fejlagtige og forkerte resultater. Det kan i værste fald føre til et fald i effektivitet, hvis en forkert model indføres og anvendes. Som konsekvens heraf indføres en validitets test på det anvendte data, specielt på det numeriske data fra SAP. På baggrund af denne validitets test blev adskillige SKU'er ekskluderet grundet fejl eller mangelfuld data. Baggrunden for de anvendte SKU'er er fundet valid. Dette er baseret på korrekt salg og lagerdata fra 25 Februar 2016. Dette danner baggrund for de i alt 52 valgte SKU'er. Af de 52 valgte SKU'er svinger Full Manufacturing Cost (FMC) prisen mellem 15,4 og 88,6 DKK. Der er tale om en FlexPen® Novorapid færdigpakket til Tyskland, samt en FlexTouch® Victoza til USA. En ulempe ved at benytte simulering er, at det ikke vil skabe den optimale løsning på problemet. Derimod får man muligheden for at frasortere de modeller, som i mindre grad optimerer på problemet. I denne opgave er "Monte Carlo" tilgang kombineret med Excel valgt som simuleringsværktøj. Simuleringen er udført via VBA programmering for at inkludere flere SKU'er i hver model. Som et alternativ til VBA programmering i Excel kunne Arena Simulation Software eller Crystall Ball være valgt. Men da NN rummer over mange dygtige medarbejdere, som behersker VBA programmering på meget højt niveau blev dette

system valgt. VBA programmering giver mulighed for nemt at ændre på parametre samt at simulere på meget store mængder af SKU'er.

Step 4

Det fjerde step dækker over anbefalingerne af en eller flere løsninger, samt muligheden for at tilpasse den valgte model. Som beskrevet i kapitel fire vil de valgte målepunkter blive sammenlignet og evalueret. Herefter vil en konklusion af den totale analyse, samt en anbefaling blive forelagt.

Step 5

Som nævnt tidligere vil step fem ikke blive udført. Dette skyldes, at det ikke er en del af det valgte scope for opgaven. Implementering af det optimale set up vil blive udført af 25A's lokale logistik og lagerteam. Dette i samarbejde med lokale QA'er, som vil sikre, at alt foregår efter GMP reglerne.

Modeller og resultater

Kapitel 4

Modeller og resultater

Dette kapitel er inddelt i tre dele. Første del vil fokusere på virkningen fra de valgte ABC metoder. Der vil i dette afsnit blive anvendt og tilføjet forskellige antagelser til de valgte modeller. Disse antagelser er beskrevet mere dybdegående senere. Anden del indeholder en analyse, som vil belyse konsekvenserne ved at justere sikkerhedslageret på det anvendte re-order punkt i forhold til den anerkendte litteratur på området. Den sidste del af dette kapitel vil belyse problemet omkring ligevægt af "A" og "C" vare, som det nuværende set up antyder. Dette afsnit vil også introducere forskellige CSL mål for hver produktklasse i forhold til at minimere omkostningerne.

Simuleringen

Den opstillede simuleringsmodel er opbygget efter evalueringen af det nuværende lager set up hos NN. I dette afsnit er fokus rettet mod ABC analyse, i særdeleshed fokus på at sammenligne de forskellige modeller inden for ABC analyserne, samt at belyse de relevante parametre som kan bruges til justering i modellerne. Først er det fundne data opstillet i arrays. Som tidligere nævnt er det anvendte data et udtræk af NN's lager pr. 25 februar 2016. Det udtrukne data er grundigt blevet evalueret som tidligere beskrevet, og alle fejlbehæftede SKU'er er fjernet. Den opstillede simulering måler lagerniveauerne hver dag året igennem, inklusiv helligdage. Inden simuleringen starter er data blevet inddelt i de forskellige produktionsklasser "A", "B" og "C", ud fra forskellige kriterier hørende til de valgte model som testes. For at eftervise NN's produkt politik bedst mulig, er SKU'erne sorteret fra start og vil ikke blive ændret igennem testen. Generelt skete der to ting med modellen i hver periode. Først forholder den sig til det forventede aftræk, og herefter om den kan opfylde dette med det anvendte sikkerhedslager. Hvis aftrækket ikke kan opfyldes direkte fra lageret, bliver en restordre oprettet og simuleringen vil opfatte dette og gennem det for modellen. Ved simulering i næste periode vil systemet først forsøge at opfylde restordren fra forrige periode,

inden den behandler det forventede aftræk for næste periode. Dette skyldes, at restordre opfattes som værende mere vigtige end næste ordre. Efter modellen har bearbejdet det forventede aftræk vil den evaluere lagerniveauet og overføre det til starten af næste simulering. Kan lagerniveauet igen ikke opfylde det forventede aftræk vil en ny restordre blive oprettet. Hvis lagerniveauet herefter er faldet under re-order punktet vil en opfyldningsordre, beregnet efter EOQ formelen for SKU i , blive oprettet.

Antagelser i modellen

For at resultatet fra simuleringen kan sammenlignes og evalueres samt vurdere om det er validt og pålideligt, er der foretaget visse antagelser. Disse antagelser skal bruges under analysen af simuleringen. Igennem alle modeller af analysen vil sikkerhedslageret blive på NN's nuværende niveau. Denne antagelse er gjort for at skabe muligheden for at vurdere NN's nuværende set up på området. Derved skabes muligheden for en valid og pålidelig analyse, som udelukkende fokuserer på virkningerne fra de forskellige ABC modeller. De oplyste lead times stammer fra NN og fungerer som masterdata i SAP. De vil i denne opgave være faste hele vejen igennem og oplyst i dage. "A" varer har en fast lead time på 35 dage, hvor "B" varer har en fast lead time på 42 dage. "C" varer er lidt speciel i forhold til denne opgave. I denne opgave betragtes de med en gennemsnitlig lead time på 60 dage. Dette skyldes at de produkter hørende til kategorien "C" kun bliver fyldt, når der er aftræk svarende til en hel batch. Dette skyldes, at aftrækket er meget lavt og NN ikke ønsker at kassere produkter grundet overskredet udløb. Derfor ved kunderne, som benytter dette produkt, at de skal bestille en mængde svarende til en hel batch. NN benytter sig af den kendte EOQ formel til udregning af optimal genbestilling ordrestørrelse. Gennem simuleringen af hver periodes aftræk vil hver SKU blive genberegnet baseret på EOQ formelen. Baggrund for disse udregninger er faste og udgør opsætningsomkostninger, produktionsomkostninger samt rentesatsen ved at binde produkterne på lager. Da ingen af disse tre parametre påvirker aftrækket anses det som værende valide antagelser som ikke påvirker resultatet. Ud af de 52 valgte SKU'er er 27 i dag rangeret som "A" varer, 14 SKU'er som "B" varer og slutteligt 11 SKU'er som "C" varer. Omregnet til procent svarer "A" varer til 52 %, "B" varer til 27 % og "C" varer til 21 %. Der vil dog igennem samtlige modeller blive brugt den beskrevne fordeling af "A", "B" og "C" varer i forhold til litteraturen for modellen. Disse antagelser er udført for at følge den brugte teori såvel som Peretos lov. Der er to ordre flows for NN's

kunder. Det ene hedder ”MRP” og dækker over, at SAP natten mellem søndag og mandag beregner en optimal ordre baseret på lagerniveauet i landet. Det andet flow betegnes som ”non-MRP” og dækker over en lokal planlægger fra et land manuelt placerer en ordre. Gennem simuleringen behandles hver SKU enkelvis uafhængig af, om flere lande har bestilt den. I første del af analysen bliver CSL introduceret som et input. Den tid som CSL er udregnet fra definerer en ordre cyklus. Denne ordrecyklus er defineret som perioden i dage der er mellem hver ordre for hver SKU. NN ønsker en CSL på 95 %. Gennem hele opgaven er det målet at holde dette niveau uanset de andre parametre. Når omkostningerne skal måles i forbindelse med et lager bruges ”holding cost” og ”ordering cost” normalt. I dette tilfælde skal ”ordering cost” ikke medregnes, da det blot er tale om et salt mellem to NN enheder. Hvis man kigger på ligningen for EOQ kan man se at SKU i er udregnet på baggrund af S_i og P_i , som dækker over ”setup cost” og ”production cost”. Da begge disse omkostninger er relateret til fabrikken er de ikke inkluderet i denne opgave og kan derfor udlades.

Optimerings funktion

Det overordnede mål med opgaven er som før beskrevet at finde plads på lageret under lagerudvidelsen. Som en positiv konsekvens af at løse dette problem vil de årlige omkostninger til vare bundet på lager falde. Derfor kan man beskrive den funktion som skal danne baggrund for udregningerne via CSL som et mål. Derved er der tale om et minimeringsproblem og målet er at fastholde et CSL på 95 %. Nedenfor er det beskrevet matematisk:

$$\min \sum_{i=1}^n AHC_i \quad [7]$$

$$s. t. S \geq 95\% \quad [8]$$

n beskriver det totale antal SKU’er, og S beskriver den gennemsnitlige servicegrad for alle SKU’er og er udregnet på følgende måde:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i \quad [9]$$

s_i beskriver det målte CSL for hver SKU.

Måle punkter

Igennem hele simuleringen vil de forskellige resultater fra hvert målepunkt blive indsamlet. Dette sker for at den anvendte teori kan blive sammenlignet og evalueret med henblik på at vise validt og pålidelige resultater. Igennem hele simuleringen vil både serviceniveauet, det gennemsnitlige lager niveau, samt de årlige omkostninger forbundet med lager blive målt og sammenlignet.

Service Level

Brugen af serviceniveau som målepunkt er anerkendt og meget benyttet i forhold til lagerkontrol. Overordnet kan man dele serviceniveau op i to paradigmer. Nemlig CSL som beskriver evnen til at levere næste ordre til kunden til tiden og i rette mængde. Modsat "Fill rate" herefter benævnt genopfyldnings rate, som beskriver hvor stor en andel man vil kunne levere/opfylde af ordren. Der er altså stor forskel på, hvad de måler, og hvordan virkningen er. Nedenfor er de to paradigmer beskrevet matematisk.

Axsäter [2007], Cachon og Terwiesch [2009] har alle beskrevet CSL som sandsynligheden for at have nok lager gennem hver ordre cyklus, eller sandsynligheden for ikke at løbe tør for lager mens man venter på næste ordre. På den baggrund kan CSL matematisk beskrives som:

$$SCL = P\{D_{LT} \leq INV_{OH}\} \quad [10]$$

D_{LT} beskriver aftrækket under lead time tiden, og INV_{OH} beskriver den mængde der ligger på lager når lead time startes. Omvendt fra CSL kan genopfyldningsraten som model, beskrives som kvalitets orienterende måleenhed der fokuser på det aktuelle aftræk der bliver tilgodeset med vare fra lageret. Genopfyldningsraten blev af Silver et al. i [1998] defineret som "*de forskellige kunders aftræk, som er opfyldt rutinemæssigt uden restordre eller tab*" og det er udregnet på følgende måde:

$$FR = 1 - \frac{\sum restordre}{\sum Aftræk} \quad [11]$$

I forhold til serviceniveauet er både CSL og genopfyldningsraten udregnet og inkluderet i simuleringen. Som beskrevet i litteraturen vil opfyldningsrate som model, oftere sikre højere

mængder på lager i forhold til CSL. Dette er selvom muligheden for en restordre opstår. Dertil skal ligges at størrelsen eller antallet af restordre oftest vil være mindre, og det vil have en mindre negativ effekt på det målte.

