



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi - RealTek

Veileder: Tor Kristian Stevik

Optimalisering av batchstørrelse i en næringsmiddelbedrift: en case- studie av Brynild Gruppen AS

Lot-size optimization in a sugar confectionery: a
case study of Brynild Gruppen AS

Jesper Poulin Hansen

Industriell Økonomi – Maskin- og produktutvikling

RealTek

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved fakultetet for Realfag og Teknologi (RealTek) ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2018. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng og er en avslutning på min femårige mastergrad i Industriell Økonomi.

Aller først vil jeg takke veilederen min, førsteamanuensis Tor Kristian Stevik, for gode faglige innspill gjennom hele masterperioden. Videre vil jeg takke forsyningsdirektør Mathias Holm og Brynild Gruppen for et godt samarbeid, diskusjoner og karrieretips. Jeg ønsker også å gi en takk til produksjonsplanlegger Anne Christine Berg for å svare en tidvis masete masterstudent. To andre som fortjener en takk er seniorforsker Bjarne Gjerde og Niklas Kalmar for bistand i SAS Studio. Jeg vil også takke Marthe for å ha holdt ut med en litt over gjennomsnittet travel kjæreste.

Sist, men ikke minst, tusen takk til Markus Kværner, Dag Birkeland og Tobias Glemming for fem fine år. Studietiden hadde ikke vært den samme uten dere.

Ås, 15 mai 2018

X

Jesper Poulin Hansen

Sammendrag

Sterk internasjonal konkurranse og konsolidert kundemasse innen norsk dagligvare stiller stadig større krav til effektivisering. Formålet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan matematisk programmering kan brukes til å optimalisere batchstørrelse sett fra et økonomisk perspektiv.

En case-studie av Brynild Gruppen AS har blitt utført for å finne optimal batchstørrelse i bedriftens sukkerproduksjon. Det har blitt brukt kvalitative og kvantitative metoder for å samle datagrunnlag til modell. Den kvalitative dataen består av estimater gjort av produksjonssjef og produksjonsplanlegger hos Brynild Gruppen. De kvantitative tallene er hentet fra produksjonsplanen og intranettet.

Det har blitt laget en modell i SAS Studio som finner optimal batchstørrelse fra et økonomisk perspektiv. Modellen har tatt utgangspunkt i eksisterende litteratur om optimering og EOQ-modellen. Objektsfunksjonen som minimaliseres består av stokastiske parametere, deterministiske parametere og beskrankninger. SAS Studio benytter en interior point algoritme for å løse det ikke-lineær optimeringsproblemet.

Resultatene viser at batchstørrelsen fra modellen differensierer fra de gjennomsnittlige batchstørrelsene hos Brynild Gruppen. Totalkostnadene som består av svinn, omstillings- og lagerkostnader er kartlagt. Resultatene viser at lagerkostnader står for den største prosentandelen av totalkostnaden. Videre analyse viser at det er dårlig samsvar mellom prosess og pakking. Det kan tyde på at pakkelinjen er en flaskehals, og fører til at det blir lagret mye varer på halvfabrikatalager. Resultatene tyder på at dette spesielt gjelder for Dent-pastiller, noe som også vises når det er svingninger i markedet. En investering på kapasiteten til pakkemaskinen bør dermed tas i betraktning.

Abstract

Strong international competition and consolidated customer base within Norwegian groceries have made a greater demand for efficiency. This master's thesis has the purpose to examine how mathematical programming can be used to optimize lot-sizing from an economic point of view.

A case study of Brynild Gruppen has been conducted to find the optimal lot-sizing in the company's sugar confectionery. Both qualitative and quantitative methods have been used to collect data for the model. The qualitative data consists of estimates made by the Production Manager and Production Planner at Brynild Gruppen. The quantitative numbers are derived from the production plan and the intranet.

A model has been created in SAS Studio that finds the optimal lot-sizing from an economic point of view. The model is based on existing literature on optimization and the EOQ-model. The object function that is minimized consists of stochastic parameters, deterministic parameters, and limitations. SAS Studio uses an internal point algorithm to solve the nonlinear optimization problem.

The results show that the lot-sizes from the model differs from the average batch sizes at Brynild Gruppen. Total costs, which consists of inventory, waste, and inventory costs, are mapped. The results show that storage cost accounts for the largest percentage of the total cost. Further analysis has shown that there is a mismatch between process and packing. This may indicate that the packaging line is a bottleneck, which results in a lot of goods being stored as semi-finished products. The results indicate that this is particularly true for Dent, which also appears when there are fluctuations in the market. An investment in the capacity of the packing machine should, therefore, be taken into consideration.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Problemstilling	2
1.2	Avgrensninger	2
2	Teori	3
2.1	Oppstart og omstilling	3
2.2	Lagerstyring	3
2.2.1	Batchstørrelse	3
2.2.2	Sikkerhetslager	4
2.2.3	Lagerkostnad	4
2.2.4	Kvardratrotsformelen (EOQ).....	4
2.2.5	Blokkplanlegging.....	6
2.3	Lean.....	7
2.3.1	Push-system	8
2.3.2	Pull-system	9
2.3.3	Lagerproduksjon	10
2.3.4	Ordreproduksjon.....	10
2.3.5	MTO-MTS.....	10
2.4	Optimering	11
2.4.1	Oppbygning av optimeringsmodeller	12
2.4.2	Objektsfunksjon.....	12
2.4.3	Variabler	13
2.4.4	Beskrankinger	13
2.4.5	Lineær programmering.....	13
2.4.6	Ikke-lineær programmering.....	14
3	Metode.....	15
3.1	Valg av design.....	15
3.2	Rammeverk for modellen.....	16
3.3	Datainnsamling	17
3.3.1	Kvantitativ innsamling	17
3.3.2	Kvalitativ innsamling	19
3.4	Optimaliseringsprogramvare.....	20
4	Beskrivelse av case-studien.....	22
4.1	Kartlegging av sukkerproduksjonen	22

4.1.1	Prosesslayout	23
4.1.2	Pakk-layout.....	25
4.2	Konkurransemarked	26
4.3	Datautvalg	26
5	Modellutforming	28
5.1	Prosessanalyse.....	28
5.1.1	Batchstørrelse kapasitet	28
5.2	Forutsetninger for optimeringsmodell	28
5.2.1	Parametere	28
5.2.2	Deterministiske parametere	29
5.2.3	Stokastiske parametere	29
5.3	Modellutforming	30
6	Resultater	33
6.1	Batchstørrelse fra simulering i SAS Studio	33
6.1.1	Optimal batchstørrelse og totalkostnad	33
6.1.2	Lager, omstilling og svinnkostnader	34
6.1.3	Skift og kapasitetsbegrensninger	36
6.2	Gjennomsnittlig batchstørrelse hos Brynild Gruppen.....	38
6.2.1	Batchstørrelse og totalkostnad.....	38
6.2.2	Kostnader ved gjennomsnittlig batchstørrelse.....	40
6.2.3	Skiftkapasitet for produksjon ved gjennomsnittlig batchstørrelse	41
6.3	Sammenligning av modell og dagens situasjon	44
6.3.1	Differanse i batchstørrelse	44
6.4	Scenarioanalyse.....	45
6.4.1	Dobbel etterspørsel	46
6.4.2	Skiftkapasitet dobbel etterspørsel	47
6.4.3	Halvering av etterspørsel	48
6.4.4	Skiftkapasitet halv etterspørsel	50
6.4.5	Optimal batchstørrelses intervall	51
7	Diskusjon.....	54
7.1	Metodisk tilnærming.....	54
7.2	Modell og datagrunnlag	55
7.3	Utdata	57
7.3.1	Batchstørrelse	57

7.3.2	Kostnadsdrivere	58
7.3.3	Prosess- og pakkekapasitet	59
7.3.4	Scenarioanalyse	60
7.4	Optimering	60
7.5	Generalisering	62
7.6	Videre arbeid	62
8	Konklusjon.....	65
9	Referanser	66
10	Vedlegg.....	i
10.1	Programmeringskode	i
10.2	25 % bedre kapasitet på pakkelinjen.....	ii

Figurliste

Figur 1 Viser EOQ modellen ved lagernivåets utvikling over tid. Den stiplede linjen viser også gjennomsnittlig lagerbeholdning. Egen tilvirkning fritt etter Slack et al. (2013).....	5
Figur 2 Viser et push kontrollsystem hvor varene blir pushet til neste steg i prosessen uavhengig av hva den faktiske etterspørselen er i neste ledd. Hentet fra Slack et al. (2013)	9
Figur 3 Viser et pull-system hvor varene blir sendt videre i prosessen ved at stasjonen foran etterspør nye varer. Hentet fra Slack et al. (2013).....	9
Figur 4 Viser sammenhengen mellom de forskjellige elementene som en optimeringsmodell består av. Hentet fra Fauske (2008).....	12
Figur 5 Viser trinnene i prosess hos Brynild Gruppen sin sukkerproduksjon.	23
Figur 6 Viser hvordan flytprosessen fra prosess til pakking i sukkerproduksjonen. Det vises også hvordan det sendes videre til ferdigvarelageret i Moss. Hentet fra (Brynild Gruppen, 2018)	25
Figur 7 Viser prosentvis hvor mye lager, omstilling og svinn står for av totalkostnaden knyttet til produksjonen.	36
Figur 8 Viser hvor stor prosentandel lager, omstilling og svinn utgjør av totalkostnadene..	41

Tabelliste

Tabell 1 Viser en oppsummering av parameterne som er funnet under den kvantitative datainnsamlingen. Tabellen viser også enhetsbenevningene til de forskjellige parameterne.	18
Tabell 2 Viser en oppsummering av parameterne som er funnet under den kvalitative datainnsamlingen. Tabellen viser også enhetsbenevningene til de forskjellige parameterne.	20
Tabell 3 Viser de forskjellige pakkelinjene og hvilke produkter som kan pakkes hos de respektive pakkelinjene.	25
Tabell 4 Viser en oversikt over hvilke produkter det er ønskelig å gjøre en analyse på knyttet til optimal batchstørrelse.	27
Tabell 5 Viser optimal batchstørrelse og totalkostnad knyttet til hvert produkt som har blitt funnet i optimeringsprogrammet laget i SAS Studio.	33
Tabell 6 Viser kostnadene som er knyttet til totalkostnaden for et produkt gitt optimal batchstørrelse. Her gitt ved lager, omstilling og svinnkostnader i kroner.	34
Tabell 7 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte etterspørselen til produktet.. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av kapasiteten i prosess og pakking.	37
Tabell 8 Viser den gjennomsnittlige batchstørrelsen i kilogram på et årlig perspektiv. Totalkostnadene knyttet til produksjonen av hvert enkelt produkt er også oppgitt i kroner.	39
Tabell 9 Viser kostnadene knyttet til produksjon av produktene. Her gitt ved lager, omstilling og svinnkostnader gitt i kroner.	40
Tabell 10 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte etterspørselen til et produkt. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruk av kapasiteten i prosess og pakking.	42
Tabell 11 Viser forskjellen batchstørrelse i kilogram funnet av modell og batchstørrelse som kjøres hos Brynild Gruppen i kilogram. Det vises også differansen mellom funnet fra modell og virkeligheten gitt i kilogram og prosent.	44
Tabell 12 Viser optimeringsmodellens optimale batchstørrelse i kilogram og totalkostnaden knyttet til hvert produkt når etterspørselen er endret til det dobbelte.	46

Tabell 13 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte en dobling i etterspørsel.. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av to skift i prosess og pakking.	47
Tabell 14 Viser batchstørrelsen i kilogram og totalkostnaden i norske kroner. Batchstørrelsen gitt er ved halvering av etterspørselen.	49
Tabell 15 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte en halvering i etterspørsel.. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av to skift i prosess og pakking.	50
Tabell 16 Viser minimal, normal og maksimal batchstørrelse i kilogram. Dette når etterspørselen er henholdsvis halvert, normal og dobbel.	52

1 Innledning

Sterk internasjonal konkurranse og konsolidert kundemasse innen norsk dagligvare gjør stadig økende effektivisering viktig (Roberts et al., 2015). Hvor mye som skal produseres med tanke på kapitalbinding på lager, omstillinger og ukurans er en utfordrende problemstilling for produksjonsbedrifter (Slack et al., 2013). Kundene i forbrukermarkedet forventer variasjon, gode priser, høy kvalitet og lav responstid ved levering av vare (Hopp & Spearman, 2011).

Brynild Gruppen (BG) er et familieeid selskap som produserer snacks og godteri på fabrikken sin i Fredrikstad. Her produseres det kjente merkevarer som Den Lille Nøttefabrikken, Minde sjokolade, St. Michael og Dent. Årlig omsetning er på 760 millioner norske kroner, der 90% av omsetningen skjer i Norge (Intern Bedriftspresentasjon Brynild Gruppen, 2018). Brynild Gruppen opererer i en Fast Moving Consumer Goods (FMCG) bransje, hvor prognostisering kan være vanskelig. Mye av salget er impulsbasert og varene skal være raskt på plass i butikkhyllene (Hamister, 2007). Det er derfor viktig å kunne være konkurransedyktig på pris, samt leveringspålitelig.

Tidligere studier fra Constantino (1996); Jans og Degraeve (2008); Karimi et al. (2003), har vist hvordan utfordringer med batchstørrelse kan løses med hjelp av matematiske modeller og optimaliseringsprogramvare. Bruk av matematisk programmering kan benyttes til å optimalisere batchstørrelser fra et økonomisk ståsted. En slik optimalisering vil kunne minimalisere total kostnaden og dermed maksimere profitten (Rardin, 2016).

Kostnader knyttet til batchstørrelsen i sukkerproduksjonen har tidligere ikke blitt analysert hos Brynild Gruppen. Det var derfor ønskelig av Brynild Gruppen å kartlegge kostnadene knyttet til batchstørrelse. Med utgangspunkt i tidligere forskning Brahim et al. (2006); Jans og Degraeve (2008) om optimalisering, var det ønskelig å lage en optimeringsmodell som tok hensyn til og balanserer kostnadsdriverne i bedriftens sukkerproduksjon. Modellen vil være en del av videre arbeid med optimering hos Brynild Gruppen. Den vil kunne gi en indikator på hvilke steder i produksjonen som har et forbedringsbehov. Det er også hensiktsmessig om modellen kan hjelpe produksjonsplanlegger med planlegging av batchstørrelse i den daglige driften.

1.1 Problemstilling

Formål med denne oppgaven er å undersøke hvordan matematisk programmering kan brukes til å optimalisere batchstørrelse sett fra et økonomisk perspektiv. Det vil også bli gjort en analyse på batchstørrelsens økonomiske påvirkning i sukkerproduksjonen. Modellen skal ta hensyn til kostnadene knyttet til lager, omstilling og svinn. Da case-studier ofte er spesifikke for den problemstillingen det blir sett på er det viktig å spesifisere at modellen vil gjelde for Brynild Gruppen (Easton, 2010).

Følgende problemstilling er valgt:

- Hvordan kan Brynild Gruppen optimalisere batchstørrelsene i sukkerproduksjonen i et økonomisk perspektiv?

Problemstillingen forsøkes besvart gjennom følgende forskningsspørsmål:

1. Hvordan kan optimal batchstørrelse bestemmes ved bruk av en optimeringsprogramvare?
2. Hva er optimal batchstørrelse i sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen?
3. Hvordan påvirker batchstørrelsene total kostnadene?
4. Hvordan håndterer produksjonsanlegget batchstørrelsene og svingninger i markedet?

1.2 Avgrensninger

Følgende begrensninger er tatt med henhold til tidsaspektet for studiet:

- Sesongvarer er ikke tatt med. Det har bare blitt sett på produkter som har en helårlig produksjon.
- Det er ikke tatt hensyn til produksjonsrekkefølge.
- Etterspørselen for produkter er satt til å være konstant.
- Tar ikke hensyn til ledetiden mellom prosess og pakking.
- Opererer med konstant lagerkostnad.
- Det er teoretiske kapasiteter i prosess og pakking som er benyttet.

2 Teori

I dette kapittelet vil det bli lagt et teoretisk rammeverk for oppgaven. De teoretiske begreene skal ligge til grunn for å svare på problemstilling og forskningsspørsmålene vil bli forklart.

2.1 Oppstart og omstilling

Oppstart er et teoretisk begrep som er aktuelt i forhold til produksjonsplanlegging. Constantino (1996) omtaler oppstart som noe som oppstår når en maskin starter å produsere eller ved omstillinger mellom to forskjellige produkter. Dette betyr at maskinen bytter om til et produkt som ikke ble produsert i forrige periode. En oppstart er knyttet til de maskinelle justeringene, rengjøring og forberedelsene som er nødvendige før noe skal produseres (Belvaux & Wolsey, 2001).

Omstillingstid er relatert til oppstart og kan defineres som den tiden det tar å skifte mellom to forskjellige produkter (Belvaux & Wolsey, 2001). Det vil si at produksjonen går direkte fra et produkt til et annet, så må det settes opp et nytt produkt med en ny oppstartstid. Forskjellen mellom oppstart og omstilling, er at omstilling vanligvis er rekkefølgeavhengig mens oppstart ikke nødvendigvis trenger å være det (Wolsey, 2002). I mange industrier er dermed omstillingstid totaltiden det tar å det tar å utføre omstillingen, og den tiden det tar for å få linjen til å produsere med full effekt (Belvaux & Wolsey, 2001).

2.2 Lagerstyring

2.2.1 Batchstørrelse

Hvor mye man skal produsere av et enkelt produkt avhenger ofte av oppstart- og omstillingskostnader knyttet til produktet. Høye oppstartskostnader og tider knyttet til oppstart gjør det gunstig å produsere en større batchstørrelse når produksjonen først er satt i gang. Dette gjør dog at lagerkostnadene øker og det er dermed vanskelig å avgjøre hvor stor produksjonsstørrelsen bør være. Batchstørrelsen må også tilfredsstille det etterspørselsprognosene tilsier at den skal dekke. Alt dette er ønskelig å oppnå samtidig som man minimaliserer produksjon, omstilling- og lagerkostnadene (Brahimi et al., 2006).

2.2.2 Sikkerhetslager

Lager er eksisterende i en forsyningskjede på grunn av usikkerheten mellom etterspørselen i markedet og det som en bedrift har muligheten til å levere (Chopra & Meindl, 2016). Slack et al. (2013) mener at sikkerhetslager brukes når etterspørselen overstiger etterspørselen som prognosene har kommet frem til. Dette fører til at det kan ta lenger tid før en har mulighet til å produsere et nytt parti med varer og må bruke sikkerhetslageret i mellomtiden for å opprettholde servicenivået som er satt. Slik kan en handelsbedrift møte etterspørselen i markedet selv om etterspørselen varierer. Hvor høyt sikkerhetslageret skal være vil være basert på bransjen det arbeides i, og hvor høy usikkerhet det er i salg. Det er viktig at sikkerhetslageret greier å dekke etterspørselen som oppstår i ledetiden til et nytt vareparti (Chopra & Meindl, 2016).

2.2.3 Lagerkostnad

Med lagerkostnaden menes de varene som direkte kan knyttes til de fysiske lagrede varene til en bedrift. Det er ofte knyttet store varekostnader til å fysiske lagre varer som går på bekostning av andre investeringer. Dette på grunn av at det kreves kapital for å produsere samt kjøpe nye varer. Minimering av lager øker bedriftens kapital på sikt. Det vil derfor være et spørsmål om forholdet mellom hvor mye tapt salg vil koste, mot sjansen for at varen går ut på dato (Chopra & Meindl, 2016).

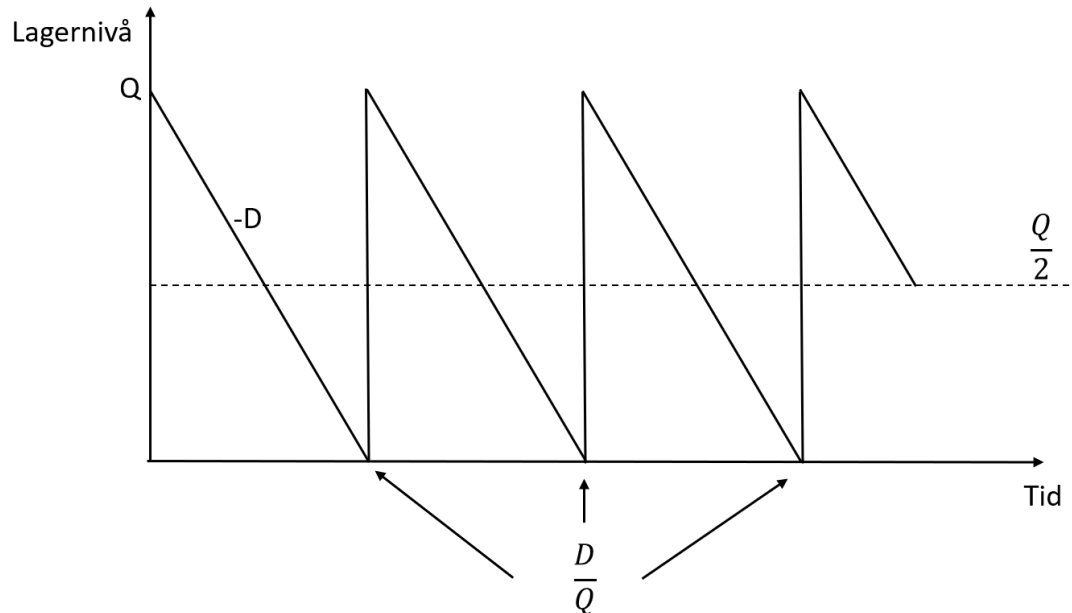
Lagerkostnaden vil være fordelt på flere kostnader, som eksempelvis materialhåndtering, lagerkostnader, forsikring og holdbarhet. Lagerholdkostnaden er ofte presentert som en lineær funksjon. Verdien av antall varer som befinner seg på lageret bestemmes som lagerrenten multiplisert med verdien av ferdigvaren (Olhager, 2000). Faste lagerkostnader kan ifølge Van Vyve og Ortega (2004) være lurt i et produksjonsmiljø som har en kompleks lagring av varene sine, og hvor det er begrensninger på kombinasjoner av produkter som kan lagres sammen.

2.2.4 Kvardratrotsformelen (EOQ)

EOQ-modellen er den mest fundamentale lagerstyringsmodellen (Nahmias, 2001). EOQ-modellen er en populær tilnærming for å kalkulere hvor mye av et produkt som skal bestilles, når lagernivået har nådd et visst nivå. Her blir de positive og negative sidene knyttet til økt lager vektet mot hverandre og balansert. Selv om modellen i seg selv ikke er kompleks, så er den en basis for mer komplekse tilnærminger (Slack et al., 2013).

EOQ-modellen legger disse forutsetningene til grunn:

1. Etterspørselen (D) er konstant og kjent.
2. Ordrekostnaden (K) er kjent.
3. Lagerkostnaden per enhet (H) er konstant og kjent.
4. Alt av varer blir flyttet fra fabrikk til lager samtidig.



Figur 1 Viser EOQ modellen ved lagernivåets utvikling over tid. Den stiplede linjen viser også gjennomsnittlig lagerbeholdning. Egen tilvirkning fritt etter Slack et al. (2013)

Figur 1 viser EOQ modellen sitt karakteristiske mønster for hvordan lagernivået blir påvirket av etterspørsel og tid. Ordrestørrelsen (Q) blir laget til en viss størrelse og med en fast etterspørsel (D) blir lagerbeholdningen sakte, men sikkert lavere. Når det når et visst nivå vil det igjen bli lagt inn en ny bestilling, og Q kommer tilbake til sitt opprinnelige nivå. Den totale kostnaden for en enhet (C) avhenger av antall bestillinger eller produksjoner og gjennomsnittlig lagerkostnad basert på lagrede enheter (Olhager, 2000).

$$C = K \frac{D}{Q} + H \frac{Q}{2} \quad (1)$$

Økonomisk ordrekvantum er gitt ved:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{H}} \quad (2)$$

Leveringsfrekvensen er gitt ved:

$$\text{Leveringsfrekvens} = \frac{D}{Q} \quad (3)$$

Total relevant kostnad knyttet til lager og produksjonskostnad er gitt ved formel (1). Her vises kostnadene knyttet til antall produksjonganger og gjennomsnittlig lagerbeholdning, samt kostnader knyttet til disse. EOQ-formelen (2) viser økonomiske ordrekvantumet som en får ved å derivere kostnadsfunksjonen (1) med hensyn på ordrestørrelsen. Dette gir den optimale ordrestørrelsen (Q^*). Leveringsfrekvensen (3) vil påvirke totalkostnadene ved at kostnadene på bestillingen vil øke jo hyppigere enn bestiller varer (Nahmias, 2001).

Slack et al. (2013) diskuterer sensitiviteten til EOQ-modellen. Her vises det til at små feil i estimering av lager og bestillingskostnad ikke vil føre til et stort avvik fra den virkelige EOQ. Et lite avvik er gunstig med tanke på at lager- og bestillingskostnader ofte er vanskelige å estimere i praksis.

En svakhet med denne modellen er at den fungerer best på de varene som har en veldig stabil etterspørsel i og med at dette er en forutsetning. Mye av kritikken mot EOQ kommer også fra det Japansk inspirerte LEAN og JIT-filosofiene. Kritikken kommer på grunn av at EOQ tar som en forutsetning at det er faste kostnader knyttet til varene. Dette fører til at administrasjonen fokuserer på å finne riktig kostnad i stedet for å rette fokuset på hvordan de kan endre disse kostnadene (Slack et al., 2013).

2.2.5 Blokkplanlegging

Blokkplanlegging er en strategi hvor det defineres en forhåndsbestemt produksjonsrekkefølge (Olhager, 2000). En produksjon har ofte en naturlig rekkefølge på produksjonen. Dette kan være alt fra produktets grunnmasse til fargeoverføring mellom produkter. Det er derfor praktisk å legge de produktene som har en naturlig rekkefølge

sammen slik at omstillingstidene i produksjonen blir minimal. Produksjonens start har en stor oppstartstid for blokken, men med en lav omstillingstid mellom produktene i blokken. Når blokken med produkter er ferdig, vil det følge en ny stor omstilling for den nye blokken med produkter (Günther et al., 2006).

2.3 Lean

Wig (2014) definerer Lean som en filosofi for å levere kundeverdi og verdi for brukeren med minimalt tap og sløsing i prosessen. Dette gjennom at man etablerer systemet med god flyt og visuell styring. En slank produksjon ved hjelp av flyt og just in time (JIT) produksjon, vil i mange tilfeller føre til minimaliserte lager, og kostnader knyttet til ressursbruk. Lean handler i stor grad om å skape en kultur som tar for seg disse trinnene og som arbeider med kontinuerlig forbedring.

For at det skal være mulighet å dekke kundens behov med tanke på riktig pris, tid og sted, må verdikjeden fokusere på kundens etterspørsel på kvalitet, timing og mengde. Med verdikjeden menes de aktivitetene og aktørene som er med på å tilfredsstille kundens behov (Womack et al., 1991). Alle prosesser som ikke skaper noen verdi for kunden i verdikjeden vil da bli sett på som ikke-verdiskapende aktiviteter. Disse aktivitetene er unødvendige og belastende for verdikjedens flyt. Aktivitetene bør derfor fjernes med henhold til Lean-teori, som igjen viser at det er kunden som styrer verdikjedens aktivitet (Rother et al., 2003). Det er viktig å finne ut hva som er verdiskapende i kjeden, og involvere alle aktører som tilhører verdikjeden er derfor helt essensielt.

Mye av problemene i verdikjeden kan elimineres ved fokus på flytprosesser. Med flyt menes at tid og ressurser ikke skal brukes uten at det faktisk tilfører en verdi for kundens enhet. Problemer som mellomlagre, venting og feilproduksjon er ofte knyttet til problemer med flyt i verdikjeden. Flytenheten kan være alt fra mennesker til fysiske produkter og avhenger av hvilken type verdikjede det er snakk om. I en produksjonsbedrift vil flytenheten være et produkt. Det å oppnå en god flyt i en stor verdikjede, setter store krav til kulturen og ledelsen (Modig & Åhlström, 2014).