Gennemsnits lagerniveau

Det gennemsnitlige lagerniveau er ligeledes overvåget, og vil løbende blive evalueret for at sikre at unødvendige SKU'er ligger på lager. Formålet med at nedbringe den totale mængder på lager gør det gennemsnitlige lagerniveau interessant at måle på. Det gennemsnitlige lager niveau er udregnet på følgende måde:

$$AVG.INV = \frac{\text{Lagerniveau ved start} + \text{lagerniveau ved afslutning}}{2} \quad [12]$$

Årlig lager omkostninger

Som før nævnt vil et fald i det fysiske gennemsnit af SKU'er på lager resulterer i mindre lagerbinding og derved udføre en besparelse for NN. Ligeledes vil det kunne reducere mængden af fysiske plads som skal bruges. Derfor er den samlede årlige omkostning for lagerbinding interessant at måle, da den er direkte forbundet med ovenstående. NN bruger 24,2 % af deres samlede produktionsomkostninger på lager og distribution. Forskellige tilgange i ABC analysen vil have en konsekvens for antallet af produkter i hver produktklasse og da servicegraden er låst fast vil en større mængde varer i gruppe A fx betyde en højere mængde varer på lager. Derfor er det vigtigt at følge udviklingen i de årlige lageromkostninger tæt. De er udregnet på følgende måde:

$$AHC_i = \text{Gennemsnitlig lager}_i * \text{omkostninger for SKU i på lager (i år)} \quad [13]$$

ABC Analyse

Som før nævnt er formålet at studere og analysere produktpolitikken hos NN. Dertil hører at analysere, hvordan NN har inddelt sine færdigvarer samt klassificeret dem i forhold til en

ABC fordeling. Simuleringsmodellen er som før nævnt udført i Excel via VBA programmering, og modellen simulerer via historiske salgsdata det forventede daglige aftræk et år frem. Hver simulering bliver kørt igennem 50 gange og bliver evalueret på baggrund af de beskrevne målepunkter fra ovenstående afsnit. Simuleringen er opdelt i syv forskellige kørsler i forhold til ABC modellerne. Første kørsel giver et billede af det nuværende niveau hos NN. Dette er efterfulgt af tre traditionelle ABC analyser og til sidst tre komplicerede kørsler, hvor modellen fokuserer på kompleks sortering og flere variabler på samme tid i beregningen. Nedenfor vil de syv simuleringer blive præsenteret i dybden og til sidst vil resultatet blive præsenteret.

Simulering 1 - Nuværende NN model

Den første simulering skaber et billede af nuværende set up hos NN. Formålet med denne simulering er at skabe en baseline for de resterende simuleringer. Den nuværende valgte løsning hos NN er som før beskrevet baseret på lead time og ideen om at kunderne aldrig må mangle varer. Som før nævnt vil "A" produkter have en lead time på 35 dage og "B" varer en lead time på 42 dage, hvor "C" varer ligger på 60 dage.

ABC oversigt

De næste seks simuleringer vil hver især have fokus på forskellige områder inden for ABC analyserne og fokuserer på forskellige parametre. Alle resultater vil blive sammenlignet med den ovenfor beskrevne NN model. Formålet er at skabe et overblik over, hvordan parametre fra en traditionel ABC analyse påvirker NN, derigennem og finde den rigtige retning for at optimere og løse problemet. De anvendte parametre er "forventet årlig aftræk", samt "årlig værdi af aftrækket" og slutteligt "produktionsomkostningerne". Derudover vil en periode blive simuleret med metoder udviklet af Zhang et al, Teunter et al og MCA af Ng.

Som Flores et al, og Axsäter beskrev det, er forventet årlig aftræk, mængden i stk. for hver SKU. Der er tale om kendte sorteringskriterier i forhold til en traditionel ABC analyse. Der vil for hver af de tre modeller blive anvendt Axsäter's fordeling i forhold til ABC klasserne. Klasse "A" vil bestå af 10 %, "B" for 30 % og "C" for 60 %.

Simulering 2 - Forventet årlig værdi af aftrækket

Tilbage i 2008 beskrev Blackstone og Cox værdien af årlig aftræk som *"En gruppe varer opstillet efter faldende orden i forhold til samlet årlig værdi af aftrækket"*. Eller udtrykt på en matematisk måde, varens pris ganget forventet aftræk. Denne måde at tænke på tilgodeser de produkter, som skaber den største omsætning for virksomheden. I forhold til denne simulering er det esensen, og derfor er det den vigtigste parameter for denne simulering. Forskellig forskning argumenterer for og imod i forhold til om man skal benytte den interne omkostningspris, eller om det skal være salgsprisen som skal benyttes. Uanset hvad skal efterspørgslen for hver SKU ganges med prisen og sorteres efter produkter, som sikrer den højeste indtjening. For denne opgave vil det være salgsprisen som benyttes grundet den meget høj margin produkterne har.

Simulering 3 - Forventet årlig aftræk

Ligeledes kan man argumentere for at de produkter som har det højeste årlige aftræk er de vigtigste. Dette skyldes, at der må antages at være en større risiko for at gå i restordre, når volumen er høj. Axsäter udtalte, *"jo vigtiger et produkt betegnes jo mere præcis kontrol samt evaluering behøver det"*. I forhold til denne simulering er det yderst simpelt, da det forventelige årlige aftræk for hver SKU igennem perioden sorteres i faldende rækkefølge og derefter simuleres.

Simulering 4 – Produktionsomkostninger

Hvis man omvendt fokuserer på produktionsomkostningerne anså Ng, denne som den vigtige parameter i ABC sammenhæng. Modsat de første to parametre er den totale omkostning per SKU vigtigere at sortere efter, når man lægger ting på lager. Produktionsomkostningerne for hver SKU er udregnet på baggrund af det forventede årlige aftræk ganget med interne omkostninger. Derfor kan man argumentere for, at forskning som peget på at forventet årligt værdi af aftræk er udregnet baseret på omkostningsprisen per SKU ikke vil kunne bruge denne parameter som valid, og dette forstærker yderligere valget på brugen af salgsprisen i denne simulering.

Simulering 5 - Zhang et al.

I forhold til den traditionelle ABC analyser tager Zhang et al. afsæt i tilføjelsen af flere paramter inden den endelige sortering udføres. Zhang et al.'s forskning tilføjede en optimeringsfunktion som forsøger at minimere de samlede lager udgifter under antagelse af et gennemsnitligt serviceniveau på 95 %. Dette betyder i praksis, at hvis en produktklasse bliver givet en højere servicegrad, skal en anden produktklasse tilsvarende sænkes, således at den totale servicegrad er den samme. Som før nævnt er grundstenen i Zhang et al.'s tilgang dannet på baggrund af formelen for re-order punkt. Denne formel er udviklet af Hopp et al. [1997] og ser ud på følgende måde:

$$r_i = \theta_i + k_i \sigma_i \quad [14]$$

θ_i beskriver aftrækket under lead time for SKU i . σ_i er standardafvigelsen for aftrækket igen under lead time for SKU i , og k_i er udregnet på forskellig vis, afhængig af hvilken tilgang man benytter til bestemmelse af servicegraden. Zhang et al. beskrev CSL og tilnærmer det gennemsnitlige lager for et variabelt produkt igennem:

$$r_i = \theta_i + \frac{Q_i}{2} \quad [15]$$

θ_i beskriver ordre mængden for SKU i i forhold til EOQ formelen. Hopp et al. udledte en formel for re-order punkt, som følger formel [4] og som beskriver k_i på følgende måde:

$$k_i = \sqrt{-2 \ln \left(\sqrt{2 \ln \frac{\sqrt{l_i c_i D_{tot}}}{\sqrt{D_i} \mu}} \right)} \quad [16]$$

μ beskriver den lagrange multiplikation svarende til den gennemsnitlige servicebegrænsning udtrykt i optimeringsfunktionen. D_i og D_{tot} beskriver det forventede aftræk for SKU i , samt det totale aftræk for alle SKU'er. Slutteligt beskriver l_i lead time under genbestilling for SKU i og c_i er enhedsprisen for SKU i . Som før beskrevet under afsnittet omhandlende antagelser, vil re-order punktet for hver SKU forblive det samme i dette afsnit. Zhang et al. foreslog via funktion [16] en kategorisering model, hvor hver SKU sorteres på følgende måde:

$$\frac{D_i}{l_i D_i^2} \quad [17]$$

I denne formel vil SKU'er med et højere udbytte få en højere k_i og derfor danne baggrund for et højere serviceniveau. Hvis man f.eks. har et højere aftræk, en kortere lead time og lavere omkostnings pris, vil det ha en positiv effekt på servicegraden. Dette på trods af, at SKU'er med et højere aftræk er favoriseret, i forhold til den traditionelle måde at anskue ABC analysen. Zhang et al. brugte både lead time og omkostningsprisen som parametre der skal inkluderes. Som konsekvens heraf vil forholdet fra de traditionelle ABC analyser ofte allokere mere produktionskapacitet til de SKU'er, som skaber den højeste omsætning. Hvis Zhang et al.'s tilgang skal følges skal SKU'er sorteres efter faldende rækkefølge baseret på resultater fra formel [17]. Med til dette afsnit hører sig også en fortælling om Zhang et al.'s anderledes procentmæssige fordeling af ABC klasserne. Zhang mener, at "A" varer udgør 50 %, "B" varer udgør 30 % og "C" varer udgør 20 %.

Simulering 6 - Teunter et al.

Teunter et al. sammenlignede to af de traditionelle ABC analyser i hans forskning. Nemlig 'værdigen af årlig aftræk' samt 'det totale aftræk'. Derudover brugte han også Zhang et al.'s forskning som fundament til at udvikle et nyt omkostningskriterie. Det viste sig hurtigt at Teunter et al.'s model slog de andre i forhold til de opstillede målepunkter. På samme måde som Zhang et al.'s forskning blev Teunter et al.'s forskning betragtet som omkostnings bevist og med fokus på reduktion af lageromkostninger samtidig med at serviceniveauet blev bibeholdt. Fundamentet for den valgte klassifikation blev af Teunter et al. beskrevet som minimeringsfunktionen ovenfor, som inkluderer præcisering af det optimale CSL for hver SKU.

$$CSL_i = 1 - \frac{h_i Q_i}{b_i D_i} \quad [18]$$

b_i beskriver omkostninger forbundet med en restordre for SKU i . D_i er aftrækket for SKU i , for den valgte tidsenhed. h_i beskriver lageromkostningerne for SKU i under den valgte

tidsenhed og slutteligt beskriver Q_i ordremængden for SKU i . Hvis man tager funktion [18] til yderpunktet, hvor aftrækket er meget lavt og restordreomkostningerne ligeledes er lave vil resultatet blive negativt. I forhold til Teunter et al. er det vigtigt at understrege at resultatet fra funktion [18] kun bruges til at sortere hver enkelt SKU og ikke til at bestemme serviceniveauet for hver SKU. Derfor vil det ikke påvirke muligheden for at benytte denne fremgangsmåde i forhold til ABC analysen. Hvis man matematisk tolker formel [18] beskriver den de omkostninger forbundet med sikkerhedslager under tiden $\frac{Q_i}{D_i}$ af genbestillings cyklussen, vil det resultere i omkostninger forbundet med lager på $\frac{h_i Q_i}{D_i}$ pr SKU. Omvendt kan man argumentere for at skulle en restordre opstå for en SKU, vil sikkerhedslageret for denne SKU sikre, at der ikke opstår omkostninger forbundet med ikke at kunne levere udtrykt ved b_i . Dette indebærer derfor, at den forventede reduktion af restordreomkostninger er $b_i(1 - CSL_i)$. Som en konsekvens heraf er formel [18] balanceret mellem omkostninger for lagerbinding og omkostninger i relation til restordre. Formel [18] beskriver også, at der for hver SKU er en stigning i serviceniveauet som er udledt af:

$$\frac{b_i D_i}{h_i Q_i} \quad [19]$$

Som resultat heraf foreslog Teunter et al. at sortere SKU'erne efter, hvem som havde et højere optimalt CSL i forhold til formel [19]. Fordelen ved at introducere dette kriterie er, at sammenlignet med en traditionel ABC analyse eller Zhang et al., fokuserer disse på prisreduktion. På samme måde, som traditionelle ABC analyser, er omkostning pr SKU højere hvis aftrækket er højere. Derudover vil højere lageromkostninger mindske forholdet til ordrestørrelser. Det er tydeligt, at dette er tænkt som omkostningsreducerende. Dette på trods af, at både Teunter et al. og Zhang et al. kvadrerede omkostningerne forbundet til lager i deres formler. Dette indikerer, at man ønsker at tillægge denne parameter mere effekt, på trods af, at man ikke tager ordrestørrelsen med i betragtning. Dette er ikke den eneste parameter, som adskiller Zhang et al. Fra Teunter et al. Teunter et al. brugte en anden fordeling af SKU'erne end Zhang et al. gjorde, da 20 % af alle SKU'er tilhørte klasse "A" og 30 % hørte til "B" og 50 % hørte til "C" i hans optik.

Simulering 7 – Multi kriterie analyse

Sammenlignet med de traditionelle ABC analyser er det nu anerkendt, at tilføjelsen af flere kriterier spiller en vigtig rolle inden for fordeling af lagervarer. Senere kom forskning fra Ng [2007], som fokuserede på lineær optimering, som værende stærkere end AHP. Dette skyldes at hans forskning fokuserede på parvise sammenligninger. Ng videreudviklede ABC analysen ved at introducere et lager med i SKU'er, som skulle igennem en ABC analyse baseret på J kriterier. Til denne model høre en antagelse om, at alle kriterier er positive stemt. Det betyder, at skulle der opstå negative kriterier, foreslås det at bruge den negative eller reciprokke værdi som en omregningsfaktor for kriteriet. For at kunne inddele SKU'erne introduceres de normaliserede værdier, som betyder, at hver SKU med denne tilgang benævnes S_i og altid vil have en værdi mellem 0 og 1 i forhold til ligning [23]. Modsat Zhang et al. og Teunter et al. introducerede Ng en målfunktion hvor Z_i er den dobbelte af S_i . Dette var oprindeligt set som et maksimerings problem for serviceniveauet:

$$\min \quad Z_i \quad [20]$$

$$s. t \quad Z_i \geq \frac{1}{j} x_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad [21]$$

X_{ij} beskriver resultatet af det i' ne SKU som er baseret på det j' ne kriterie. Den minimeret z_i for hver SKU kan fremadrettet findes baseret på følgende formel, som er omskrevet fra den dobbelte formulering tilbage til den oprindelige:

$$\max_{j=1,2,\dots,J} \left(\frac{1}{j} x_{ij} \right) \quad [22]$$

Først opsættes den optimerende funktion for denne model, og herefter er processen meget simpel. Ng anvendte fire steps for at færdiggøre lagerklassifikationen. Første step er at beregne det partielle gennemsnit for hver SKU, baseret på det antal kriterier, der er inkluderet. For hver kriterie i analysen vil fordelingen af hver SKU blive baseret på den nominelle værdi og er udregnet på følgende måde:

$$\frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}} \quad [23]$$

Baseret på resultatet for hver SKU for hver kriterie er det partielle gennemsnit for x_{ik} udregnet på følgende måde:

$$\frac{1}{J} \sum_{k=i}^J x_{ik}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad [24]$$

Step to handler om at sammenligne det partialle gennemsnit for hver SKU underlagt J kriterier og derigennem bestemme den maksimale værdi. Dette er udtrykt S_i for det i' ne SKU. Henholdsvis step tre og fire sorterer S_i efter faldende rækkefølge, og grupper derefter SKU'erne efter ABC fordelingen. Det er vigtigt at fastslå, at denne fremgangsmåde involverer subjektivitet. Ng foreslog at benytte tre kriterier i sin model, nemlig de årlige produktionsomkostninger, gennemsnitlig enhedsomkostning og lead time. Alle tre kriterier anses som værende positive relateret, da en stigning i lead time teoretisk vil medføre øget gennemsnitlige enhedsomkostning og slutteligt resultere i en stigning i de totale produktionsomkostninger. Ng foreslog herefter at inddele SKU'erne enten efter den traditionelle procentmæssige fordeling, som allerede bruges af NN. Eller gennem den litterære anerkendte fordeling udviklet af Teunter et al. med "A", "B" og "C", som står for henholdsvis 20 %, 30 % og 50 %. For at kunne sammenligne de beskrevne modeller vil fordelingen af Teunter et al. blive tilføjet ABC analysen omhandlende dette afsnit.

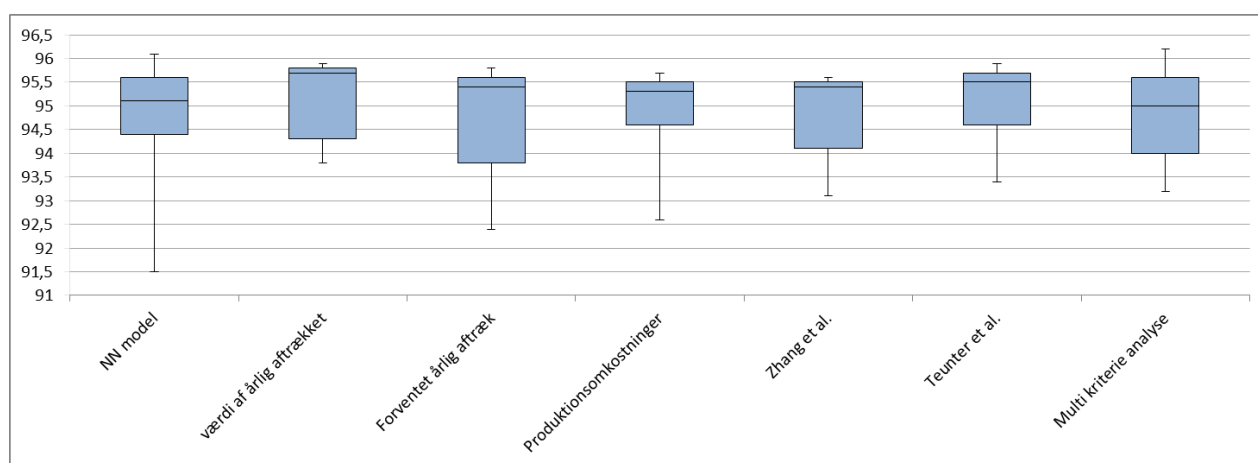
Resultat

Formålet med dette afsnit er at finde en eller flere tilgange som i forhold til NN casen giver et bedre resultat end det eksisterende i forhold til kategoriseringen af A,B og C produkter. Det er vigtigt at nævne, at i denne del af analysen kan der opstå resultater som ikke anses som relevante for denne del af analysen. Dette skyldes det tidligere beskrevne problem, hvor både "A" og "C" varer tillægges den samme vigtighed. Som beskrevet i litteraturen adskiller de forskellige tilgange til fordelingen af "A", "B" og "C" produkter sig. De har dog alle en ting tilfælles, nemlig at uanset om "A" og "C" står for 70 % af SKU'erne vil "B" produkter altid udgøre 30 %. Nogle modeller favoriserer produkter med en høj enhedspris, og andre gør ikke. På grund af de aktuelle niveauer på sikkerhedslageret er både "A" og "C" produkter tillagt den samme vigtighed. Således modsiges formålet med visse anvendte modeller, da nogle

produkter gives et andet sikkerhedsniveau end oprindeligt beregnet i den givne teori. De valgte målepunkter er alle grundigt evalueret og sammenlignet med hinanden og præsenteret via box plots. Igennem box plot, som grafisk illustrations model vil man kunne se medianen for hver simulering. Fordelen ved at sammenligne medianen er at man tager eventuelle skævheder i resultatet med i ens betragtning. Hvorimod ved brug af middelværdi som måleenhed skal der ikke mange "outliers" til for at forurene resultatet. Der vil på hver side af medianen ligge 25 % af resultatet fra undersøgelsen. Jo større et spænd der kommer mellem disse to, jo højere standardafvigelse. De to yderste punkter ovenfor og under medianen dækker over de sidste 25 % på hver side, og beskriver det totale spænd af resultater fra simuleringen.

Service niveau

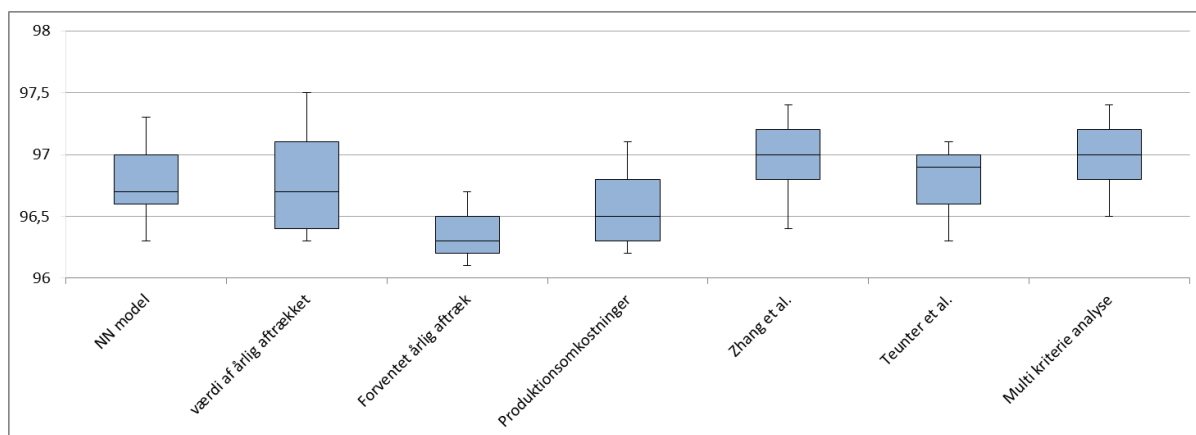
For hver enkel simulering af de enkelte modeller er både CSL og genopfyldnings raten udregnet. Formålet med at måle og evaluere dette er at sikre, at serviceniveauet ud mod kunderne ikke ændres, og at man derved undgår restordre igennem en ordrecyklus.



Figur 2 - Cyklisk Service Niveau - Resultat (CSL)

Som figuren ovenfor illustrerer ligger alle medianer over 95 %, men alle syv modeller har outliers som ligger under det accepterede serviceniveau. Hvis man aflæser medianen for de syv modeller er det modellen som benytter 'værdien af årlig aftræk', som giver det bedste resultat i forhold til CSL på 95,7 % efterfulgt af 'Teunter et al'. I bunden findes den nuværende 'NN model' med en median score på 95,1 %. Hvis man kigger på spredningen i de syv modeller i forhold til CSL er det igen modellen 'værdien af årlig aftræk' og 'Teunter et

al', som har den mindste spredning. I begge modeller ligger 50 % af CSL over 95 % og styrker valget af disse modeller. På trods af ovenstående to modeller anses som favoritter, er forskellen i CSL fra bedste til værste på kun 0,7 %. Derudover ligger alle medianer over 95 % og derfor skal man ikke på baggrund af CSL alene vælge den ene model frem for den anden.

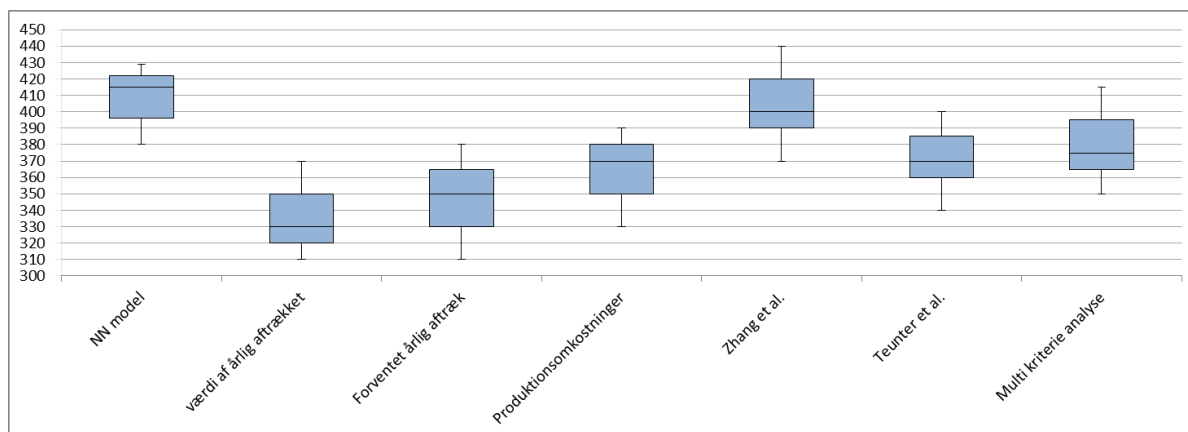


Figur 3 - Genopfyldnings rate - Resultat (Fill rate)

Ganske som forventet, viser alle modellerne en højere genopfyldningsrate end CSL. Dette indikerer, at der er en lavere forekomst af restordre, hvis man benytter denne metode. Kigger man på forskellen i medianscoren, med baggrund i genopfyldningsraten, kan man se, at forskellen fra den dårligste til den bedste kun er 0,7 %. Modsat resultatet fra CSL som favoriserede modellen 'værdien af årlig aftræk' og 'Teunter et al.', er resultatet i denne simulering ikke ens tydende. Det betyder, at resultatet fra denne simulering ikke peger på en optimal løsning i forhold til det valgte serviceniveau.