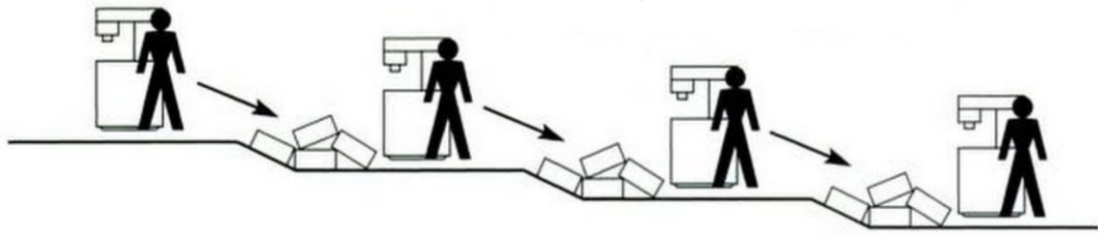
Modig og Åhlström (2014) diskuterer også hva verdiskapende aktiviteter i en verdikjede kan være. Aktivitetsskapende aktiviteter for en sjokoladeprodusent vil være kakaomasse,

nedkjøling av sjokolade og transport til lageret. Dette er prosesser som gir merverdi for kunden, mens ikke-verdiskapende aktivitet vil her være mellomlagring og venting mellom de ulike prosesstrinnene. Det er derfor viktig å huske at en skal se på flyteeffektiviteten og ikke ressurseffektivitetene.

Det er viktig å være der verdien skapes for kunden. Wig (2014) omtaler dette i et Lean perspektiv som Go to Gemba . Dette tar for seg viktigheten av å være tilstede og observere der verdiene skapes mellom menneskene og enhetene som skal produseres. Mange ledere for bedrifter stoler og bruker mye tid på å lese dokumentasjon samt se på historisk data som grunnlag for å forstå prosessene. Det er viktig å tenke på at denne tilnærmingen ikke kan erstatte direkte observasjon som en metode for å få et riktig bilde. Indirekte data i form av dokumentasjon og historisk data gir et inntrykk av hva som har skjedd, mens Go to Gemba vil korte inn avstanden til tid.

2.3.1 Push-system

Karmarkar (1989) definerer push kontrollsystem i produksjon som at en fokuserer på den fremtidige etterspørselen av varer. Her blir varene pushet gjennom produksjonsstasjonene uten noen form for hensyn til at neste arbeidsstasjon har behov for varene. Bruk av datavareprogram gjør ofte denne flyten enklere, men det teoretiske bildet av situasjonen differensierer ofte fra virkeligheten. Dette fører blant annet til at det lett kan oppstå køer i produksjonen og store varelagre (Slack et al., 2013).



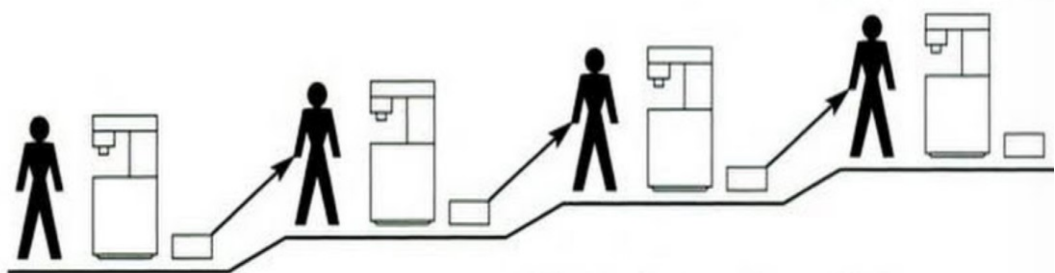
Figur 2 Viser et push kontrollsystem hvor varene blir pushet til neste steg i prosessen uavhengig av hva den faktiske etterspørselen er i neste ledd. Hentet fra Slack et al. (2013)

Som Figur 2 viser og som nevnt tidligere kan lett oppstå køsystem ved at den faktiske etterspørselen i neste ledd og vareflyten i systemet ikke stemmer overens.

Et system som ofte brukes i push systemer er Materials Requirements Planning (MRP). Her vil batchstørrelsen hovedsakelig være basert på prognoser for fremtidig etterspørsel. MRP systemet hjelper til å holde system på råvarer som er i produksjonen og gir beskjed når det må bestilles inn mer materiale i forhold til fremtidig etterspørsel. Datasystemet er avhengig av nøyaktig og god data blir lagt inn, slik at systemet gjenspeiler virkelighet slik at materiallageret kan møte etterspørsel (Nahmias, 2001).

2.3.2 Pull-system

Pull er en produksjonsfilosofi som fokuserer på nåværende etterspørsel av varer (Karmarkar, 1989). Her flyter varene i produksjonskjeden ved at stasjonen videre etterspør nye varer. Varen i en pull system kan ikke flyte naturlig videre uten at det er en faktisk etterspørsel etter varen og lager oppstår dermed ikke like lett (Slack et al., 2013).



Figur 3 Viser et pull-system hvor varene blir sendt videre i prosessen ved at stasjonen foran etterspør nye varer. Hentet fra Slack et al. (2013)

Som Figur 3 viser hvordan systemet, som nevnt tidligere ikke har en naturlig flyt, men er basert på faktisk etterspørsel i neste ledd. JIT er et system som brukes i produksjonsbedrifter hvor det er stort fokus på å redusere batchstørrelse og unødvendig oppbygning av lager. Innføring av en god JIT strategi vil føre til at varer i arbeid og lagerkostnader knyttet til materiale senkes til et minimum. Essensen i strategien er å minimisere ikke verdiskapende prosesser. Det settes derfor høye krav til ledelsen til arbeidere for å implementere JIT strategien i en produksjon. Dette på grunn av at mindre batchstørrelser krever høyere effektivitet og krav til produksjonsprosessens pålitelighet (Nahmias, 2001).

2.3.3 Lagerproduksjon

Lagerproduksjon (MTS) er en produksjonsteknikk som brukes for produksjonsbedrifter der det er gode prognoser på etterspørselen. MTS blir brukt der en produserer varer med lav variasjon med et høyt produksjonsvolum. Her ligger fokuset på å treffe prognosene som er gitt til produksjonsavdelingen. Dette fører til at en produserer nok varer til å dekke etterspørselen som er gitt. For å dekke etterspørselen blir det derfor viktig å sette høye krav til lagerstyring, batch-størrelse og gode prognoser. Det kan også være hensiktsmessig å produsere MTS produkter når det er lav etterspørsel etter andre varer som ikke er prognosert (Arreola-risa & DeCroix, 1998).

2.3.4 Ordreproduksjon

Ordreproduksjon (MTO) strategi er hensiktsmessig å bruke for produkter som er kundespesifikke. Disse produktene er ofte dyre å produsere. Her har kunden store muligheter til å selv påvirke hvordan varen skal være da den ofte ikke er standardisert. Produksjonsplanleggingen av MTO er som forkortelsen sier trigget av fysiske ordre og ikke prognoser. Det er derfor viktig at disse produktene holder ledetiden lav og kvaliteten høy for å være konkurransedyktige (Koch & Lödding, 2014).

2.3.5 MTO-MTS

En kombinert MTS og MTO produksjonssystemet er populært i næringsmiddelbedrifter. Her sammenkobles de to MTS og MTO strategiene til en hybrid. Denne strategien er populær i næringsmiddelbedrifter da verdikjeden deres kan være kompleks, har mange forskjellige produkter og krever rask levering til markedet (Soman et al., 2004). MTO-MTS fører dermed til at en kan produsere MTS produkter i tider der MTO produkter ikke

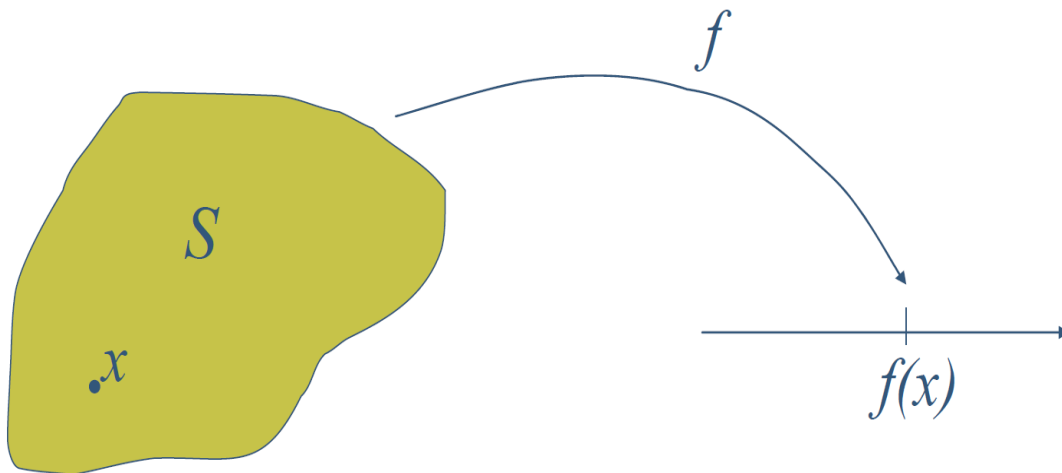
har så høy etterspørsel. Det bør fortsatt stilles spørsmål til hvor mye som skal lagres med tanke på holdbarhetsdatoer og etterspørsel i markedet (Hopp & Spearman, 2011).

Hvilke produkter som skal produseres ved bruk av MTS og MTO er en utfordring som må kartlegges. Dette er et strategisk spørsmål som er knyttet til design og produksjonsplanleggingen. Det må kartlegges hvordan produkttegenskapene og etterspørselen i markedet skal balanseres. Balansen mellom hvor lenge en kan utsette produksjon og lagring av MTS produkter er viktig (Soman, 2018).

2.4 Optimering

I naturvitenskap blir det ofte brukt matematikk som hjelpemiddel til å analysere fenomener i verden. Optimering handler om å finne maksimum- og minimumsverdier for problemer som er definert (Hillier & Hillier, 2013). Dette er også en svært utbredt tilnærming innenfor mange ulike fagområder som blant annet transport, logistikk, økonomi og industri. Optimering kan være en egnet løsningsmetode der problemet kan begrenses og konkretiseres nok til at det kan uttrykkes i en matematisk modell. Ofte er det også slik at problemet som skal løses er for komplekst å løse manuelt, på grunn av at antall mulige løsninger blir for stort. Det er også et viktig aspekt at leseren ofte kan ha vanskeligheter med å lese den matematiske formulering, og at kommunikasjon derfor er viktig. En optimeringsmodell kan bestå av en objektsfunksjon, variabler og sett med beskrankninger (Fauske, 2008).

2.4.1 Oppbygning av optimeringsmodeller



Figur 4 Viser sammenhengen mellom de forskjellige elementene som en optimeringsmodell består av. Hentet fra Fauske (2008).

2.4.2 Objektsfunksjon

Fauske (2008) omtaler det å finne optimal verdi for objektsfunksjonen som et problem, der en enten skal finne minimalverdier eller maksimumsverdier. Hvis det er en form for kostnad vil objekt funksjonen minimaliseres, men hvis det er snakk om gevinst vil funksjonen bli maksimert.

I mange tilfeller kan det også slik at det er flere objektsfunksjoner som ønskes å optimeres samtidig. Dette innebærer at en ønsker å få ut det den optimerte løsningen basert på alle kriteriene. Det er da bedre å få formulert en enkelt objektsfunksjon og la de andre kriteriene være beskrankninger (Brahimi et al., 2006).

Vektet sum

Vektet sum er en metode som kan brukes for å slå sammen objektsfunksjonene ved hjelp av vektorer. Dette vil gi en balansert løsning, men dog vil vektingen ha mye å si for hva som blir optimal løsning (Rardin, 2016).

Goalsprogrammering

Dette er en av de mest brukte metodene for optimeringsproblemer hvor en har flere objektsfunksjoner. Her vil det bli definert terskelverdier som objektsfunksjonene skal være bedre enn og som har som mål at funksjonen skal være så nære disse verdiene som mulig (Rardin, 2016).

2.4.3 Variabler

Variabler omtales ofte som beslutningsvariabler og er en beskrivelse av alternativer som kan velges for å oppnå best mulig løsning. I et optimeringsprogram vil det alltid være en beslutningsvariabel avhengig av problemet skal løses (Fauske, 2008).

2.4.4 Beskrankinger

Begrensningene for hvilke verdier variablene kan ha blir satt av beskrankningene til optimeringsmodellen. Beskrankningene blir formulert som likninger, ulikheter eller heltallsbeskrankninger. Heltalls-beskrankningene sier blant annet at variablene kun kan ha heltallsløsninger. Om en begrensning er lineær eller ikke avhenger av om den er en sum av variabler som er i første potens eller ikke (Fauske, 2008)

2.4.5 Lineær programmering

Rardin (2016) omtaler lineære programmeringsproblemer (LP-problemer) som lineære, kontinuerlige og begrensede optimaliseringsproblemer. Slike problemer blir formulert og løst med en lik type løsningsalgoritmer. På en generell basis kan en si at LP-problemer skal løse problemer som har tilgang på begrensede ressurser. Lineærprogrammering foregår ofte innenfor produksjonsplanlegging. Det er ofte problemer hvor det er ønskelig å minimere kostnader for at profitten skal maksimeres. Objektivfunksjonen vil da uttrykke gevinst av salg, og beskrankningene vil være bruk av ressurser (Fauske, 2008).

For å løse lineære problemer kan det brukes en simplex-solver. En Simplex-solver beveger seg fra toppunkt til toppunkt. På veien endrer den et og et sett med begrensninger helt til den finner et optimalt toppunkt er funnet. Simplex metoden dominerte lineærprogrammering fra den ble oppfunnet (Forsgren et al., 2002).

2.4.6 Ikke-lineær programmering

Hillier og Hillier (2013) beskriver ikke-lineære programmeringsmodeller som liknende oppbygning som lineære modeller med et par hovedforskjeller. Lineære modeller inneholder kun matematiske uttrykk som er lineære, mens ikke-lineære modeller inneholder minst et matematisk uttrykk som er ikke-lineært. Dette kan ofte bare være et uttrykk i modellen og er i mange tilfeller objektsfunksjonen. Med algoritme menes det en liste med instruksjoner som skal til for å løse et problem (Ye, 1996).

Fauske (2008) skriver at det ikke finnes kun en algoritme som kan løse alle typer ikke-lineære problemer, men at et fellestrekk for denne type problemer er at de alle baserer seg på søk. Det er først om fremst hvordan dette søket blir gjort som er forskjellen på algoritmen som brukes. Ikke-lineære problemer som har beskrankninger er mer komplisert enn de som ikke har beskrankninger. Her befinner utfordringen seg i å finne et startpunkt for søket, samt at søket holder seg innenfor de gitte rammene.

Nonlinear Programming solver (NLP)-solver, er en solver som kan løse ikke lineære optimaliseringsproblemer med ulikhetsberegninger i begrensningene. Et NLP-problem kan ha et enkelt unikt minimum eller det kan ha flere minimumer basert på hvilke funksjoner som er tatt med i modellen. For at et NLP-problem skal ha et unikt minimum må ulikhetsbegrensningen være lineære, ulikhetsbegrensningene være konkave og objektsfunksjonen konveks (Bazaraa et al., 2013). Alle andre typer NLP-problemer vil være ikke-konvekse og inneholde mer enn et unikt minimum som omtales som lokalt minimum. NLP-solveren finner det unike minimumspunktet av det konvekse programmet og det generelle minimumspunktet i et generelt NLP-problem. NLP-solveren er også utstyrt slik at den greier å finne det globale minimumspunktet også når det er snakk om flere ulike lokale minimumspunkter slik som forekommer i de generelle NLP-problemene (Akrotirianakis & Rustem, 2005).

Forsgren et al. (2002) skriver videre at ikke-lineære problemer ofte er konkave eller konvekse og dermed kan det garanteres for det ved et slikt problem er et globalt maksimum eller minimum. I matematisk optimalisering er Karush-Kuhn-Tucker (KKT) -betingelsene nødvendige når en skal få frem en optimal løsning i ikke-lineær programmering. Ved at en har ulikhetsbegrensninger kan en bruke KKT-tilnærmingen for å generalisere den ikke-lineære fremstillingen.

3 Metode

Det har i denne oppgaven blitt utført en case-studie av Brynild Gruppens sukkerproduksjon i Fredrikstad. Det har ved interne aktiviteter blitt kartlagt hvordan produksjon per dags dato er utformet og hvilke faktorer som er store kostnadsdriverne knyttet til batchstørrelse. Den kvantitative informasjonen knyttet til produksjonen er hentet fra SAP-systemet og intranettet til Brynild Gruppen. Den kvalitative informasjonen er hentet fra observasjoner og erfaring gjort av produksjonssjef og produksjonsplanlegger hos Brynild Gruppen. Funnene har deretter blitt analysert for å se hvordan disse kan knyttes opp mot en optimaliserings-modell for batchstørrelse i sukkerproduksjon. Det er benyttet SAS Studio sin optimaliseringsprogramvare for å programmere den ikke-lineære optimaliseringsmodellen.

3.1 Valg av design

Designet for oppgaven er valgt med hensyn til hva som er hovedformålet med oppgaven. Da oppgaven er i stor grad knyttet til den spesifikke produksjonen som skjer i sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen, er det valgt å utføre en case-studie. Denne tilnærmingen er foretrukket når det hele tar for seg spørsmål som inneholder «hvorfør» og «hvordan» samt har kontekst i det virkelige liv (Yin, 2011).

Easton (2010) definerer en case-studie som en studie relatert til et spesifikt scenario. Case-studie som forskningsmetode vil dermed gi et sett med begrensninger og muligheter. Dette gjelder da spesifikt statistisk analyse som er mulig å gjøre med det representative utvalget en vil få i en case-studie.

I følge Baxter og Jack (2008), kan det være vanskelig å rapportere en case-studie med tanke på den komplekse tilnærmingen som ofte foregår her. Det er derfor viktig at det rapporteres konsist og på en måte som gjør at leseren kan sette seg inn i situasjonen. Dette for at leseren skal ha mulighet til å følge den metodiske tilnærmingen og valgene som bevisst er tatt i case-studien.

En case-studie gir også muligheten til å utforske studiet i den konteksten den hører til. Dette gjør at en får mulighet til å se hva en aktør gjør i stedet for hva aktøren selv tror den

gjør. Med tanke på at case-studien er avhengig av konteksten den befinner seg i kan det gjøre det vanskelig å generalisere resultatet som kommer ut av et slik studie (Oates, 2005).

Sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen er et komplisert system. Dette fører til at det er viktig med et godt informasjonsgrunnlag knyttet til hvert ledd produksjonen for å få en forståelse av selve prosessen. Det ble derfor valgt å se selv hva som skjer i prosessen som skal utforskes. Wig (2014) trekker frem viktigheten av å være der verdiene i prosessen foregår. At man skal ha et bevisst forhold til at en ikke kun skal stole på rapporter og statistikk. Det er viktig å observere de prosessene en har indirekte kunnskap om gjennom de rapportene og innsamlede dataen en sitter med. Sammenhengen mellom historisk data og direkte observasjon, er her viktig for å få en forståelse før utledning av en optimeringsmodell. Selve datainnsamlingen og tolkningen ble derfor utsatt til etter at prosess analysen var ferdig slik at det var modellen som påvirket hvilke tall som var ønskelige og ikke motsatt.

3.2 Rammeverk for modellen

Etter at den grunnleggende forståelsen av produksjonen som foregår i sukkerproduksjonen var det ønskelig å finne kostnadsdriverne der. Det ble i samarbeid med Brynild Gruppen, og ved observasjon, kartlagt hvilke faktorer det var ønskelig at modellen skulle balansere for å minimere total kostnaden knyttet til batchstørrelse (Jans & Degraeve, 2008).

Basert på forklaring av prosess- og pakkelayou i 4.1.1 og 4.1.2, ble det satt opp ett matematisk uttrykk som beskriver prosessen. Hopp og Spearman (2011) beskriver nødvendigheten av å lage beskrivende modeller, men at det er essensielt å forstå prosessen som foregår før en prøver å optimere et system. Slike beskrivende modeller fremkommer typisk fra matematiske uttrykk. Dette matematiske uttrykket vil være rammeverket for den ikke-lineære programmeringskoden som vil bli utviklet og analysert. Uttrykket vil være objektivfunksjonen som skal minimaliseres for at batchstørrelsen skal bli bestemt basert på kostnadsdriverne. Det vil derfor også bli satt rammebegrensninger knyttet til produksjonssystemet som undersøkes hos Brynild Gruppen. Det var viktig at hele prosessen er gjort i dialog med Brynild Gruppen, da det er en modell som skal hjelpe og kartlegge økonomiske perspektiver hos dem. Det er derfor viktig at de er enige i

tilnærmingene som blir gjort og at de representerer virkeligheten da teori og praksis ofte kan avvike fra hverandre.

3.3 Datainnsamling

3.3.1 Kvantitativ innsamling

Kvantitativ metode omfatter tall og det som er målbart (Dalland, 2007). Det kvantitative datagrunnlaget for optimeringsmodellen har av forsyningsdirektøren i Brynild Gruppen blitt hentet fra det interne intranettet deres. I intranettet ligger all dokumentasjon og talldata knyttet til sukkerproduksjonen. Da optimeringsmodellen inneholder en god del parametere vil det bli forklart anskaffelsen av de forskjellige dataverdiene som blir brukt i modellen. Dette med tanke på at modellens resultat ikke blir bedre enn datagrunnlaget som blir puttet inn og det derfor er viktig å være kritisk til datautvalgets bakgrunn. Tallene som inngår i den kvantitative datainnsamlingen har blitt gitt av Brynild Gruppen og er datagrunnlaget som brukes i den daglige produksjonen (Berg 2018, pers.med).

Kostnadskalkylen til Brynild Gruppen er utarbeidet internt av salgsavdelingen fra tall hentet i SAP-systemet deres. SAP systemet har blant annet oversikt over råvarebruk per vare produsert. Kostnadskalkylen er basert på kostnader knyttet til råvarer, tilvirkningstid og emballasje (Løkkeberg 2018, pers.med.). Parameterne med opphav for kostnadskalkylen til Brynild Gruppen er råvarekostnaden (C_p) og ferdigvarekostanden (α_p). Timebetaling (δ_p) er satt og gjelder for alle arbeiderne i produksjonen deres.

Produksjonsplanen for sukkerproduktene til Brynild Gruppen har en tidshorisont på 26 uker. Produksjonsplanen som er utarbeidet for produksjonsplanleggerne sin planlegging er estimert ut fra SAP-systemet. Produksjonsplanen inneholder blant annet tonn etterspørsel hver uke som SAP-systemet har estimert ut i fra prognosene til salgsavdelingen i Brynild Gruppen. Dette er estimert ut i fra fjorårets salg, trender og etterspørsel (Holm 2018, pers.med.). Kapasiteten på prosesslinjen og pakkelinjen er estimert ut fra pakkemaskinen sin fysiske kapasitet, og produksjonsingeniøren i Brynild Gruppen. Denne er gitt ved at Brynild Gruppen bare har en produksjonslinje og en støpe modul som vist i delkapittel 4.1.1 og 4.1.2 (Faye 2018, pers.med.). Det er også tatt hensyn til de fysiske parametere knyttet til tørkeskapskapasitet. Fra «Produksjonsplan Godteri

2018» er dataen til parameterne etterspørsel (R_p), antall arbeidere prosess (P_p), antall arbeidere pakking (θ_p), kapasitet produksjon (Y_p) og kapasitet pakking (Δ_p) hentet.

Lagerbeholdningen knyttet til produksjon og ferdigvarelager i Moss er kalkulert ut i fra klassisk lagerteori. Der gjennomsnittlig lager er kalkulert som nevnt i delkapittel 2.2.4 med formelen for gjennomsnittlig lagerbeholdning. Lagerrenten for halvfabrikatlager (R_p) og individuell rente på ferdigvarelageret i Moss (β_p) er basert på litteratur og samsvarer til Wilson (2006) estimat på lagerføringskostnader.

Holdbarheten for varene etter at de er produsert (L_p) er gitt fra produktutviklerne i Brynild Gruppen. Disse er spesifisert ut i fra varens materialeegenskaper og holdbarhet etter at varen er pakket.

Nedenfor vises en tabell med en oppsummering av alle parameterne som det er samlet ved kvantitativ datainnsamling. Det er viktig å ha et innblikk i hva slags benevning dataene har før de skal legges inn i optimeringsmodellen.

Tabell 1 Viser en oppsummering av parameterne som er funnet under den kvantitative datainnsamlingen.

Tabellen viser også enhetsbenevningene til de forskjellige parameterne.

Parameter	Enhetsbenevning
Råvarekostnad (C_p)	Kr/kg
Rentekostnad halvfabrikatlager (R_p)	Prosent
Etterspørsel (D_p)	Kg/år
Ferdigvarekostnad (α_p)	Kr/kg
Rentekostnad ferdigvarelager (β_p)	Prosent
Antall arbeidere omstilling prosess (P_p)	Personer/omstilling
Antall arbeidere omstilling pakking (θ_p)	Personer/omstilling
Timebetaling arbeidere (δ_p)	Kr/time
Holdbarhet ferdigvare (L_p)	Dager
Maksimal kapasitet prosess (Y_p)	Kg/skift

Som Tabell 1 viser er det ti av parameterne sine dataverdier som er funnet ved kvantitativ datainnsamling. Som det blir diskutert senere i delkapittel 5.2.2 er det viktig for en modell å ha gode parametere for å få en valid modell. Det er derfor viktig å påpeke at tallene som er hentet i den kvantitative datainnsamlingen er tall som brukes per dags dato i sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen.

3.3.2 Kvalitativ innsamling

Kvalitativ metode bygger på erfaring og opplevelser fra mennesker (Dalland, 2007). Noe av datamaterialet knyttet til de resterende parameterne brukt i optimeringsmodellen er innhentet ved bruk av kvalitativ metode. Det er av tidsperspektivet valgt å gå ut i fra tall som kvalitativt er funnet av produksjon og produksjonsingeniør. Dette grunnet at materialet ville vært for omfattende å finne ved bruk av systematisk testing da det er snakk om 30 forskjellige produkter med hver sine spesifikke egenskaper og data.

I denne oppgaven kommer derfor den kvalitative dataen fra produksjonsplanlegger sin observasjon i produksjonen, samt empiri basert på erfaring hos produksjonsansvarlige ute i sukkerproduksjonen. Det er hentet ut omstillingstid i prosess (O_p) og omstillingstid i pakking (Φ_p) fra disse observasjonene. Det ble dermed utarbeidet et Excel-ark som inngår i «Produksjonsplan Godteri 2018» hvor det er et ark som heter «Omlegg stp1» hvor alle teoretisk mulige omstillinger mellom produktene som produseres i sukkerproduksjonen er presentert. Dette er en matrise på 30 x 30 med produktene som er listet opp i Tabell 4. Her varierer omstillingstidene fra 30 – 120 minutter.

Det er mange av omstillingene som ikke blir gjort i praksis. Det er derfor i samarbeid med produksjonsplanleggeren valgt å fjerne ut de omstillingene som aldri blir gjort. Disse omstillingene kan være store på grunn av forskjellig grunnmasse og allergier som krever full vask på anlegg (Berg 2018, pers.med.). I og med at optimeringsmodellen krever et tall i modellen sin er det valgt å ta et gjennomsnitt av de teoretiske omstillingstidene for hvert produkt. Dette på grunn av optimeringsmodellen og at Brynild Gruppen per dags dato ikke kjører noen fast produksjonsrekkefølge. Det er kun en omstilling mellom «Sure Tær» og «Sure Buttons» som gjøres fast selv om omstillingen her er lang. Dette gjøres på grunn produkttegenskaper.