Gennemsnit lagerniveau

Den valgte minimums servicegrad over for kunderne fastholdes, og på baggrund heraf er de syv modeller gennemregnet for at bestemme det samlede antal SKU'er som optimalt skal ligge på lager, i forhold til at reducere de samlede lageromkostninger. Som det ses nedenfor er der store svingninger i resultaterne og signifikante forskelle modellerne igennem. Hvis vi kun kigger på medianen alene er nuværende 'NN set up', 'Zhang et al.' og 'mult kriterier analyse' klart i top med signifikant flere SKU'er på lager i forhold til de fire andre. Det største spænd modellerne igennem er på ca. 85 SKU'er. Alle modeller bruger lead time som parameter til sortering og opstilling af SKU'erne. Interessant er det, at de tre litteratur tunge modeller alle leverer det stærkeste resultat i forhold til det laveste gennemsnitlige lagerantal. De ligger alle

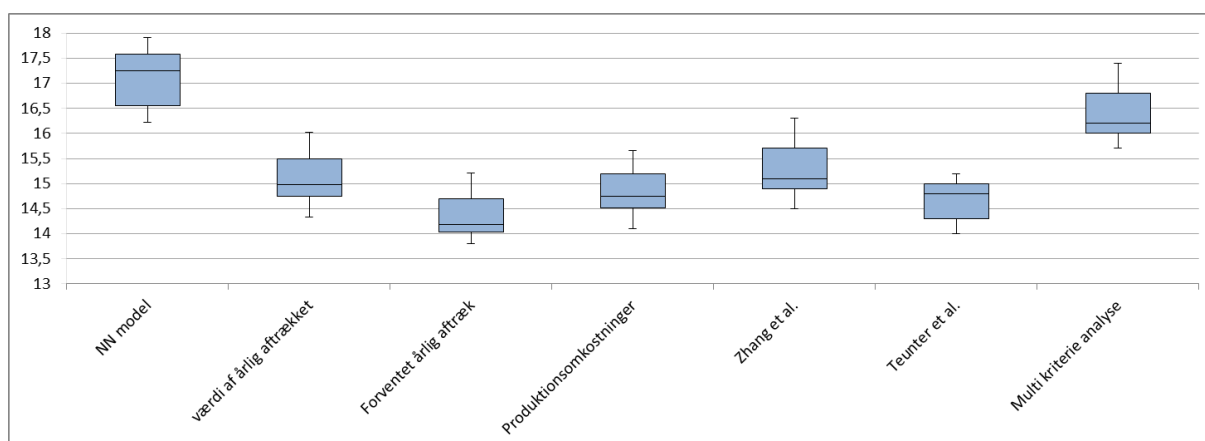


Figur 4 - Gennemsnitlig lager i stk. - Resultat

med en medianscore lavere end 370 sku'er. I den anden ende af skalaen ligger nuværende 'NN set up', samt 'Zhang et al.' modellerne. De bidrager begge til et signifikant højere resultat med en medianscore på over 400 SKU'er. Dette på trods af, at nuværende 'NN model' er den som har den mindste spredning. Sammenligner man 'værdien af årlig aftræk' og 'Teunter et al.' er forskellen 20 % lavere og skal derfor betragtes signifikant mere stabile end de andre.

Lager omkostninger

Man ville umiddelbart forvente, at de modeller med det laveste gennemsnits lager også er dem som har de laveste årlige lager omkostning, da de logisk nok må binde færre SKU'er på lageret. Dette er i midlertidig ikke altid rigtigt, da nogle modeller favoriserer omkostnings begrebet i forhold til sortering af SKU'erne, og derfor kan dette ikke fastslås med sikkerhed. Hvis man dykker ned i resultatet kan man se at to ud af de tre modeller som havde det laveste gennemsnitslige lagerniveau, alle leverer det laveste resultat i forhold til årlige lageromkostninger. Nemlig nuværende 'NN model', samt 'multi kriterier analyse', som begge har en medianscore for årlig lageromkostning på henholdsvis 17,25 mio. og 16,85 mio. Af de resterende tre modeller klarer 'Zhang et al.' sig signifikant bedre. Årsagen til dette kan skyldes, at omkostningerne bliver kvadreret for de enkelte SKU'er og dette vil forårsage, at de omkostnings tunge SKU'er ikke vægtes på samme vis som ellers. Derudover kan det konkluderes, at både 'Zhang et al', nuværende 'NN model' og 'værdien af årlig aftræk' alle klarer sig bedst i forhold til spredning. Som en klar vinder i denne sammenligning er modellen 'værdien af årlig aftræk' som har fokus på det årlige totale aftræk, samt 'Teunter et al'. De formår begge at reducerer de årlige omkostninger forbundet til lager med 4,8 %.



Figur 5 - Samlede lageromkostninger årligt - Resultat

Del konklusion

Hvis man hypotetisk fik et resultat, hvor alle modeller bibeholdte det ønskede serviceniveau samtidig med, at de enten minimerede det totale antal SKU'er på lager, eller minimerede de samlede årlige omkostninger forbundet til lager, ville man vælge den model som formår at minimere de samlede omkostninger mest. Hvis man ser bort fra serviceniveauet som parameter, er det modeller hvor det gennemsnitlige lager niveau, samt årlige omkostninger forbundet med lager minimeres mest, som er anbefalelsesværdige.

	Gennemsnit lager i stk.	Samlede lageromkostninger årligt	Rangering
NN model	415	17,25	7
værdi af årlig aftrækket	330	14,98	2
Forventet årlig aftræk	350	14,19	1
Produktionsomkostninger	370	14,74	4
Zhang et al.	400	15,1	5
Teunter et al.	370	14,8	3
Multi kriterie analyse	375	16,2	6

Figur 6 - Del konklusions resultat

Hvis vi tager ovenstående i betragtning og sammenligner de gennemsnitlige medianværdier, kan det tydeligt ses, at nuværende 'NN model' er den som klarer sig dårligst i forhold til de valgte målepunkter. I forlængelse hertil er både modellerne fra 'Zhang et al.' og 'multi kriterier analyse' begge signifikant dårligere i forhold til de andre modeller. Som beskrevet i afsnittet omhandlende gennemsnitlig lagerbeholdning, er det interessant at de modeller som bruger lager som input i forhold til vægtning og sortering generelt klarer sig dårligst. Da det er disse modeller, som foreslår at lead time ikke skal inkluderes som en parameter, når man

udfører en ABC analyse. De fire bedst modeller leverer alle gode resultater i forhold til ovenstående målepunkter. I forhold til dette afsnit kan man konkludere, at modellen 'forventet årlig aftræk' er den som optimerer mest på resultatet i forhold til de givne parametre. Derudover kan det konkluderes, at modeller som ikke bruger lead time som paramter i udregningen generelt klarer sig bedre.

Re-order punkt

Ud fra ovenstående analyse kan man konkludere at nuværende NN set up kan optimeres signifikant ved at fokusere på blandt andet lead time. Derfor fortsætter analysen i anden del med fokus på at finde det optimale re-order punkt.

Modellerne

Som tidligere beskrevet er der en bekymring for, at den nuværende tilgang til re-order punkt i forhold til at kunne optage usikkerheden i aftrækket ikke er tilstrækkelig. Dette skyldes, at NN's sikkerhedslager er fastsat ud fra en politik om x antal uger på lager. I det kommende afsnit vil to produkter fra NN's portefølje blive gennemregnet, således at det kan bestemmes, hvilken tilgang der er den mest optimale. Der er tale om Tresiba i en Flextouch® til USA samt Levemir i en FlexPen® til Tyskland. Begge produkter betegnes som "A" produkter og har en lead time på fire uger.

SKU	Produkt	$U_{ge_{t+1}}$	$U_{ge_{t+1}}$	$U_{ge_{t+1}}$	$U_{ge_{t+1}}$	Total
1	Tresiba - Flextouch® 748512	5488	3245	4855	1635	15223
2	Levemir - FlexPen® 712654	1751	1722	1748	1759	6980

Figur 7 - Sikkerhedslager eksempel

I forhold til ovenstående to SKU'er vil der med det nuværende set up være lager svarende til 42 ugers aftræk på hvert produkt. Hvis vi kigger på ovenstående billede kan man se, at SKU et har en signifikant højere variation i aftrækket sammenlignet med SKU to. Med det nuværende set up valgt, vil der ikke være en forskel på lagerniveauet for de SKU'er. Med et så stabilt aftræk som SKU to har, kan man argumentere for, at den ikke behøver det samme sikkerhedslager som SKU et. På den baggrund foreslår jeg, at man kigger på muligheden for

at justere re-order punktet og tager variationen i aftrækket med i betragtning. Ligning [6] af Simchi-levi beskriver sikkerhedslageret under re-order punktet som:

$$[6] = z * STD * \sqrt{L} \quad [25]$$

Ud fra denne formel er re-order punktet udregnet ud fra aftrækket under lead time plus sikkerhedslageret. Hvis man på samme måde kigger på produkter med varierende lead time som i NN's tilfælde er "C" produkter, grundet de kun fyldes når der er et aftræk svarende til en hel batch, kan man igen på baggrund af Simchi-levi udregne sikkerhedslageret på følgende måde:

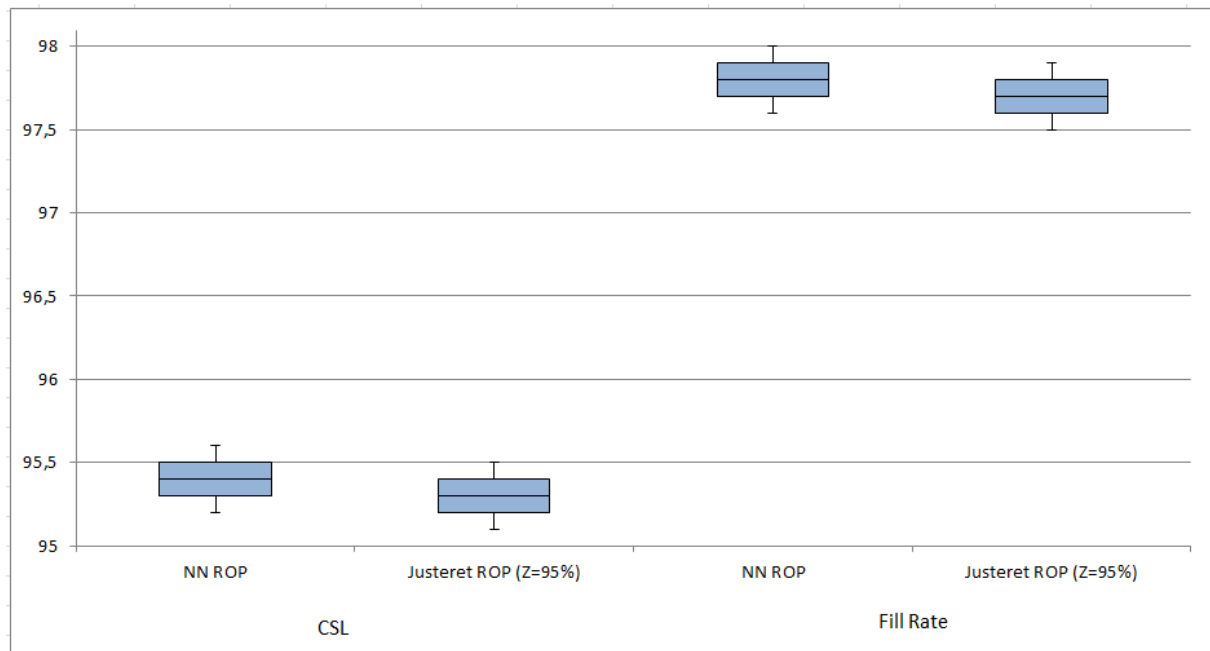
$$SS = z * \sqrt{\mu_L \sigma_D^2 + \mu_D^2 * \sigma_L^2} \quad [26]$$

Ovenstående er det samme som sikkerhedsfaktoren ganget med standardafvigelsen af aftrækket under lead time. Hvis man med denne formel gennemregner ovenstående 2 eksempler vil det resultere i, at SKU 2 ikke får noget sikkerhedslager. Dette skyldes, at standardafvigelsen vil være nul, da der ingen spredning er i aftrækket. SKU 1 vil derimod have brug for et sikkerhedslager da der her er en spredning i aftrækket. Inden simuleringen for det justerede re-order punkt må man forvente, at både lageromkostninger, samt at det gennemsnitlige lager niveau vil falde signifikant, da der nu kommer fokus på variationen i aftrækket for hver SKU. Da produktklasserne vil blive analyseret i del 3 vil z faktoren for udregning af re-order punkt i ligning [25] og [26] blive sat til 95 %. Dette skyldes muligheden for at vise effekten af en ændring i re-order punkt i forhold til at optimere på nuværende set up. Ydermere opnår man muligheden for at sammenligne hvorvidt re-order punktet påvirker resultatet i forhold til ABC analysen. Derfor er det nødvendigt at teste en model op i mod nuværende NN set up.

Resultat

Der er på baggrund af ligning 25 og 26 blevet simuleret med et CSL på 95 % for at finde det optimale sikkerhedslager. Det betyder at CSL i denne del af analysen holdes konstant og en påvirkning på parametre som gennemsnitlig lagerniveau samt de årlige omkostning forbundet med lager forventes at svinge. Fremadrettet vil der være mere fokus på at gennemregne hver

enkelt SKU enkeltvis med fokus på at optimere netop denne. Ganske som forventet ligger gennemsnits median for CSL på 95 %. Udsving i variationen samt outliers er nogenlunde lig med nuværende NN model. Dette kan betyde, at der er en stor ligevægt mellem modellerne. Som man kan se af ovenstående billede er det justerede re-order punkts CSL over målet. Dette anses som værende tilfredsstillende. I forhold til 'genopfyldnings raten' som metode er stabiliteten stort set ens. Derudover er service iveauet også som forventet i denne model.



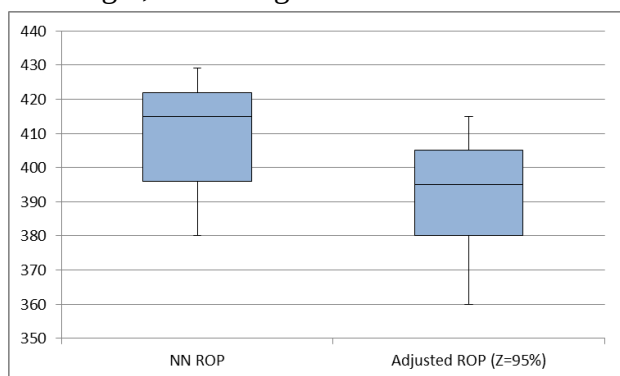
Figur 8 - Nuværende re-order punkt VS. justeret re-order punkt

Service niveau

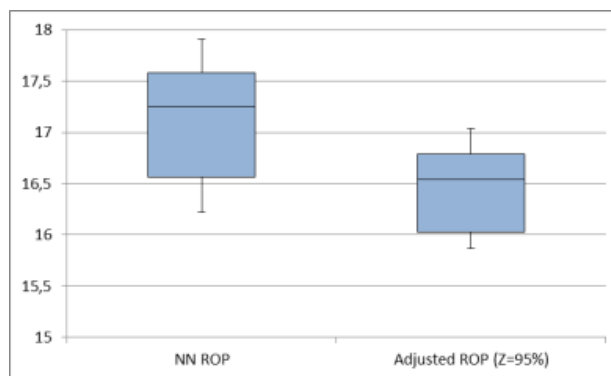
Hvis man alene kigger på CSL kan vi se at det justerede re-order punkt ovenfor er en smule lavere end det nuværende re-order punkt. Det på trods er de begge over de 95 %, som er det opstillede krav og derfor tilfredsstillende for opgaven. Kigger man på variationen samt min og max ligner de meget hinanden. Samme øvelse er lavere for genopfyldningsraten, og her er samme resultat opstået. Det justerede re-order punkt er en smule lavere end det oprindelige NN set up. Derudover er både spredning, min og max stort set også ens.

Påvirkninger

Som det ses på billede nedenfor er der store forskelle på niveauet for det gennemsnitlige lagerniveau, samt de årlige omkostninger til lager afhængig af, hvilken model man vælger. Ved at benytte udsvingene i aftrækkes inden gennemregning af re-order punktet, kan det ses, at det gennemsnitlige lagerniveau kan reduceres med 5 %. Det betyder, at de årlige udgifter forbundet med lager kan nedbringes med næsten 4,8 %. Årsagen til denne signifikante forbedring er skabt på baggrund af det nuværende sikkerhedslager som ligger til grund for NN's re-order punkt. I forlængelse heraf er det nye gennemsnitlige lagerniveau signifikant bedre i forholdt til stabilitet. Det samme gælder også for de årlige omkostninger forbundet med lager, som er signifikant mere stabil.



Figur 10 - gennemsnitligt lagerniveau - Resultat



Figur 9 - Samlede årlige omkostninger til lager - Resultat

Del konklusion

Ud fra analysen ovenfor er det nemt at konkludere, at en justering af nuværende re-order punkt hos NN vil have en signifikant forbedring på både det gennemsnitlige lagerniveau og de årlige lager omkostninger. Det forstærker incitamentet til at kombinere resultatet fra denne del af analysen med resultaterne fra afsnittet omhandlende ABC simulering. Derudover blev det beskrevet i modstrid til meget af litteraturen, at sikkerheds niveau for "A" og "C" produkter burde betegnes lige vigtige.

Produkt klasse analyse

I det nuværende NN set up har både "A" og "C" varer det samme sikkerhedslager. Genkalder man nuværende NN re-order punkt er der ikke et link til det ønskede serviceniveau for hver produktklasse. Det betyder, at populære produkter med højt aftræk kan betragtes som

ligeværdige med produkter som fx ikke har det forventede salg. Derfor vil der i dette tredje analyse afsnit blive kigget på muligheden for at differentiere på sikkerhedslagerniveauet for hver produktklasse. Hvis man vælger at implementere en af de anviste modeller som baggrund for sin ABC klassifikation, skal man derfor også overveje, hvorledes hver produktklasse vægtes. Et eksempel kunne være modellen 'værdien af årlig aftræk'. Denne model tilgodeser de produkter som skaber den største omsætning på års basis. Det betyder, at produkter i "A" kategorien vil blive givet den højeste servicegrad, da disse produkter skaber den største omsætning. Axsäter beskrev omkostninger forbundet til lager på følgende måde:

$$\frac{Q}{2} * h + SS * h \quad [27]$$

SS er hentet fra ligning [26]. En ændring i sikkerhedsfaktoren for produktklasserne påvirker kun $SS * h$ leder for ligning [27], da det kun er denne del som fokuserer på at minimere det efterfølgende. Sikkerhedslageret kan udregnes på baggrund af ligning [27] samt de tilhørende omkostninger forbundet med lager. Det handler om at vælge den rigtige z faktor til hver produktklasser, da det har en direkte konsekvens for de samlede omkostninger forbundet til lager. Både Zhang et al. og Teunter et al. introducerede begge modeller til, hvordan man kunne optimere serviceniveauet for hver produktklasse. Zhang et al. foreslog i den forbindelse at starte med S_A som den højeste og S_C så lav som muligt, og derefter søge den lavest mulige S_B værdi for stadig at holde det aggregerede serviceniveau, hvor S er det givne serviceniveau til hver produktklasse. Det betyder, at hvis $S_B \geq S_C$ ikke er mulig skal S_C sænkes indtil en mulig løsning er fundet. Dette vil ligeledes være i tråd med litteraturen som siger, at $S_A \geq S_B \geq S_C$. Teunter et al. brugte solver funktionen i excel til at finde CSL for hver produktklasse som minimerede de totale lageromkostninger og som samtidig holdt det ønskede serviceniveau. Da den benyttede litteratur til denne opgave har forskellige tilgange til fordelingen af SKU'er i hver klasse kan det have en indflydelse på brugen af ovenstående metode. Den matematiske notation for minimeringsfunktionen, som tidligere er beskrevet som et minimerings problem, vil via solveren i excel blive analyseret på baggrund af Teunter et al.'s tilgang. Solveren i excel har ikke brug for, at S_A er for at kunne minimere problemet. Grundet forskelligheden i litteraturen omkring fordelingen af produktklasserne vil Teunter et al.'s solver model blive testet med og uden ovenstående begrænsning. Optimeringsfunktionen

beskrevet tidligere kan justeres, så den passer til denne del af analysen. Det betyder, at den kommer til matematisk at se ud på følgende måde:

$$\min \sum_{i=1}^n AHC_i \quad [28]$$

$$s. t \quad S \geq 95\% \quad [29]$$

$$S_A \geq S_B \geq S_C \quad [30]$$

$$S_A S_B S_C < 100\% \quad [31]$$

Ligning [30] er til for at kunne teste anvendeligheden. Nedenstående billede viser det vægtede gennemsnit af de udregnede z værdier baseret på fordelingen af produktklasser fortsat med et fast CSL. Begrænsningen fra ligning [30] sikrer, at alle sikkerheds faktorerne er mindre end 100 %, da dette er i modstrid med den kumulative sandsynlighedsfordeling.

	Med bindingen			Uden bindingen		
	A	B	C	A	B	C
NN model	96,48%	89,09%	89,09%	96,56%	87,36%	91,46%
værdi af årlig aftrækket	95,00%	95,00%	95,00%	78,15%	91,99%	95,85%
Forventet årlig aftræk	96,64%	92,62%	92,65%	96,68%	88,63%	94,53%
Produktionsomkostninger	95,00%	93,00%	95,00%	74,18%	90,53%	97,25%
Zhang et al.	95,59%	90,43%	90,43%	95,57%	89,66%	91,63%
Teunter et al.	95,00%	95,00%	95,00%	91,88%	90,15%	95,23%
Multi kriterie analyse	95,00%	95,00%	95,00%	84,26%	93,13%	96,23%

Figur 11 - Excel solver service level - Resultat

Som ovenstående figur viser, påvirker begrænsningen fra $S_A \geq S_B \geq S_C$ alle modeller. 4 af modellerne kræver, et 95 % CSL for alle produkt klasser, hvorimod de sidste 3 modeller er påvirket af forholdet mellem produktklasse "B" og "C". For modellerne uden $S_A \geq S_B \geq S_C$ bindingen kan det ses, at produkterne i "B" kategorien ligger under både "A" og "C" klasserne. Kigger man isoleret på omkostningerne forbundet med lageret, kan man af ovenstående figur se, at produkter fra "C" kategorien skal prioriteres på lige fod med de andre

klasser, samt at for 4 ud af 7 modeller er det denne klasse som kan minimere lageromkostningerne mest.

Antagelser i analysen

Som beskrevet i anden del af analyseafsnittet er der via en justering i re-order punktet grundlag for signifikante forbedringer i forhold til gennemsnitslager og årlig omkostning til lager. Der vil i dette afsnit derfor blive taget udgangspunkt i de justerede re-order punkter og de vil danne baggrund for gennemregningen af alle modeller i dette analyse afsnit.

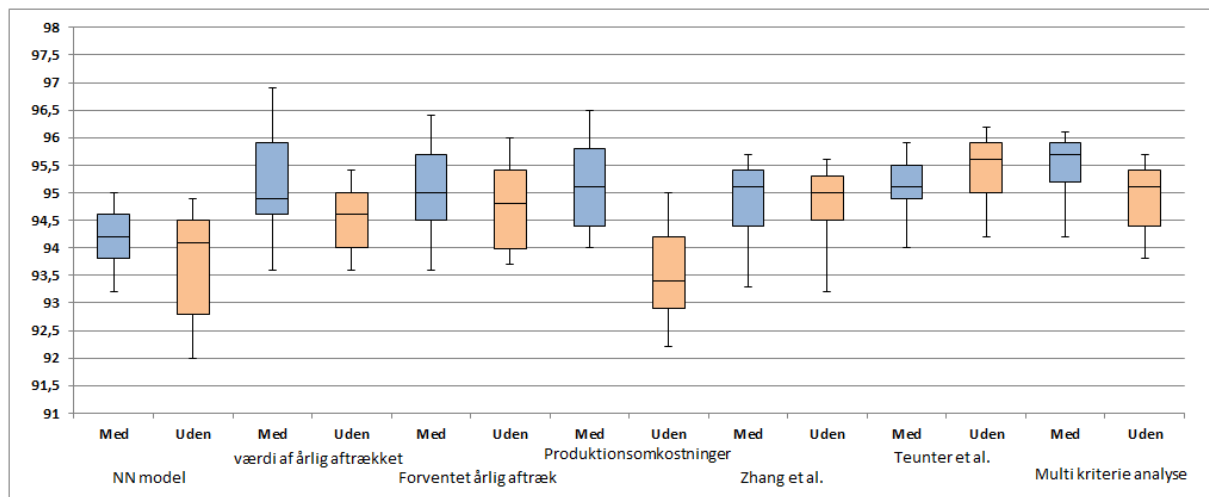
Holistisk sammenfatning

De tre analyseafsnit er nu sammensat og forstærker derved resultatet af de forskellige ABC modeller sammen med det optimeret re-order punkt, samt hvad der er antaget at være den optimale fordeling af servicefaktorer i forhold til at minimere lageromkostningerne. Derfor skal resultaterne, leveret i dette 3 analyse afsnit, danne baggrund for de samlede konklusioner og den endelige anbefaling til NN. De 7 modeller er alle testet med og uden bindingen fra ligning [30]. Dette er i figuren nedenfor vist som ”med” og ”uden” i forhold til ligning [30]. Resultatet vil blive behandlet i forhold til de opstillede målepunkter.