Omstillingsfaktoren(μ_p) mellom prosess og pakking er utarbeidet i samarbeid med produksjonsplanlegger og forsyningsdirektøren i Brynild Gruppen. Denne omstillingsfaktoren sier noe om forskjellen i omstillinger mellom prosess og pakking. Noen produkter har en ratio mellom prosess og pakking på 1:1, mens det er for annerledes for andre produkter som er i blandingspose. Her kan det for eksempel i «Supermix Lakris» kreves fem forskjellige produkter i prosess, som krever fem omstillinger, men

det i pakking kun kreves ett omlegg knyttet til pakking av blandingsposen. Dette vil da føre til at omstillingsfaktoren vil være 1:5 for dette scenarioet.

Antall kilogram svinn (W_p) er råvare som blir sittende igjen i rørene når råvarene blir sendt til støpe-maskinen som befinner seg 100 meter lenger borte. Det er ikke systematisk målt hvor mye svinn produktene har på grunn av dette, men det har blitt gjort et estimat av produksjonssjef i sukkerproduksjonen hos Brynild Gruppen. Dette er gjort på bakgrunn av tidligere erfaring ut i fra hvor mange kilogram med oppkok av råvare kontra hvor mange kilogram som kommer ut som ferdigvare (Faye 2018, pers.med.).

Nedenfor vises en tabell med en oppsummering av alle parameterne som er samlet kvalitativt datagrunnlag for. Det er viktig å ha et innblikk i hva slags benevning dataene har før de skal legges inn i optimeringsmodellen.

Tabell 2 Viser en oppsummering av parameterne som er funnet under den kvalitative datainnsamlingen.

Tabellen viser også enhetsbenevningene til de forskjellige parameterne.

Parameter	Enhetsbenevning
Omstillingstid prosess (O_p)	Timer/ omstilling
Omstillingstid pakking (Φ_p)	Timer/omstilling
Antall kilo svinn (W_p)	Kg svinn/batch

Tabell 2 viser her en oppsummering av parameterne som er funnet i den kvalitative datainnsamlingen. Her er det bare tre parametere mot ti parametere som ble funnet i den kvalitative datainnsamlingen i delkapittel 3.3.1.

3.4 Optimaliseringsprogramvare

Modellutformingene presentert i delkapittel 5.3 vil bli utformet i softwaren til SAS Studio. Her vil et ikke-lineært programmeringsprogram bli skrevet for å lage en optimeringsmodell. Programmeringskoden er skrevet ut i fra det matematiske uttrykket (4) som ble vist i delkapittel 5.3. Det vil bli brukt SAS Studio SAS® OnDemand for Academics som er en gratis programvare som kan benyttes til å løse diverse optimeringsproblemer.

Det sto mellom Python og SAS Studio ved valg av optimaliseringsprogramvare. Python er et programmeringsspråk som er lettlest med en klar syntax. Det finnes her en optimeringsalgoritmer og solvere en kan bruke for å løse ikke-lineære problemer (Langtangen, 2016). Python krever dog en god del programmeringskunnskap for å få frem de resultatene som er ønsket. Valget falt derfor på å bruke SAS Studio sin programvare, da det ikke kreves for omfattende programmeringskunnskap gitt tidsperioden.

SAS studio har en veldig god grafisk utforming av resultatene sin samtidig som at programmet skjønner om problemet er lineært eller ikke-lineært ved bruk av innlagte programmeringsalgoritmer. Dette gjør at optimeringsprogramvaren velger riktig solver til problemet som er kodet inn, gitt linearitet og beskrankninger i programmeringskoden. Det er mulig å se i loggen hvordan programmet har arbeidet for å løse problemet som har blitt programmert. Det vises hvilken solver og algoritme programmet har valgt. Det vises også hvor mange ganger programmer har prøvd å løse problemet før det har funnet den optimale løsningen, gitt kriteriene den har fått. Resultatet blir deretter skrevet ut i ferdige tabeller som kan lagres i PDF-format (SAS Institute Inc, 2014).

En av farene ved å bruke ferdig solvere og algoritmer for å løse et kodeproblem er forståelsen av løsningen. Ved at en bruker ferdige programmerte pakker til å løse et problem vil det alltid være spørsmål knyttet til algoritmens løsningsverdi. Her er det valgt å bruke nettopp et slikt program med tanke på forfatter sine tidligere programmeringsevner, og da optimeringsprogramvaren er kun en del prosessen for å få frem økonomiske resultater. Dette vil senere bli diskutert og modellens validitet vil bli drøftet.

For å kjøre simuleringen ble det brukt en bærbar pc med Intel®Core™m3-7Y30 CPU @ 1.00GHz 1.61 GHz og 8.00 GB RAM. Solver non linear program (NLP) og algoritmen Interior Point ble benyttet for å løse det ikke-lineære problemet.

4 Beskrivelse av case-studien

Dette kapittelet gir en beskrivelse av rammene til case-studien. Det er viktig at leser får en innføring i konteksten optimeringsmodellen skal fungere innenfor. Det vil bli gitt innføring i produksjonsplanleggingen, prosess- og pakkelinjen i sukkerproduksjonen hos Brynild Gruppen.

4.1 Kartlegging av sukkerproduksjonen

Planleggingen av produksjonen i sukkerstøperiet til Brynild Gruppen er per dags dato en omfattende prosess. Det benyttes et SAP system for å holde orden på materialer som finnes i fabrikk. De forskjellige artiklene er lagt inn med spesifikasjoner som ledetider, råvarer, kapasiteter og bill of materials (BOM). SAP systemet får inn gitte prognoser som salg og markedsavdelingen utarbeider i henhold til historisk salg og prognoser. Sikkerhetslaget er også satt inn i SAP systemet og vil si ifra hvis lagerbeholdninger nærmer seg denne grensen.

Sikkerhetslageret er basert på 14 dagers gjennomsnittlig salg for produktet. Dette på grunn av det skal være fire dagers ledetid fra produktet blir etterspurt det skal være på plass i butikk. Produksjonsstrategien er en push og MTS system. Når SAP systemet har fått prognosene basert på månedsetterspørsel, bruker den informasjonen som ligger inne om hvert enkelt produkt i sukkerproduksjonen til å omregne dette til ukentlig etterspørsel. Det vises da hvor mye som skal produseres de neste 36 ukene. Hovedsakelig er antagelsene basert på prognoser og ledetid for hvert enkelt produkt.

ERP systemet tar derimot ikke hensyn til og balanserer de forskjellige kostnadsdriverne i systemet. Det er i dag en produksjonsplanlegger som sitter med hovedansvaret for å sette opp hvordan produksjonen av de etterspurte produktene skal settes opp. Dette innebærer blant annet:

1. Sette opp skift for de forskjellige produktene. ERP systemet ikke tar hensyn til tilgjengelig skift.
2. Sette opp rekkefølge på produksjonen slik at de produktene som har lav omstilling blir laget etter hverandre. Dette minimerer omstillingstider og øker produktiviteten.

3. Legge manuelt inn hvor mye som har blitt produsert i løpet av skiftet. Dette viser at mye av prosessene som foregår med planlegging av batchstørrelse er manuelt og basert på historisk erfaring hos Brynild Gruppen og produksjonsplanlegger.

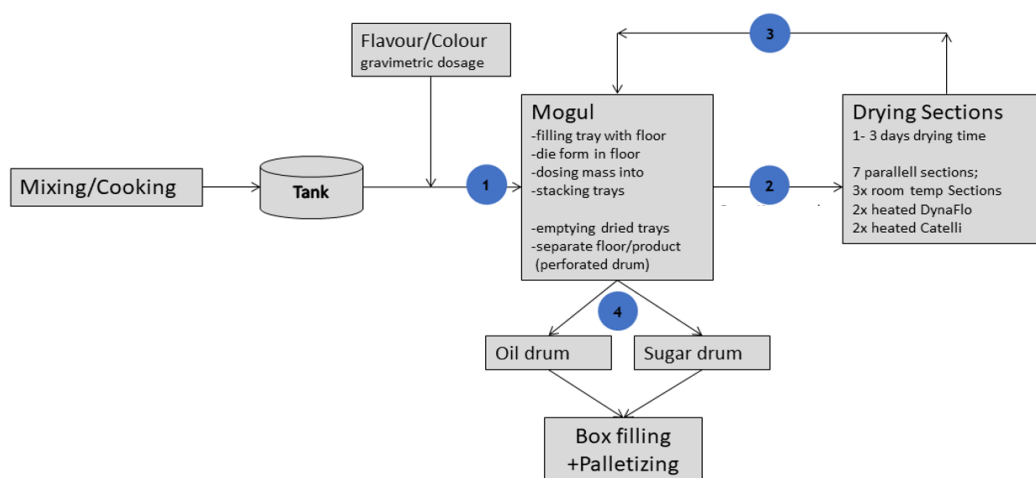
Planleggingen for uken gjøres vanligvis på tirsdager og tar opp imot en hel arbeidsdag å fullføre. Dette fører til at produksjonsplanlegger ikke har tid til overs for å systematisk forbedre prosesser. En modell for optimalisering av batchstørrelse vil dermed som nevnt tidligere, være en del av en prosess for å lette arbeidet til produksjonsplanlegger.

4.1.1 Prosesslayout

Her vil de forskjellige trinnene i prosess bli forklart. Det er viktig å forstå prosessene som foregår for å få et bilde på hvilke kostnadsfaktorer som det er ønskelig å balansere i optimeringsmodellen. Layout for vist i Figur 5 .

Sugar confectionary Process

"Støperi 1"



Figur 5 Viser trinnene i prosess hos Brynild Gruppen sin sukkerproduksjon.

Oppkok og miksing: Her blir hvert enkelt produkt koket opp basert på oppskrift. Hvor stor oppkoket vil være er basert på hva som er etterspørselen og av SAP systemets bestemmelse av batchstørrelse. Produksjonsplanlegger ser også over SAP systemets bestemmelser.

Tank, farge og smak: Etter at batchen er kokt opp etter riktige resept, blir grunnmassen til produktene sendt videre til en ny tank. Her blir de tillagt riktig farge og smak før de skal bli støpt.

Støpemodul:: I støpemodulen blir produktene fysisk laget. Produktene blir støpt i mel hvor støpeformene blir presset ned i. Det er viktig at melet har en viss type fuktighet slik at grunnmassen blir slik de er tiltenkt og har de riktige egenskapene. Hva kapasiteten er på de forskjellige produktene avhenger av støpeformene. Kapasiteten bestemmes av grunnmassen deres og hvor mange former som er i støpebrettene.

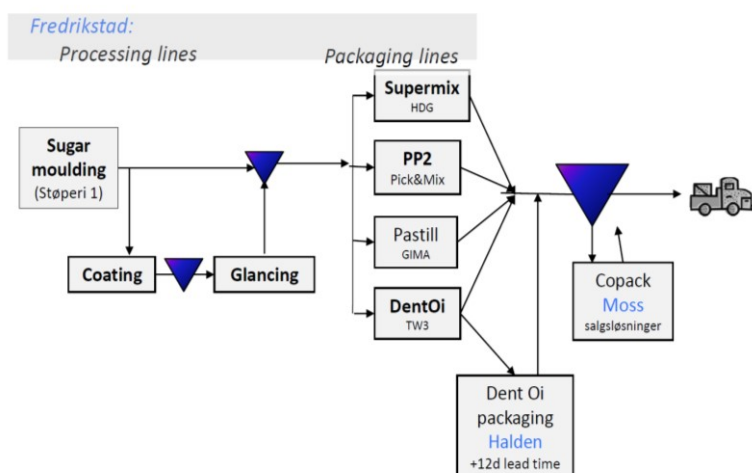
Tørking: Etter at produktene er støpt ferdig og klare for å sendes videre blir de flyttet til et tørkeskap. Her blir produktet først varmet opp med et visst antall grader og til en gitt tid. Dette for at egenskapene til produktene skal holdes ved like. Deretter blir de tørket i et visst antall timer slik at de holder den konsistensen produktet skal ha. Tørkerommene består av Catelli, Dynaflo og lateskap. Disse har forskjellige egenskaper der Catelli er raskere enn Dynaflo, men Dynaflo er raskere enn normalt i lateskapene. Noen produkter som eksempelvis Dent pastillene kan bare bli tørket i de nye Dynaflo og Catelli skapene på grunn av produktets egenskaper. Dette er satt av produktutviklerne i Brynild Gruppen og nøye kartlagt før produktet blir produsert i fullt kvantum.

Olje og sukkertrommel: Etter at produktene er ferdig i tørkeskapene og har de produktegenskapene som er tiltenkt vil de sendes videre til neste steg. Dette er da enten til oljing eller til sukkertrommel. Dette avhenger igjen av produktets sluttegenskaper og er skrevet i resepten til produktet i SAP systemet som er testet av produktutviklerne hos Brynild Gruppen.

Bakker: Her har produktene vært gjennom alle stegene til produksjonen og vil bli lagret i bakker før de skal pakkes. Her er det en vekt som veier opp hver enkel bakk og som automatisk bytter til neste bakk når den har oppnådd et visst antall kilo. Bakkene blir deretter kjørt videre til halvfabrikata lageret på gulv før de skal pakkes.

4.1.2 Pakk-layout

Production Set up - Sugar Confectionery 2015



Figur 6 Viser hvordan flytprosessen fra prosess til pakking i sukkerproduksjonen. Det vises også hvordan det sendes videre til ferdigvarelageret i Moss. Hentet fra (Brynild Gruppen, 2018)

Etter at varene er ferdige i produksjonen blir bakkene ført videre til et halvfabrikatlager som ligger ved pakkelinjene. Disse blir satt datostempling på og satt til mellomlagring før de skal pakkes. Det finnes fire forskjellige pakkelinjer, derav hver linje kan pakke forskjellige produkter.

Hvor de blir pakket avhenger av pakkingen til de respektive produktene da pakkemaskinene har forskjellige funksjoner. Dette er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Viser de forskjellige pakkelinjene og hvilke produkter som kan pakkes hos de respektive pakkelinjene.

HDG	Her pakkes posene til Supermix
PP2	Mono, plukk og miks produkter
GIMA	Pastiller
TW3	Dent OI produkter

Produktene blir deretter pakket på pall som sendes videre til varelageret i Moss. Dette er hvor ferdigvareproduktene til Brynild Gruppen lagres før de blir sendt videre ut til

grossist. Det er et viktig faktum at grossister ikke kjøper produkter med en utløpsdato mindre enn 100 dager igjen.