CSL- Cyklisk service level

Resultatet for CSL forventes at blive meget tæt på målet for CSL som er på 95 % både med og uden bindingen fra ligning [30]. Dette skyldes især, at ligning [29] forsøger at møde det ønskede service niveau.

Ud fra nedenstående figur kan det hurtigt ses, at flertallet af modellerne med bindingen fra ligning [30] udkonkurrerer modellerne uden bindingen. Dette kan i nogen grad forklares ved den lave sikkerhedsfaktor som nogle produktklasser i modellerne uden binding fra ligning [30] er givet. Følgende modeller opfylder denne begrænsning; årlig forventet omkostning ”med” begrænsning, Teunter et al. ”uden” begrænsningen, og slutteligt multikriterier ABC analyse også ”med” begrænsning. Alle 3 modeller har en median for CSL som er lig med eller over de 95 %. Det ses tydeligt, at den nuværende NN model i forhold til ABC analysen ikke



Figur 12 - Cyklisk service level - Resultat

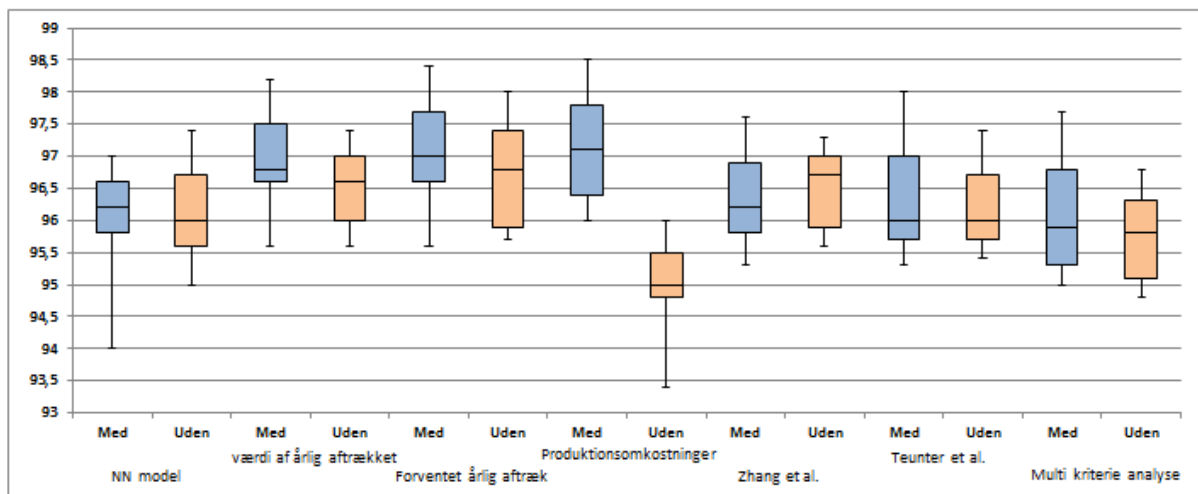
kan følge med de andre på de opstillede måle parametre. Kun modellen 'forventede årlige omkostning' "uden" bindingen giver nogenlunde samme dårlige resultat. Ud af de modeller som skaber de bedste resultater, i forhold til variabilitet, er der ikke nogle der stikker ud som værende signifikante bedre end andre. Som det også ses er der nogle modeller som ikke engang opnår det opstillede CSL resultat i forhold til median scorer. Dette inkluderer den nuværende NN model, forventet årlig omkostning, "uden" binding og slutteligt multikriterier analyse også "uden" binding.

Genopfyldnings rate

I dette afsnit genkalder vi linket mellem genopfyldnings rate og CSL. Det er ikke forventet, at genopfyldningsratens resultater adskiller sig fra den ene model til den anden. Men det kan på baggrund af nedenstående bekræftes, at nogle modeller er bedre end andre og derved udelukker nogle.

Som ovenstående figur viser, er resultatet for 'genopfyldnings raten' som forventet, og stort set magen til resultatet for CSL. Hvis man grundlæggende skal kigge på, hvilken model der har klaret sig bedst og dårligst, kan man konkludere, som før, at de samme 4 modeller igen ligger i den lave ende. Denne gang kan yderligere 2 modeller tilføjes til denne kategori, nemlig værdien af årlig aftræk "uden" binding og årlig forventet aftræk også "uden" binding. Desuden er flertallet af de dårlige modeller også dem som leverer de største variationer i median scoren. Dette på trods, af at modeller som årlig værdi af aftrækket "med" binding, og teunter et al. "uden" fremstår mere stabile end resten af modellerne, er det målte resultat for

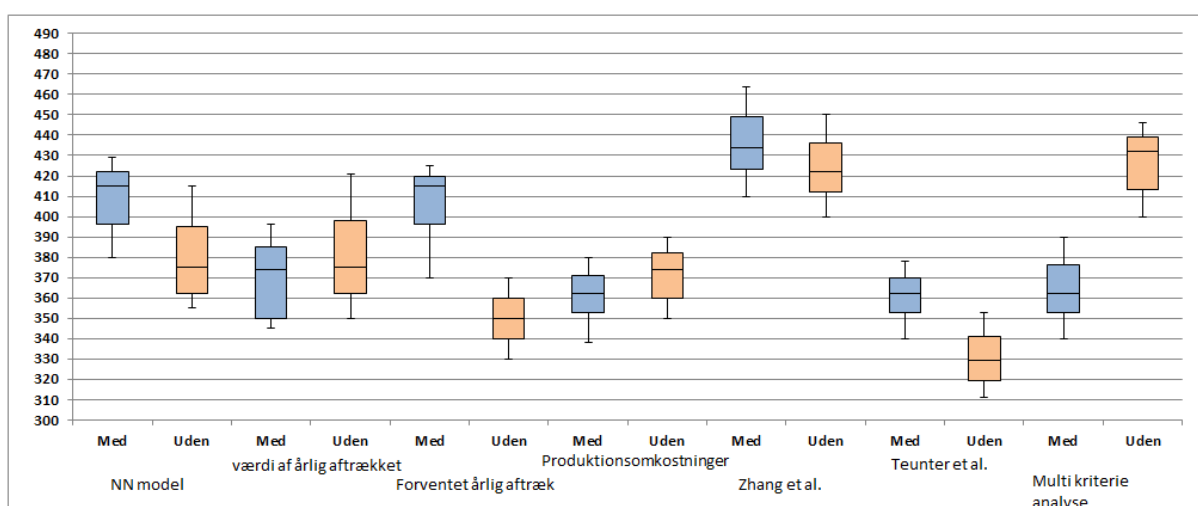
median scorer ikke signifikant anderledes end de andre. Ingen af de testede modeller kan betragtes som den bedste, hvis man kun kigger på det målte service niveau.



Figur 13 - Genopfyldnings rate - Resultat

Gennemsnitlig lager

Hvis man dykker dybere ned i de enkelte modeller i forhold til deres resultat, vil man se at, de levere på det gennersnitlige lagerniveau, samt de tilhørende omkostninger til lager. Dette på trods ses der store forskelle modellerne igennem. Det ses tydeligt, at de simuleringer, hvor ABC analyse og servicefaktoren er bestemt af Solveren i excel påvirker resultatet signifikant bedre.



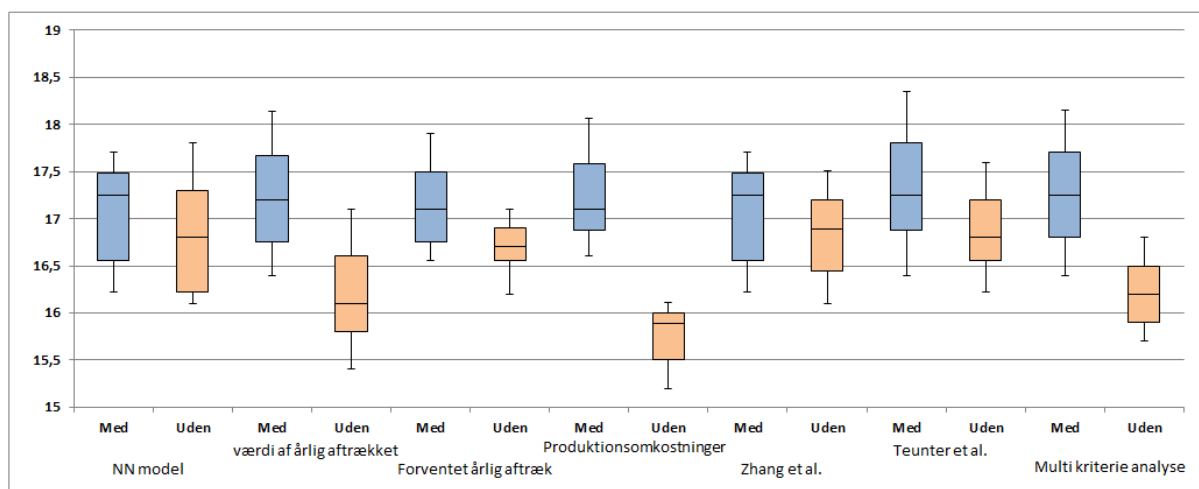
Figur 14 - gennemsnitligt lagerniveau - Resultat

Som det ses i figuren ovenfor, skal Zhang et al.'s model også tilføjes til listen over modeller, som ikke kan anbefales. Derudover også modellen forventet årlig aftræk "med" binding. Modsat har vi modellen fra Teunter et al. "uden" binding som leverer et langt bedre resultat i forhold til median scoren, hvorimod netop samme model "med" binding samt de to modeller forventet årlig værdi af aftrækket både "med" og "uden" binding er de mest stabile modeller. Det er interessant at netop modellen forventet årlig værdi af aftrækket "med" er signifikant bedre end samme model "uden" bindingen. Årsagen hertil bunder højest sandsynlig i forskellen i serviceniveauet tildelt de forskellige produktklasser. Som det ses har "C" kategorien i modellen "uden" bindingen en service faktor på 95,94 % hvilket resulterer i et signifikant højere sikkerheds lager end de valgte 95 %. Derved tilføjer flere SKU'er til lageret.

Sammenlignet med Zhang et al. modellen er Teunter et al model "uden" binding signifikant bedre i forhold til at sænke det generelle lager niveau. Da optimeringsfunktionen har fokus mod at minimere omkostningen forbundet med lager, skal man ikke alene vælge den bedste model ud fra serviceniveauet eller årlig lagerniveau. Man skal også kigge på de samlede omkostninger forbundet med lager.

Årlig omkostning til lager

Det er generelt ikke forventet, at omkostningerne til lagerbinding er direkte linket til det gennemsnitlige lagerniveau. Dette skyldes at, de forskellige ABC modeller favoriserer produkter forskelligt, deriblandt de aktuelle omkostninger forbundet til den enkelte SKU.



Figur 15 - Samlede årlige omkostninger - Resultat

Derfor kan det valgte service niveau til hver produktklasse have en enorm effekt på de efterfølgende omkostninger til lagerbinding. Omvendt som det ses ovenfor er de modeller uden binding fra ligning [30] er signifikant bedre end de modeller med denne binding. Årsagen skal findes i, at solveren i excel forsøger at minimere de årlige omkostninger til lagerbinding. Derfor er solveren i excel velegnet til at minimere optimeringsfunktionen for de modeller som ikke har bindingen fra ligning [30].