4.2 Konkurransemarked

FMCG er produkter med egenskaper som rask omsetning i hylle, lave produksjonskostnader og som selges raskt til en relativ lav kostnad. Eksempler på slike varer kan være brus, kosmetikk, godteri og mat. Total fortjenestemargin på FMCG produkter er ofte relativ lav, men på grunn av salg av store kvantum og lave produksjonskostnader er ofte den samlede fortjenesten høy (Hamister, 2007).

Det er viktig av å optimalisere den taktiske planleggingen i en FMCG bedrift (Van Elzakker et al., 2014). Dette for at produktene skal forbli lønnsomme da det ofte er lav fortjenestemargin per produkt. Hylletid blir av Science og Technology (1993) definert som den tiden matvarene forblir trygge og man er sikker på at varen overholder ernæringsmessige data.

Den korte hylletiden på FMCG produkter kommer ofte fra den høye etterspørselen fra markedet eller på grunn av den korte holdbarheten som produktet har. Holdbarhetstiden er også viktig for forbrukeren. Holdbarhetsdatoen og ferskheten til konsumer er en av de viktigste egenskapene når forbruker skal kjøpe matprodukter (Entrup, 2006).

4.3 Datautvalg

Det har i denne oppgaven blitt fokusert på varer i sukkerproduksjonen som har en helårlig produksjon og som pakkes i fabrikken. Dette medfører da at sesong og kampanjevarer blitt tatt bort da disse produseres i en samlet periode og følger logikken rundt ordreproduksjon. Modellen som har blitt utarbeidet, tar utgangspunkt i en jevn etterspørsel. I samarbeid med Brynild Gruppen, og ut ifra salgstall og modellens krav til jevn etterspørsel, er det valgt å ta bort sesong- og kampanjevare.

Det er valgt 30 produkter fra sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen. Et så bredt utvalg av varer i sukkerproduksjonen vil kunne gi et helhetlig bilde av situasjonen samt et større analysegrunnlag (Jörnsten et al., 1999). Et slikt utvalg vil kunne gi en større relevans og forståelse av kostnader knyttet til batchstørrelse.

Følgende produkter er valgt:

Tabell 4 Viser en oversikt over hvilke produkter det er ønskelig å gjøre en analyse på knyttet til optimal batchstørrelse.

1	HF Dent Chillilakris
2	HF Dent Lakriskaramell
3	HF Dent Eukalyptus
4	HF Dent Oi Fuzz
5	HF Dent Oi Sur Pære
6	HF Dent Oi Zing
7	HF Dent Salt Lakris
8	HF Dent Trio
9	HF Gompegelè
10	HF Jellymen, ekstra tykke
11	HF Jordbærfisker
12	HF Lakrisbuttons
13	HF Lakrisbåter
14	HF Lakrisfrosker
15	HF Lakrisskaller
16	HF Myke Seigmenn
17	HF Salte Tær
18	HF Skumfisk
19	HF Supermixgelè
20	HF Sure buttons
21	HF Sure Colaflasker skumgelé
22	HF Sure Skumfrosker
23	HF Sure Tær, rød/gul
24	HF Søte Gelehjerter
25	Korpus Dent Crush Medium salt
26	Korpus Dent Crush Pomello Jordbær
27	Korpus Frutti beans xxl
28	Korpus Godtegom Gul
29	Korpus Godtegom Rød
30	Korpus Knatter

Brynild Gruppen har tilgang til store tallmengder knyttet til produksjonen og tallenes relevans til optimaliseringsmodellen er viktig å se på. Det er i utgangspunktet brukt data fra Brynild Gruppens intranett, kvalitativ data hentet fra produksjon og maskinelle spesifikasjoner for maskiner som beskrevet i kapittel 3.

5 Modellutforming

Det vil her bli gitt en beskrivelse av modellutformingene av den ikke-lineære modellen. En forklaring på de forskjellige parameterne, forutsetningene, variablene og objektsfunksjon vil bli gitt.

5.1 Prosessanalyse

Prosesen i sukkerproduksjonen til Brynild Gruppen er kompleks. Det er dermed viktig å kartlegge de faktiske problemene og kostnadsdriverne i sukkerproduksjonen. Det vil bli nødvendig å ta antagelser da virkeligheten er mer kompleks enn det som vil fremgå i modellen. Spørsmål som stilles i dette delkapitlet vil derfor være knyttet til hvilke parametere som vil bli benyttet, hvilke antagelser som har blitt tatt og hvilke kostnadsdrivere som har blitt sett på som representative.

5.1.1 Batchstørrelse kapasitet

Brynild Gruppen kjører per dags dato en to-skifts ordning. Det vil derfor være en kapasitetsbegrensning på produksjonen og pakkingen. Det finnes da altså en øvre grense på hvor mange enheter støpe maskinen kan produsere på ett og maksimalt to skift. Det samme vil gjelde for pakkemaskinene. Dette vil sette noen klare begrensninger for modellen.

Slike begrensninger i en modell er ifølge Voß og Woodruff (2006) ikke optimalt, og bør fjernes hvis det er mulighet for det. Dette på grunn av at mange satte innskrenkninger vil begrense området modellen kan jobbe og finne den optimale løsningen innenfor. Et slikt scenario kan føre til at den optimale løsning blir verre, men det kan også være alvorlig å løse feil begrensninger, da dette kan føre til at modellen ikke er mulig å validere. Det vil i denne modellen være et maksimum og minimum begrensning på batchstørrelsen hos Brynild Gruppen.

5.2 Forutsetninger for optimeringsmodell

5.2.1 Parametere

En parameter er en størrelse som kan inneholde ulike verdier, men som i et tilfelle blir gitt en spesifikk verdi. Dette gjør at verdien til parameteren påvirker utfallet av den

enkelte tingen en studerer eller analyserer (SNL, 2018). Parametere for modellen kategoriseres enten som stokastiske eller deterministiske. Tjønneland (2018) definerer determinisme som at alt er forhåndsbestemt. Med dette menes det at modellens resultat er fullstendig bestemt av faktorer som er definert og som ikke er tilfeldige. Stokastiske parameteren følger ikke en slik prosess hver gang og kan sies å være tilfeldige. Det betyr at modellen kan starte med samme sett parametere og variabler hver gang, men fortsatt få et annet resultat grunnet tilfeldighetene til de stokastiske parameterne (Stirzaker, 2005).

5.2.2 Deterministiske parametere

Modellen som rent matematisk beskriver Brynild Gruppen sin produksjon og pakking har deterministiske parametere. Det er viktig å nevne at det som blir presentert som deterministiske parametere i virkeligheten kan være stokastiske.

De deterministiske parameterne er som følger:

- Råvarekostnad
- Rentekostnad for halvfabrikatlager
- Etterspørsel
- Lagringskostnad
- Ferdigvarekostnad
- Rentekostnad ferdigvarelager
- Antall kilo svinn
- Timebetaling arbeidere
- Antall arbeidere prosess
- Antall arbeidere pakking
- Produksjonskapasitet
- Produksjonskostnader
- Lagerkostnader
- Minimum batchstørrelse
- Produksjonskapasitet

5.2.3 Stokastiske parametere

Som tidligere nevnt er det mange av parameterne som er satt som deterministiske som i virkeligheten kan være stokastisk. I og med at denne oppgaven har et satt tidsintervall er derfor valgt å kun fokusere på de parameterne som er sett på som store kostnadsdrivere.

Omstillingstid

Brahimi et al. (2006) diskuterer viktigheten av oppstartstid, omstillinger og kostnader knyttet til dette. I og med at Brynild Gruppen kun produserer i en to-skiftsordning vil disse parameterne ha mye å si på om det kan produseres en eller to batcher i løpet av et skift. Omstillingstid og kostnader knyttet til dette vil derfor i denne oppgaven bli sett på som en stokastisk parameter.

Stokastiske parametere vil i denne oppgaven er følgende:

- Omstillingstid prosess
- Omstillingstid pakking
- Omgjøringsfaktor mellom prosess og pakking

5.3 Modellutforming

Modellen er laget med utgangspunkt i det observasjonene beskrevet i kapittel 4 hvor case-studien har blitt presentert, samtaler med Brynild Gruppen, elementær produksjonsstyring og litteratur som beskriver optimering i produksjonsfabrikker. Datagrunnlaget for oppgaven er hemmelighetsstemplet av konkurransegrunner, så det vil være viktig at en er kritisk til tallene som blir presentert. Det er avgjørende å vite at tallene er representative for modellen da dårlig input vil gi resultater som ikke er representative (Jörnsten et al., 1999). Tallenes opphav er forklart i kapittel 3.

Modellen har tatt utgangspunkt i eksisterende litteratur og EOQ modellen. Dette er blant annet beskrevet ved Nahmias (2001); Slack et al. (2013) sine beskrivelser av EOQ-modellen og lagerstyringsteknikker. Modellen har også tatt i betraktning Brahimi et al. (2006); Jans og Degraeve (2008); Wolsey (2002) sine diskusjoner rundt batchstørrelse og optimaliseringsproblematikk. Det har blitt sett på de matematiske problemformuleringene som har blitt vist frem og parametriske tilnærminger.

Nedenfor vil parametere og variabler i optimaliseringsmodellen bli forklart.

P – *forskjellige sett med enheter (SKU'er)*

Parametere:

$$C_p = \text{Råvarekostnad for SKU } p \qquad p \in P$$

$R_p =$ Rentekostnad for halvfabrikatlager SKU p $p \in P$

$D_p =$ Etterspørselen for SKU p $p \in P$

$H_p =$ Lagringskostnaden for SKU p $p \in P$

$\alpha_p =$ Ferdigvarekostnad for SKU p $p \in P$

$\beta_p =$ Rentekostnad ferdigvarelager for SKU p $p \in P$

$\mu_p =$ Omgjøringsfaktor mellom prosess og pakking $p \in P$

$O_p =$ Omstillingstid prosess for SKU p $p \in P$

$\Phi_p =$ Omstillingstid pakking for SKU p $p \in P$

$P_p =$ Antall arbeidere prosess for SKU p $p \in P$

$\theta_p =$ Antall arbeidere pakking for SKU p $p \in P$

$W_p =$ Antall kilo svinn for SKU p $p \in P$

$\delta_p =$ Timesbetaling arbeidere for SKU p $p \in P$

$L_p =$ Holderbarheten for SKU p $p \in P$

$Y_p =$ Maksimal kapasitet produksjon for SKU p $p \in P$

Variabler:

$Q_p =$ Batchstørrelse for SKU p $p \in P$

Objektsfunksjon:

$$\text{Min} \sum_{p \in P} \frac{Q_p}{2} (C_p R_p + \alpha_p \mu_p \beta_p) + \frac{D_p}{Q_p} ((O_p P_p + \Phi_p \theta_p \mu_p) \delta_p + (W_p C_p)) \quad (4)$$

Begrensninger:

$$L_p - \left(\frac{365}{\left(\frac{D_p}{Q_p} \right)} \right) \geq 100 + \text{ikkerhetslager (120 dager)} \quad (5)$$

$$Q_p \geq 0 \quad (6)$$

$$\frac{Q_p}{Y_p} \leq 2 \quad (7)$$

Beskrivelse:

Objektivfunksjonen (4) minimaliserer kostnadene knyttet til beholdning, omstilling og svinn. Holdbarhetsfunksjonen (5) passer på at varene ikke blir stående lenger på lager enn at de har 120 dagers holdbarhet igjen før de blir sendt til butikk. Begrensning (6) beskriver at batchstørrelsen som blir laget må være større eller lik med null. Den kan ikke være negativ. Kapasitetsbegrensningen (7) viser at batchstørrelsen som blir laget ikke kan være større enn det som er angitt som maks kapasitet i produksjonslinjen gitt to skift.

6 Resultater

Det vil i dette kapittelet bli presentert funnene fra modellen og analyser. Batchstørrelse fra modell vil bli sett på i sammenheng med batchstørrelser som kjøres per dags dato, og totalkostnadene ved produksjon vil bli kartlagt. Det vil også bli gjort en scenarioanalyse for å kartlegge hvordan produksjonsanlegget håndterer svingninger i markedet.

6.1 Batchstørrelse fra simulering i SAS Studio

6.1.1 Optimal batchstørrelse og totalkostnad

Optimal batchstørrelse ut i fra modellens simuleringer vises i Tabell 5. Batchstørrelse er gitt i antall kilogram og totalkostnaden knyttet til hvert produkt som følge av denne er gitt i kroner. Totalkostnaden er den årlige totale kostnaden knyttet til å produsere et produkt. Denne kostnaden består av lagerkostnader, omstillingskostnader og svinnkostnader for hvert enkelt produkt. Batchstørrelsene varierer fra 667 kilogram til 14025 kilogram. Produksjonen og de gitte batchstørrelsene koster Brynild Gruppen 800 221 kroner i årlige totalkostnader.

Tabell 5 Viser optimal batchstørrelse og totalkostnad knyttet til hvert produkt som har blitt funnet i optimeringsprogrammet laget i SAS Studio.