Ikke overraskende var samtlige modeller uden binding fra ligning [30] signifikant bedre end deres tilsvarende model med bindingen, hvis man udelukkende kigger på servicefaktoren. Et interessant resultat forekommer for modellen årlige produktionsomkostninger, som før blev anset som ”dårlig”, nu er den model som leverer det laveste resultat i forhold til totale lageromkostninger. Årsagen hertil skal nok findes i den service faktor de forskellige produkt klasser har givet. Kigger man f.eks på produkterne fra ”A” klassen består den af produkter, som har de højeste produktionsomkostninger og er kun givet en servicefaktor på 76,4 %. Det vil jo om nogle skabe lave omkostninger, da produkterne så tilsvarende har et lavt sikkerhedslager. I forlængelse hertil, ses det også, at modellerne ’årlig værdi af aftrækket’ ”uden” binding, og multi kriterie analyse også ”uden” bindingen klaret sig godt i denne simulering i forhold til tidligere. Interessant er det, at modellen årlige produktionsomkostninger stadig ”uden” binding med et CSL på 95 %, ligesom alle andre modeller, klarede sig signifikant bedre end de andre. Som det ses, ligner det, at man kan øge den gennerelle sikkerhedsfaktor, og dermed CSL, uden at øge de totale omkostninger til lagerbinding. Som det ses er forskellen fra denne model og ned til den næste model, på næsten 376.000 DKK eller 1,21 %. Hvis man kigger på variationen, modellerne igennem, er der ikke nogen model som fremstår bedre eller dårligere end andre. Der er dog nogle modeller som har et større spænd end andre.

Samlet resultat

De fundne resultater i det sidste analyseafsnit har vist signifikante forbedringer for NN. Går man tilbage i situationsanalysen til 2 del omhandlende re-order punkt, blev det her tydeligt vist, at der er mulighed for at forbedre nuværende set up hos NN. Den anbefaling som denne rapport vil komme med hænger nøje sammen med CSL. Som før beskrevet er det afgørende for NN at bibeholde det nuværende serviceniveau til sine kunder. Som resultatet viser, er det

ikke alle modeller som lever op til kravet om et service niveau på 95 %. Det skal nævnes, at andre faktorer også vægtes, i forhold til at anbefale en model til NN. På trods af dette, vil et service niveauet lig med eller over 95 % vægtes med 50 %. De sidste 50 % vægtning sker på baggrund af de omkostnings relaterede målepunkter. Derved skaber det sammenhæng med de opstillede undersøgelsesspørgsmål samt deres underpunkter, hvor omkostningerne også spiller en central rolle. Nedenfor ses den sidste simulering, hvor de forskellige modeller er rangeret. Top tre er vist med farver, hvor grøn er den bedste, orange nummer to og blå er nummer tre.

	$S_A \geq S_B \geq S_C$	CSL	Genopfyldnings raten	Gennemsnits lager	Årlige lageromkostninger	Ranking
NN model	Med	94,20%	96,20%	415 stk.	17,25 Mio.	14
NN model	Uden	94,10%	96%	375 stk.	16,8 Mio.	13
værdi af årlig aftrækket	Med	94,90%	96,80%	374 stk.	17,2 Mio.	2
værdi af årlig aftrækket	Uden	94,60%	96,60%	375 stk.	16,1 Mio.	7
Forventet årlig aftræk	Med	95%	97%	415 stk.	17,1 Mio.	8
Forventet årlig aftræk	Uden	94,80%	96,80%	350 stk.	16,7 Mio.	6
Produktionsomkostninger	Med	95,10%	97,10%	362 stk.	17,1 Mio.	3
Produktionsomkostninger	Uden	93,40%	95%	374 stk.	15,89 Mio.	11
Zhang et al.	Med	95,10%	96,20%	434 stk.	17,25 Mio.	10
Zhang et al.	Uden	95%	96,70%	422 stk.	16,89 Mio.	9
Teunter et al.	Med	95,10%	96%	362 stk.	17,25 Mio.	5
Teunter et al.	Uden	95,60%	96%	329 stk.	16,8 Mio.	1
Multi kriterie analyse	Med	95,70%	95,90%	362 stk.	17,25 Mio.	4
Multi kriterie analyse	Uden	95,10%	95,80%	432 stk.	16,2 Mio.	12

Figur 16 - Samlet resultat

Det ses tydeligt, at den nuværende NN model er blandt de dårligste modeller på stort set alle parametre. I forlængelse hertil støtter ovenstående billede også ekskluderingen af nogle modeller. De 4 dårligste modeller er alle kasseret på baggrund af deres dårlige resultat på CSL. Derudover kan der igen tilføjes, at denne undersøgelse endnu engang beviser at ABC modeller som bruger lead time som kriterier, klarer sig signifikant dårligere end de modeller som ikke benytter lead time. Kun multi kriterie analyse modellen ”med” bindingen leverer et nogenlunde resultat, og er en af kun tre modeller som leverer et CSL over eller lig med 95 %. Kigger man tilslut på resultatet kan man se, at multi kriterie analyse modellen er rangeret som nummer fire. På tredje pladsen kommer modellen produktionsomkostninger ”med” bindingen. På 2 pladsen kommer modellen værdien af årlig aftræk også ”med” bindingen. Fælles for de tre modeller ovenfor er, at de alle benytter sig af notationen $S_A \geq S_B \geq S_C$. Det er interessant, da deres tilsvarende modeller uden denne binding klarer sig dårligere. Ud af de modeller som klarer sig bedst, er det kun den absolut bedste model nemlig fra Teunter et al. som ikke benytter sig af bindingen fra ligning [30]. Det forstærker argumentet for, at hver produkt classes serviceniveau er udregnet på baggrund af minimeringsfunktionen som forsøger at minimere lageromkostningerne samtidig med den bibeholder serviceniveauet. På den

baggrund er det modellen fra Teunter et al. som leverer de stærkeste resultater, da denne model har det højeste CSL samtidig med den minimerer lageromkostningerne. Som det ses er det ikke den model som minimerer lageromkostningerne mest, men i forhold til at bibeholde det valgte CSL er det den anden bedste med kun 2,33 % op til nummer et. En ekstra fordel ved Teunter et al.'s model er også, at den på trods af det konstante CSL niveau sænker det fysiske antal SKU'er på lager. Derved er opgaven løst over for NN som ønskede at kunne sænke det generelle lagerniveau for at frigive plads på lageret på den korte bane. Derfor er resultatet af denne rapport, at modellen udviklet af Teunter et al., klart er at foretrække for NN. Den går ikke på kompromis med det essentielle for pharma branchen, nemlig evnen til at kunne levere produkter. Samtidig sænker den det generelle antal SKU'er på lager, og den er signifikant bedre end nuværende set up i forhold til at minimere de samlede lageromkostninger.

Konklusion og afrunding

Kapitel 5

Gennem situationsanalysen blev forskellige problematiske områder inden for ABC fordelingen, re-order punkt, samt sikkerhedslageret blevet identificeret for casen. Ved nuværende set up var ingen SKU'er favoriseret frem for andre. De var opdelt baseret på lead time, og derved kunne vigtige "A" produkter blive behandlet på samme måde som "C" produkter. For NN handlede det om at sikre sig mod uforudsete hændelser og polstre sig med lager for at sikre produkter til patienterne. Denne filosofi er også udmærket i en tid, hvor margien på produkterne er høje, men når NN står i en situation, hvor de mangler plads på deres lokale lagere, for blot at kunne fortsætte produktionen, er det nødvendigt at handle. En anden udfordring som blev belyst var problematikken omkring det valgte re-order punkt samt det tilhørende sikkerhedslager. Der var her ikke taget hensyn til de udsving der forekommer i aftrækket, men blot strategisk taget en beslutning om at polstre sig med x antal uger på lager. Som tidligere beskrevet var hovedformålet med denne opgave at minimere det samlede lagerniveau, samtidig med at service niveauet ud mod kunderne blev bibeholdt. Det er primært sket gennem en ABC analyse hvor 6 forskellige modeller er blevet introduceret. Som reference er det nuværende set up også simuleret, således at man kan se betydningen samt påvirkningen af de forskellige modeller. I første del af analysen blev de 7 modeller introduceret og simuleret. Under første analyse blev re-order punktet samt sikkerhedslageret holdt ens. Derved kunne de fremkommende resultater analyseres med baggrund i ABC fordelingen. Under denne første ABC analyse, blev det tydeligt, at nuværende NN set up var blandt de dårligste på alle de opstillede parametre. Interessant i forhold til ovenstående var, at brugen af lead time som parameter til sin ABC analyse gjorde de målte resultater i forhold til service niveau dårligere. Da det kunne konkluderes, at der på baggrund af ABC analysen var plads til forbedring fortsatte analysen i 2 del. Her blev der fokuseret på re-order punktet. Det manglende fokus på specielt variationen i aftrækket gjorde igen, at dette område kunne optimeres. Gennem justeringerne af re-order punktet introducerede opgaven samtidig en sikkerhedsfaktor til hver SKU. Denne blev udregnet på baggrund af det forventede aftræk for hver SKU, og resulterede i et fald af SKU'er på lager svarende til 5 %. Det betyder, at omkostningerne forbundet til lager kan sænkes med 4,8 % årligt, samtidig med at samme serviceniveau på 95 % bibeholdes. Herefter blev det optimeret re-order punkt tilføjet til de

syv modeller fra første del af analysen. Inden evalueringen af simuleringerne blev foretaget blev det underøgt om det beskrevne litteratur for området blev efterlevet. Litteraturen taler for, at produkter i produktklasse "A" skal have en højere servicegrad og det kan føre til, at optimeringsfunktionen modarbejdes. Derfor blev alle ABC modeller simuleret med denne faktor for at se påvirkningen på resultatet. På alle opstillede målepunkter viste simuleringerne tydeligt, at nuværende set up hos NN kunne forbedres. Nogle modeller virkede bedre med bindingen beskrevet ovenfor, mens andre ikke gjorde. I forhold til NN casen, indeholdte den bedste model ikke denne binding. Med fokus på produktpolitik og ABC analyse, i forhold til undersøgelsesspørgsmål et, blev lead time ikke brugt som parameter. I stedet for bør man fokusere på enten værdien af aftrækket eller omkostningerne af aftrækket. Teunter et al. integrerede begge aspekter i hans sorteringskriterier, som i sidste ende også blev den anbefalelsesværdige model til NN. I forlængelse hertil viste en differentiering blandt produktklasserne gode resultater i forhold til at minimere lageromkostningerne, da optimeringsfunktionen for den omkostningsbeviste model forsøger at gøre netop dette. Ovenstående svarer på undersøgelsesspørgsmål tre, som fokuserer på omkostningerne forbundet med lager. Slutteligt kan det nævnes, at i forhold til undersøgelsesspørgsmål to er netop en justering af re-order punktet essentielt for at løse opgaven. Det skiftende fokus fra et sikkerhedslager baseret på x antal uger på lager over mod et fokus på real variation i hver SKU's aftræk medførte et drastisk fald i SKU'er på lager. Alt dette samtidig med, at serviceniveauet blev bibeholdt på de 95 %. På den baggrund kan det argumenteres for at re-order punktet samt differentiationen i serviceniveauet for hver produktklasse, støtter begrebet omkostningsreduktion. Hvorimod ABC analysen alene fokuserer på hvordan fordelingen af SKU'er skal være i hver produktklasse. Da NN har en masseproduktion, betyder fordelingen af SKU'er i hver produktklasse meget for det totale antal SKU'er på lager, og derved hvilken lagerkapacitet der er behov for.

Kritik af opgaven

Efter resultaterne er fremlagt er det tydeligt, at specielt det justerede re-order punkt medfører en optimering på lageret for NN. I denne opgave er re-order punktet kun analyseret på baggrund af en enkel parameter. Dette kunne sagtens øges til flere, og derved skabe bedre muligheder for at konkludere på, hvilken tilgang der er bedst. I denne opgave er prognosen for aftrækket antaget at være normalfordelt for alle SKU'er. Dette vil i virkeligheden nok ikke

være tilfældet, og kan derfor godt påvirke resultatet. Da "forecast" som disciplin ikke er et tema for denne opgave, er det ikke yderligere blevet behandlet. Teunter et al. fandt, via sin forskning, bevis for at normal eller gamma aftræk kan påvirke resultatet i mindre grad, og vil derfor i forhold til denne opgave stadig være et område som kunne yderligere berøres. I forlængelse hertil kan det også nævnes, at det data som er brugt til at simulere forventet aftræk, kun løber et år tilbage. Her kunne man ligeledes have overvejet at kigge længere tilbage i tiden, og på den måde forsøge at øge data kvaliteten. Dette blev dog fravalgt grundet mange af de nye produkter som NN har lanceret, ikke er mere end et år gamle, og det primært er dem som skal sælges fremadrettet.