Produkt	Batchstørrelse	Totalkostnad
Dent Chillilakris	1681	12619
HF Dent Eukalyptus	4024	56396
Dent Lakriskaramell	1662	12389
HF Dent Oi Fuzz	2719	43697
HF Dent Oi Sur Pære	1699	30961
HF Dent Oi Zing	2057	32509
HF Dent Salt Lakris	2691	38797
HF Dent Trio	2991	44680
HF Gompegelè	4917	8727
HF Jellymen, ekstra tykke	6637	20226
HF Jordbærfisker	14025	50223
HF Lakrisbuttons	1500	3997
HF Lakrisbåter	6045	20637
HF Lakrisfrosker	667	3919
HF Lakrisskaller	1500	4185

Produkt	Batchstørrelse	Totalkostnad
HF Myke Seigmenn	9957	41131
HF Salte Tær	1000	3686
HF Skumfisk	1667	3880
HF Supermixgelè	8873	8389
HF Sure buttons	12219	34790
HF Sure Colaflasker skumgelé	6347	10051
HF Sure Skumfrosker	8728	25474
HF Sure Tær, rød/gul	4840	8919
HF Søte Gelehjerter	4890	15960
Korpus Dent Crush Medium salt	4200	73771
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	3200	60969
Korpus Frutti beans xxl	3200	26364
Korpus Godtegomp Gul	3200	20010
Korpus Godtegomp Rød	3200	20010
Korpus Knatter	7080	62856
Totalt		800 221

6.1.2 Lager, omstilling og svinnkostnader

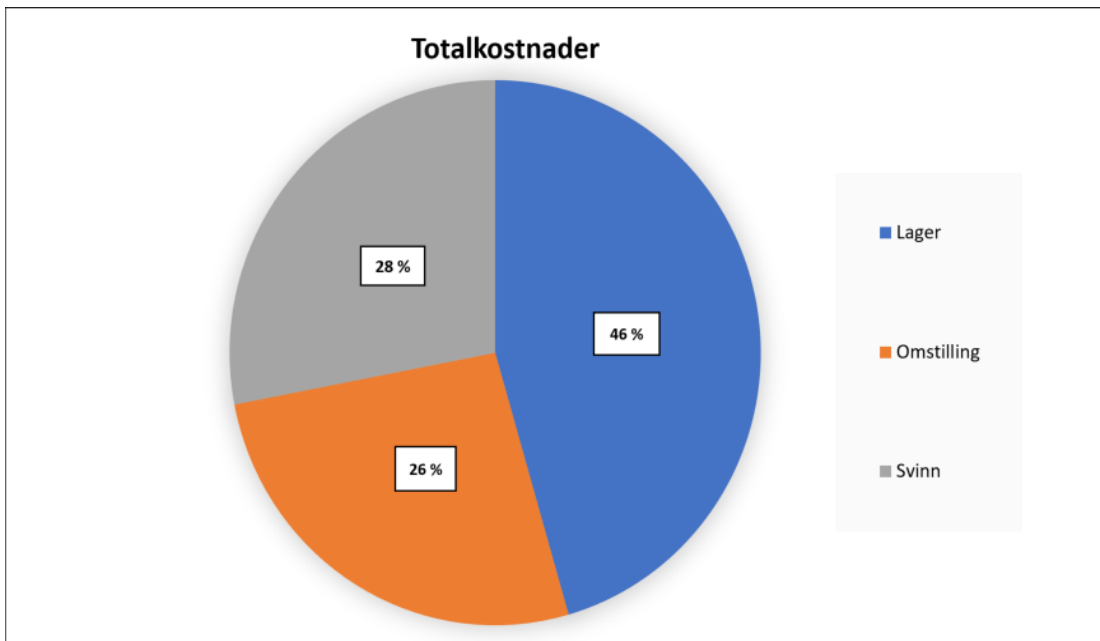
For et årlig produksjonsintervall vil totalkostnadene være 800 221 kroner. Av totalkostnaden vil lagerkost, omstilling og svinnkostnader utgjøre en prosentandel av totalen. Det vil gi en indikasjon på hvilke av faktorene som står for de største utgiftene og kan sees nærmere på. Alle kostnader er oppgitt i kroner og viser den årlige kostnaden knyttet til de forskjellige utgiftene ved optimal batchstørrelse.

Tabell 6 Viser kostnadene som er knyttet til totalkostnaden for et produkt gitt optimal batchstørrelse. Her gitt ved lager, omstilling og svinnkostnader i kroner.

Produkt	Lagerkostnader	Omstillingskostnader	Svinnkostnader
Dent Chillilakris	6 309	1 821	4 489
HF Dent Eukalyptus	28 198	8 693	19 585
Dent Lakriskaramell	6 194	1 823	4 353
HF Dent Oi Fuzz	21 848	14 007	7 841
HF Dent Oi Sur Pære	15 481	9 746	5 735
HF Dent Oi Zing	16 255	10 195	6 060
HF Dent Salt Lakris	19 399	5 891	13 517
HF Dent Trio	22 340	6 488	15 852

Produkt	Lagerkostnader	Omstillingskostnader	Svinnkostnader
HF Gompegelè	4 364	2 213	2 155
HF Jellymen, ekstra tykke	10 113	4 583	5 543
HF Jordbærfisker	25 111	11 711	13 371
HF Lakrisbuttons	1 280	1 260	1 457
HF Lakrisbåter	10 319	4 430	5 906
HF Lakrisfrosker	611	1 308	1 998
HF Lakrisskaller	1 385	1 368	1 432
HF Myke Seigmenn	20 568	13 113	7 482
HF Salte Tær	998	900	1 788
HF Skumfisk	1 281	1 308	1 289
HF Supermixgelè	4 195	1 874	2 320
HF Sure buttons	17 395	8 415	8 994
HF Sure Colaflasker skumgelè	5 025	2 218	2 813
HF Sure Skumfrosker	12 737	6 468	6 268
HF Sure Tær, rød/gul	4 460	2 156	2 304
HF Søte Gelehjerter	7 980	4 879	3 101
Korpus Dent Crush Medium salt	36 886	19 453	17 421
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	30 484	14 574	15 901
Korpus Frutti beans xxl	7 049	9 384	9 910
Korpus Godtegomp Gul	5 734	11 256	5 932
Korpus Godtegomp Rød	5 734	11 256	5 932
Korpus Knatter	17 475	20 169	25 414
Totalt	367 206	212 958	226 160

Ut i fra tabellen kan en lese at lagerkostnadene står for 367 206 kroner, omstillingskostnader står for 212 958 kroner og svinnkostnader av produktmasse er på 226 160 kroner. Lagerkostnader utgjør 46 % av totalkostnaden og står for den største delen av totalkostnaden. Omstilling 26% og svinnkostnader utgjør 28%



Figur 7 Viser prosentvis hvor mye lager, omstilling og svinn står for av totalkostnaden knyttet til produksjonen.

6.1.3 Skift og kapasitetsbegrensninger

Antall årlige batcher som skal til for å møte etterspørselen i markedet er forskjellig for produktene. Årlige batcher er da antall ganger en må produsere optimal batchstørrelse for å møte etterspørsel. Hvor mange skift som skal til for å produsere batchstørrelsen er gitt ved skift prosess, noe som kan maksimalt være to skift på grunn av en toskifts-ordning. Hvor mange skift som skal til for å pakke batchstørrelsen produsert, er oppgitt som skift pakking. Er antall skift høyere enn to, vil dette tilsi at det trengs mer enn en dags arbeid for å produsere eller pakke dette. Dette er også vist i prosent, da med hvor stor del av kapasiteten på pakking og prosess som brukes. Er denne over 100% vil dette bety at det tar mer enn to skift å pakke eller prosessere denne varen.

Resultatene indikerer på at pakkekapasiteten ikke samsvarer med kapasiteten i prosess. Det vil kreve mange flere skift i pakking kontra prosess og produktene vil ligge på halvfabrikatlager.

Tabell 7 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte etterspørselen til produktet.. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av kapasiteten i prosess og pakking.

Produkt	Årlige batcher	Skift prosess	% av to-skift prosess	Skift pakking	% av to-skift pakking
Dent Chillilakris	4	0,4	21 %	1,6	78 %
HF Dent Eukalyptus	13	0,8	40 %	3,3	164 %
Dent Lakriskaramell	4	0,4	21 %	1,5	77 %
HF Dent Oi Fuzz	5	0,7	34 %	5,7	283 %
HF Dent Oi Sur Pære	4	0,4	21 %	3,5	177 %
HF Dent Oi Zing	4	0,6	29 %	4,3	214 %
HF Dent Salt Lakris	9	0,6	30 %	2,5	125 %
HF Dent Trio	10	0,7	33 %	2,4	122 %
HF Gompegelè	4	1,6	82 %	3,6	182 %
HF Jellymen, ekstra tykke	12	0,7	33 %	2,8	138 %
HF Jordbærfisker	30	1,9	93 %	1,9	94 %
HF Lakrisbuttons	2	0,4	19 %	0,9	43 %
HF Lakrisbåter	9	0,8	38 %	3,2	162 %
HF Lakrisfrosker	2	0,3	17 %	0,4	19 %
HF Lakrisskaller	2	0,4	21 %	0,9	43 %
HF Myke Seigmenn	16	1,4	71 %	2,1	105 %
HF Salte Tær	2	0,3	14 %	0,6	29 %
HF Skumfisk	2	0,7	33 %	1,0	48 %
HF Supermixgelè	5	1,2	59 %	3,0	152 %
HF Sure buttons	14	1,9	94 %	5,1	255 %
HF Sure Colaflasker skumgelè	5	1,6	79 %	2,8	139 %
HF Sure Skumfrosker	11	1,7	87 %	3,5	174 %
HF Sure Tær, rød/gul	4	1,3	67 %	2,1	106 %

Produkt	Årlige batcher	Skift prosess	% av to-skift prosess	Skift pakking	% av to-skift pakking
HF Søte Gelehjerter	6	0,6	29 %	1,2	58 %
Korpus Dent Crush Medium salt	12	1,2	60 %	4,7	233 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	9	0,8	40 %	3,6	178 %
Korpus Frutti beans xxl	21	2,0	100 %	0,5	24 %
Korpus Godtegommp Gul	13	2,0	100 %	0,2	11 %
Korpus Godtegommp Rød	13	2,0	100 %	2,1	107 %
Korpus Knatter	50	2,0	100 %	1,3	66 %
Totalt	298				

Det må kjøres 298 batcher for å produsere slik at etterspørselen blir møtt vist i Tabell 7. Antall skift i prosess varierer mellom 0,4 og 2. Antall skift i pakk varierer mellom 0,2 og 5,7 skift. Altså antyder dette til dårlig samsvar mellom pakking og prosess.

6.2 Gjennomsnittlig batchstørrelse hos Brynild Gruppen

Det vil i dette delkapittelet vises de batchstørrelsene som kjøres på Brynild Gruppen basert på gjennomsnittlige kjørte batchstørrelser i hele 2017 driften deres i sukkerproduksjonen.

6.2.1 Batchstørrelse og totalkostnad

Totalkostnadene er regnet ut i fra gitte batchstørrelser som har blitt oppgitt av Brynild Gruppen. Batchstørrelsen er her gitt som kilogram og totalkostnader i kroner. Batchstørrelsen varierer fra 600 kilogram og 8000 kilogram, samt totalkostnaden knyttet til lager, omstilling og svinnkostnader er 894 406 kroner.

Tabell 8 Viser den gjennomsnittlige batchstørrelsen i kilogram på et årlig perspektiv. Totalkostnadene knyttet til produksjonen av hvert enkelt produkt er også oppgitt i kroner.

Produkt	Batchstørrelse	Totalkostnad
Dent Chillilakris	1500	12 701
HF Dent Eukalyptus	4500	56 820
HF Dent Lakriskaramell	1500	12 434
HF Dent Oi Fuzz	3000	43 908
HF Dent Oi Sur Pære	1500	31 202
HF Dent Oi Zing	1500	34 146
HF Dent Salt Lakris	4500	44 046
HF Dent Trio	4500	48 462
HF Gompegelè	3400	9 334
HF Jellymen, ekstra tykke	8000	20 590
HF Jordbærfisker	7500	60 331
HF Lakrisbuttons	1200	4 420
HF Lakrisbåter	7000	20 874
HF Lakrisfrosker	600	4 223
HF Lakrisskaller	1200	4 607
HF Myke Seigmenn	7000	43 755
HF Salte Tær	900	3 884
HF Skumfisk	1000	5 097
HF Supermixgelè	7300	8 549
HF Sure buttons	6500	41 979
HF Sure Colaflasker skumgelé	4500	10 659
HF Sure Skumfrosker	5000	29 530
HF Sure Tær, rød/gul	3900	9 128
HF Søte Gelehjerter	6700	16 759
Korpus Dent Crush Medium salt	4500	73 936
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	4500	64 539
Korpus Frutti beans xxl	6600	23 893
Korpus Godtegompe Gul	2300	28 034
Korpus Godtegompe Rød	2300	28 034
Korpus Knatter	3600	98 532
Totalt		894 406, -

6.2.2 Kostnader ved gjennomsnittlig batchstørrelse

For et årlig produksjonsintervall vil totalkostnadene være 894 406 kroner. Av totalkostnaden vil lagerkost, omstilling og svinnkostnader utgjøre en prosentandel av totalen. Alle kostnader er oppgitt i kroner og viser den årlige kostnaden knyttet til de forskjellige utgiftene ved gjennomsnittlig batchstørrelse vist i Tabell 9. Funnene viser at lagerkostnadene også her står den største delen av totalkostnadene.

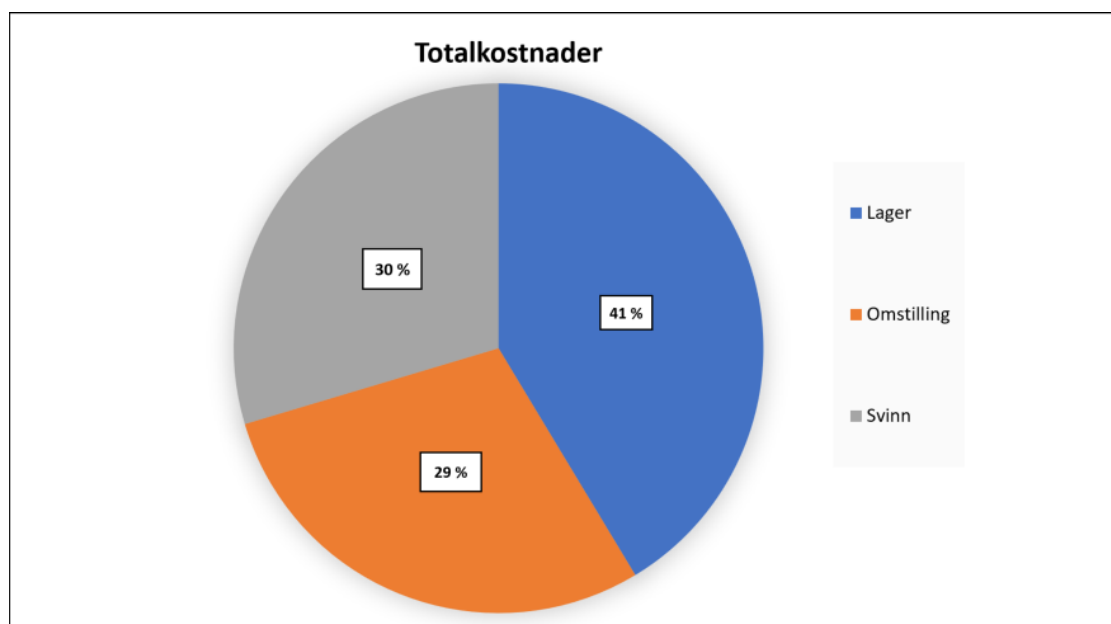
Tabell 9 Viser kostnadene knyttet til produksjon av produktene. Her gitt ved lager, omstilling og svinnkostnader gitt i kroner.