Perspektivering

Efter afslutning af opgaven er der stadig visse emner som kunne analyseres. Et af dem er antallet af produktklasser, altså hvorvidt man burde øge med klasserne "D", "E" og "F". Derudover kunne man også berøre med hvilken frekvens man evaluerer sin ABC fordeling, re-order punkter samt sikkerhedslager. Skal det analyseres en gang om året, pr kvartal eller måske pr måned. Dette udestår fortsat og kan i sidste ende resultere i forkerte mængder på lager, fordi omverdenen i forhold til NN ændrer sig. Derudover kunne man også, som beskrevet ovenfor, analysere re-order punktet yderligere i forhold til tilføjelse af flere kriterier inden gennemregning.

De beskrevne emner ovenfor kunne simuleres i en stress test / robust test, hvor man kunne tage den anbefalede model, og tilsætte forskellige intervaller, hvormed man analyserede data. På den måde ville man kunne finde den optimale frekvens, i forhold til at udførte sin simulering. Derudover kunne man tilføje flere produktklasser og derved se, hvorvidt en tilføjelse af yderligere klasser kan danne baggrund for yderligere optimering. Slutteligt kunne det anbefales at tilføje flere SKU'er til den testede mængde, som der simuleres på. Som beskrevet i opgaven er resultatet forekommet på baggrund af 52 valgte SKU'er. Tilføjer man hele data sættet fra 25A i forhold til alle SKU'er kunne der forekomme yderligere fordele for NN.

Da NN i dag er en stor global virksomhed med mange lagre tilknyttet deres forskellige produktion enheder verden over, ligger der potentielt store muligheder for at videreføre denne forskning med henblik på yderligere optimering. Denne forskning vil blive overdraget til DFP

business support (Diabetes finish production) med henblik på at videreføre optimeringsøvelserne lokalt på andre fabrikker.

Litteratur liste

Kapitel 6

Artikler

1. Rein Peterson & Edward AC Silver: Decision Systems for Inventory Management and Production Planning
2. E.A. Silver, D.F. Pyke and R. Peterson: Inventory Management and Production Planning and Scheduling
3. Gérard P. Cachon: Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information
4. Wan Lung Ng: A simple classifier for multiple criteria ABC analysis
5. A. Hadi-Venchelm: An improvement to multiple criteria ABC inventory classification
6. Rachel Q. Zhang, Wallace J. Hopp, Chonawee Supatgiat: Spreadsheet Implementable Inventory Control for a Distribution Center
7. Heppner, P. Paul; Petersen, Chris H.: The development and implications of a personal problem-solving inventory.
8. Martha C. Cooper: Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy
9. Henk A Akkermans: The impact of ERP on supply chain management
10. Christopher P Holland: Cooperative supply chain management: the impact of interorganizational information systems
11. Barbara B. Flynn: The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach
12. Sridhar Tayur, Ram Ganeshan, Michael Magazine: Quantitative Models for Supply Chain Management
13. Ng, W. L.: A simple classifier for multiple criteria ABC analysis.
14. Caron, Franco; Marchet, Gino: The impact of inventory centralization/decentralization on safety stock for two-echelon systems
15. Evers, Philip T.: The impact of transshipments on safety stock requirements

16. Ramakrishnan Ramanathan: ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization
17. Peng Zhou: A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization
18. Ruud H. Teunter, M. Zied Babai and Aris A. Syntetos: ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs
19. Jamshidi, Hossein; Jain, Ajeet: Multi-Criteria ABC Inventory Classification: With Exponential Smoothing Weights

Bøger

1. Axsäter S.: Inventory control
2. David Simchi-Levi: Designing and Managing the Supply Chain
3. David Blanchard: Supply Chain Management Best Practice
4. Sunil Chopra: Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation
5. John Dougherty: Sales & Operations Planning - Best Practices
6. Max Muller: Essentials of Inventory Management
7. David J. Piasecki: Inventory Management Explained: A focus on Forecasting, Lot Sizing, Safety Stock, and Ordering Systems

Billags rapport

Kapitel 7

Forudgående historie til opgaven

Novo Nordisk har de seneste år haft svært ved at følge med efterspørgslen på store dele af deres insulin varianter. En række strategiske beslutninger, som set i bagklogskabens klare lys, nok ikke var de rigtige, sammenholdt med en efterspørgsel der har været højere end forventet, har gjort at NN de seneste år har været presset på deres leveringsevne. Da det gik op for ledelsen, for lidt over 2 år siden, satte de forskellige initiativer i gang. Alt sammen for at, imødekomme den stigende efterspørgsel.

Novo Nordisk har fra Q1 2013, til og med Q3 2014, måtte prioriter hvilke kunder som skulle have deres ordre til tiden, og hvilke som ikke skulle. På trods af den pressede leveringssituation, havde NN i denne periode kun 1 stock-out på et af deres produkter. Stock-outen var i Frankrig, og varede i 5 dage, og blev mitigeret ved at de lokale sundhedsmyndigheder i Frankrig holdt medicin tilbage kun til kritisk brug.

NN's fabrikker rundt om i verden blev alle beordret op på 21 skift (Alle ugens 7 dage 24 timer). En ældre fyldelinje i Kalundborg, blev med 6 måneders varslet beordret valideret og klargjort til produktion. Denne fabrik leverer nu også insulin til markedet.

En anden stor udfordring som ramte NN, var i 2012 hvor de modtog et "warning letter" fra de amerikanske sundhedsmyndigheder. Det betød med et, at fokus skiftede fra at omhandle cost reduction, til nu kun at omhandle compliance. Compliance er en afleder af ens måde, at efterleve GMP (Good Manufacturing Practis) regler på. NN's fyldefabrik i Bagsværd havde fået kritiske observationer, som FDA ville se løsninger på inden for 6 måneder. Der blev hyret Mckenzie konsulenter ind, for at få styr på de compliance-gab som var blevet observeret. Med et havde NN's rygte lidt et knæk, og de havde nu 6 måneder til at få re-certificeret deres licens, til fortsat at kunne sælge produkter på det amerikanske marked. Det amerikanske marked alene står ca. for 60 % af NN's omsætning, så det er meget vigtigt.

Med det enorme fokus på compliance, havde NN svært ved at få frigivet deres produkter. Dette skyldes flere faktorer, men blandt andet den enorme dobbeltkontrol som blev indført på

mange processer, gjorde frigelserne af produkterne tunge. Det betød lange interne lead time, fyldte interne lagre, og minimal fokus på flow. Med andre ord daglig brandslukning, og meget kort planlægningshorisont.

Ovenstående 2 episoder sammenlagt, skabte i en periode på godt 1 1/2 år, minimal stabilitet og daglig brandslukning. NN kunne så i Q3 2014 igen præsentere en grøn leverings- og lager situation hos alle deres kunder. Næsten alle compliance-gab var lukket, og der var ved flere lejligheder blevet konstateret ”high level of compliance”. Arbejdet forsætter dog med at højne compliance på alle fabrikker.

(Ovenstående er refereret fra mit business projekt ” Lead time reduction – FlexPen® Kalundborg” skrevet 08-06-2015)

Nyttig viden om Novo Nordisk

Indlednings vis vil jeg starte med at præsentere Product Supply, som er den del af NN som producerer insulinen:

Novo Nordisk – Produkt supply

Novo Nordisk (Herefter benævnt NN) kunne sidste år fejre sin 90 års fødselsdag som verdens førende leverandør af insulin. I dag behandles ca. halvdelen af verdens diabetiker med deres produkter fordelt på 17 forskellige insulin og hormon typer.

Novo nordisk har på nuværende tidspunkt +40.000 ansatte globalt hvoraf 25.000 arbejder i produkt supply (Herefter benævnt PS). PS er på nuværende tidspunkt lokaliseret 6 forskellige steder i verden med fabrikker i Kina, Rusland, Frankrig, Brasilien, USA og Danmark. I Danmark har NN 4 fabrikker som kaldes site Danmark (Herefter benævnt SDK). SDK er nerven af NN’s produktion da det er her nye produkter/processer udvikles. SDK fungerer derved som launch site af nye produkter, samt test sted for nye maskiner til vores øvrige supply chain. De 4 lokationer har hver deres speciale, men helt overordnet benævnes de henholdsvis som AP site (Asseptisk production) og FP (Finish production)

Følgende er en kort beskrivelse af de forskellige lokationer i Site Danmark - SDK:

Hjørring

NN har i Hjørring placeret en fabrik som producerer nåle til de forskellige devises som patienter har mulighed for at benytte.

Kalundborg

Fabrikken i Kalundborg kaldes for verdens største insulin fabrik da det er her ca. halvdelen af alt rå insulin kaldet API produceres. På fabrikken i Kalundborg er NN's søsterselskab Biopharm og Novozymes også lokaliseret. Processen starter med at man tager en aminosyre svarende til det menneskelige insulin, tilsætter det gærceller, hvorefter det begynder at "gro". Herefter renses man produktet og tørrer det ned, så det tilslut ligner og antager en form som kartoffelmel. Dette kaldes nu API (Active product ingredience). Den færdige API sendes nu ud til alle NN's fylde fabrikker, blandt andet fyldefabrikken i Bagsværd.

Bagsværd – NN's hovedkontor

Fabrikken i Bagsværd er NN's første og derved nu ældste fyldefabrik. Dette betyder på ingen måde den har gammelt forældet udstyr, snarret værdigmod. Det betyder derimod at alle NN's kunder har godkendt den til at måtte forsyne deres land med insulin. Derfor kaldes fabrikken også "blæksprutten", da den fungerer som backup for alle NN's andre fyldefabrikker. API'en ankommer fra Kalundborg i specielle kølebiler, da alt insulin skal holdes på 4 grader så længe som muligt. Herefter kommer det i et formuleringsrum hvor API'en blandes i nogle store tanke, primært med WFI vand. Herefter køres disse tanke frem til fyldemaskinerne som fylder insulin i små 3 ml glas penfill®. Slutteligt sendes samtlige penfill igennem en inspektions maskine som tager en masse billeder, både af selve penfill'en men også at det aktive stof og sammenholder dette med en standard fra en computer. Derved kan NN opretholde en næsten 100 % garanti til deres patienter at produktet er af højeste kvalitet. Efter endt inspektion køres de færdig produceret penfill på et kølelager og sendes så til enten til Hillerød eller tilbage til Kalundborg hvor FP linjerne holder til.

Hillerød

Nu er de nøgne penfill i kasser af 750 stk. og de er nu klar til at blive pakket til patienter verden rundt. Dette foregår både i Kalundborg og i Hillerød. På begge sites er der assembly linjer som monter NN's FlexPen®. Fabrikken i Hillerød fik i 2011 opstillet de nye assembly linjer til FlexTouch® som er efterfølgeren til FlexPen. Der er ligeledes pakkelinjer på begge sites. I Hillerød som er NN's motorvejs fabrik pakkes kun 5 og 10 stk. Hvorimod man i Kalundborg også kan pakke 1-2-3-5 og 10 stk. I Kalundborg har man yderligere 2 pakke linjer som kan pakke de nøgne penfill i 5 og 10 stk. blisterpak. Disse sælges til patienter som fx har en NovoPen®. NovoPen bliver monteret i Kina, og er en aluminiums pæn som patienten kan bruge mange gange. Man skal blot sætte en ny penfill i den når den gamle er tom. I Kalundborg har NN også sin ene assembly og pakke linje til Innolet. Innoletten er første generation af devises NN lancerede inden flexpen. Den ligner et stort æggeur og er derfor meget bruger venlig for specielt ældre mennesker som har svært ved at se.

(Ovenstående er refereret fra mit business projekt "Lead time reduction – FlexPen® Kalundborg" skrevet 08-06-2015)

Interview/møder

De beskrevne interviews / møder i opgaven var bygget op som et semistruktureret interview. Dette skulle sikre at der var plads til input omkring nye aspekter i forhold til problemstillingen.

Følgende personer er interviewet:

Jens Frost: Director for Sales & Operation Planning

Mette Huuse: Associate Manager for Shipping & Customer service

Lars Adrian Møller: Associate Manager for Global Sourcing

Dan Wiinberg Freisner: Associate Manager for warehouse 25A

Steen C. Hasselbalch: Director for Packaging 25A