Produkt	Lagerkostnader	Omstillingskostnader	Svinnkostnader
Dent Chillilakris	5 631	2 040	5 030
HF Dent Eukalyptus	31 533	7 773	17 514
Dent Lakriskaramell	5 592	2 020	4 822
HF Dent Oi Fuzz	24 105	12 696	7 107
HF Dent Oi Sur Pære	13 666	11 040	6 496
HF Dent Oi Zing	11 850	13 984	8 312
HF Dent Salt Lakris	32 441	3 522	8 083
HF Dent Trio	33 615	4 312	10 535
HF Gompegelè	3 018	3 200	3 117
HF Jellymen, ekstra tykke	12 190	3 802	4 598
HF Jordbærfisker	13 429	21 899	25 003
HF Lakrisbuttons	1 024	1 575	1 821
HF Lakrisbåter	11 949	3 826	5 100
HF Lakrisfrosker	550	1 453	2 220
HF Lakrisskaller	1 108	1 710	1 790
HF Myke Seigmenn	14 460	18 651	10 643
HF Salte Tær	898	1 000	1 987
HF Skumfisk	769	2 180	2 148
HF Supermixgelè	3 451	2 278	2 819
HF Sure buttons	9 254	15 818	16 908
HF Sure Colaflasker skumgelè	3 563	3 128	3 968
HF Sure Skumfrosker	7 296	11 291	10 943
HF Sure Tær, rød/gul	3 594	2 675	2 859
HF Søte Gelehjerter	10 934	3 561	2 264
Korpus Dent Crush Medium salt	39 525	18 154	16 257

Produkt	Lagerkostnader	Omstillingskostnader	Svinnkostnader
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	42 868	10 364	11 307
Korpus Frutti beans xxl	14 538	4 550	4 805
Korpus Godtegom Gul	4 121	15 660	8 253
Korpus Godtegom Rød	4 121	15 660	8 253
Korpus Knatter	8 886	39 667	49 980
Totalt	369 976	259 489	264 940

Lagerkostnaden er på 369 976 kroner, omstillingskostnader er 259 498 og svinnkostnadene ved batchstørrelsene står for 264 940 kroner for totalkostnaden. Oppsummering av kostnader ved gjennomsnittlige batchstørrelse

Lagerkostnaden står for 41 % av totalkostnaden, omstilling 29 % og svinn for 30%.



Figur 8 Viser hvor stor prosentandel lager, omstilling og svinn utgjør av totalkostnadene..

6.2.3 Skiftkapasitet for produksjon ved gjennomsnittlig batchstørrelse

Årlige batcher er antall ganger en må produsere batchstørrelsen for å møte etterspørselen. Antall skift prosess viser hvor mange skift som skal til for å produsere denne

batchstørrelsen, og skift i prosess tilsier hvor mange skift som må kjøres for å pakke samme batchstørrelse. Er antall skift høyere enn to vil dette si at det vil ta lenger en ett dagsarbeid å produsere eller pakke. Hvor stor prosentandel av kapasiteten på to skift man benytter er også oppgitt i prosent. Er denne over 100% vil dette da tilsi at det tar over mer en dag å prosessere eller pakke.

Også med de gjennomsnittlige batchstørrelsene som kjøres vises det at pakkemaskinen ikke samsvarer med det prosess lager. Pakkelinjen benytter på mange produkter over 100% av den totale tilgjengelige tiden av et dags arbeid og vil bli liggende på halvfabrikatlager.

Tabell 10 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte etterspørselen til et produkt. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruk av kapasiteten i prosess og pakking.

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
Dent Chillilakris	4	0,4	19 %	1,4	69 %
HF Dent Eukalyptus	12	0,9	45 %	3,7	184 %
Dent Lakriskaramell	4	0,4	19 %	1,4	69 %
HF Dent Oi Fuzz	5	0,8	38 %	6,3	313 %
HF Dent Oi Sur Pære	4	0,4	19 %	3,1	156 %
HF Dent Oi Zing	5	0,4	21 %	3,1	156 %
HF Dent Salt Lakris	5	1,0	50 %	4,2	208 %
HF Dent Trio	7	1,0	50 %	3,7	184 %
HF Gompegeleè	6	1,1	57 %	2,5	126 %
HF Jellymen, ekstra tykke	10	0,8	40 %	3,3	167 %
HF Jordbærfisker	55	1,0	50 %	1,0	50 %
HF Lakrisbuttons	3	0,3	15 %	0,7	35 %
HF Lakrisbåter	7	0,9	44 %	3,7	187 %
HF Lakrisfrosker	3	0,3	15 %	0,3	17 %
HF Lakrisskaller	3	0,3	17 %	0,7	35 %
HF Myke Seigmenn	23	1,0	50 %	1,5	74 %
HF Salte Tær	3	0,3	13 %	0,5	26 %

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
HF Skumfisk	4	0,4	20 %	0,6	29 %
HF Supermixgelè	6	1,0	49 %	2,5	125 %
HF Sure buttons	27	1,0	50 %	2,7	135 %
HF Sure Colaflasker skumgelé	7	1,1	56 %	2,0	99 %
HF Sure Skumfrosker	18	1,0	50 %	2,0	100 %
HF Sure Tær, rød/gul	5	1,1	54 %	1,7	86 %
HF Søte Gelehjerter	4	0,8	39 %	1,6	80 %
Korpus Dent Crush Medium salt	12	1,3	64 %	5,0	250 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	7	1,1	56 %	5,0	250 %
Korpus Frutti beans xxl	10	4,1	206 %	1,0	49 %
Korpus Godtegomp Gul	18	1,4	72 %	0,2	8 %
Korpus Godtegomp Rød	18	1,4	72 %	1,5	77 %
Korpus Knatter	99	1,0	51 %	0,7	34 %
Totalt	394				

Det trengs å kjøre 394 batcher i året for å produsere etter etterspørselen de har. En ser også at antall skift i prosess som må kjøres for å produsere satt batchstørrelse varierer mellom 0,3 – 4,1 skift. I pakkeprosessen varer antall skift som skal til for å pakke gitt batchstørrelse mellom 0,3-6,7 skift.

6.3 Sammenligning av modell og dagens situasjon

6.3.1 Differanse i batchstørrelse

Batchstørrelsen fra modellen er funnet ut i fra økonomiske vektninger fra modell som forklart tidligere. Denne satt mot batchstørrelsen som kjøres i den daglige produksjonen viser differansen. Differansen er batchstørrelse fra modell subtrahert med batchstørrelsen hos Brynild Gruppen. Forskjellen mellom batchstørrelsen fra modell og Brynild Gruppen er også oppgitt i prosent. Modellen varierer en god del fra daglig produksjon da den ser produksjon fra et økonomisk ståsted. Tallene viser to forskjellige sider av batchstørrelsen. Modellen fokuserer på de økonomiske aspektene ved produksjonen og Brynild Gruppen sine tall fokuserer på å treffe etterspørselen i markedet.

Tabell 11 Viser forskjellen batchstørrelse i kilogram funnet av modell og batchstørrelse som kjøres hos Brynild Gruppen i kilogram. Det vises også differansen mellom funnet fra modell og virkeligheten gitt i kilogram og prosent.

Produkt	Batchstørrelse modell	Batchstørrelse Brynild	Differanse	Differanse i %
Dent Chillilakris	1681	1500	181	11 %
HF Dent Eukalyptus	4024	4500	-476	- 12 %
HF Dent Lakriskaramell	1662	1500	162	10 %
HF Dent Oi Fuzz	2719	3000	-281	- 10 %
HF Dent Oi Sur Pære	1699	1500	199	12 %
HF Dent Oi Zing	2057	1500	557	27 %
HF Dent Salt Lakris	2691	4500	-1809	- 67 %
HF Dent Trio	2991	4500	-1509	- 50 %
HF Gompegeleè	4917	3400	1517	31 %
HF Jellymen, ekstra tykke	6637	8000	-1363	- 21 %
HF Jordbærfisker	14025	7500	6525	47 %
HF Lakrisbuttons	1500	1200	300	20 %
HF Lakrisbåter	6045	7000	-955	- 16 %
HF Lakrisfrosker	667	600	67	10 %
HF Lakrisskaller	1500	1200	300	20 %

Produkt	Batchstørrelse modell	Batchstørrelse Brynild	Differanse	Differanse i %
HF Myke Seigmenn	9957	7000	2957	30 %
HF Salte Tær	1000	900	100	10 %
HF Skumfisk	1667	1000	667	40 %
HF Supermixgelè	8873	7300	1573	18 %
HF Sure buttons	12219	6500	5719	47 %
HF Sure Colaflasker skumgelè	6347	4500	1847	29 %
HF Sure Skumfrosker	8728	5000	3728	43 %
HF Sure Tær, rød/gul	4840	3900	940	19 %
HF Søte Gelehjerter	4890	6700	-1810	37 %
Korpus Dent Crush Medium salt	4200	4500	-300	- 7 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	3200	4500	-1300	- 41 %
Korpus Frutti beans xxl	3200	6600	-3400	- 106 %
Korpus Godtegommp Gul	3200	2300	900	28 %
Korpus Godtegommp Rød	3200	2300	900	28 %
Korpus Knatter	7080	3600	3480	49 %

Tabell 11 viser forskjellen i batchstørrelse funnet av optimeringsmodell og gjennomsnittlige batchstørrelse. Det er vist differansen mellom disse to. Her er største differanse på 106 % og minste på 6 %. Den totale differansen er på 19 414 kilogram.

6.4 Scenarioanalyse

Markedet til Brynild Gruppen svinger. Det er derfor gjort et scenario analyse for å se hvordan produksjon og pakkelinjen tåler en svingning i etterspørselen.

6.4.1 Dobbel etterspørsel

Det er gjort en dobling i etterspørselen. Det vises i Tabell 12 den batchstørrelsen som vil være optimal ved en dobling i etterspørsel sett fra et økonomisk perspektiv. Batchstørrelsen i kilogram varierer mellom 1333-15000, mens totalkostnaden varierer mellom 4249-101 271 kroner.

Tabell 12 Viser optimeringsmodellens optimale batchstørrelse i kilogram og totalkostnaden knyttet til hvert produkt når etterspørselen er endret til det dobbelte.

Produkt	Batchstørrelse	Totalkostnad
Dent Chillilakris	2513	17 243
HF Dent Eukalyptus	5691	44 121
HF Dent Lakriskaramell	2350	80 186
HF Dent Oi Fuzz	3846	60 849
HF Dent Oi Sur Pære	2403	43 127
HF Dent Oi Zing	2910	45 286
HF Dent Salt Lakris	3806	53 036
HF Dent Trio	4229	61 352
HF Gompegelè	6000	12 061
HF Jellymen, ekstra tykke	9386	26 344
HF Jordbærfisker	15000	65 998
HF Lakrisbuttons	3000	4 997
HF Lakrisbåter	8549	27 762
HF Lakrisfrosker	1333	4 249
HF Lakrisskaller	3000	5 029
HF Myke Seigmenn	14000	55 580
HF Salte Tær	2000	4 503
HF Skumfisk	3333	4 880
HF Supermixgelè	12547	10 781
HF Sure buttons	13000	50 329
HF Sure Colaflasker skumgelè	8000	13 712
HF Sure Skumfrosker	10000	35 505
HF Sure Tær, rød/gul	6844	12 152
HF Søte Gelehjerter	6915	21 413
Korpus Dent Crush Medium salt	5939	101 955
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	4526	84 445
Korpus Frutti beans xxl	3200	44 937
Korpus Godtegompe Gul	3200	36 693

Produkt	Batchstørrelse	Totalkostnad
Korpus Godtegompe Rød	3200	36 693
Korpus Knatter	7080	100 271
Totalt		1 165 489

6.4.2 Skiftpkapasitet dobbel etterspørsel

Svingningene i etterspørsel vil føre til måneder med dobbel etterspørsel. Resultatene viser at antall skift som maksimeres i prosess er økende. Antall skift som overskrider to skift på pakkemaskinen økes. Det er bare 9 av totalt 30 produkter som ikke overskrider pakking på to skift. Resultatene antyder hvor stor flaskehalsen på pakkesiden er for noen produkter ved dobbel etterspørsel. Årlige batcher ved dobbel etterspørsel er 522.

Tabell 13 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte en dobling i etterspørsel. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av to skift i prosess og pakking.

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
Dent Chillilakris	5	0,6	31 %	2,3	116 %
HF Dent Eukalyptus	2	1,1	57 %	4,6	232 %
Dent Lakriskaramell	45	0,6	29 %	2,2	109 %
HF Dent Oi Fuzz	7	1,0	48 %	8,0	401 %
HF Dent Oi Sur Pære	5	0,6	30 %	5,0	250 %
HF Dent Oi Zing	5	0,8	42 %	6,1	303 %
HF Dent Salt Lakris	13	0,8	42 %	3,5	176 %
HF Dent Trio	14	0,9	47 %	3,5	173 %
HF Gompegelè	7	2,0	100 %	4,4	222 %
HF Jellymen, ekstra tykke	18	0,9	47 %	3,9	196 %
HF Jordbærfisker	55	2,0	100 %	2,0	101 %
HF Lakrisbuttons	2	0,8	38 %	1,7	86 %
HF Lakrisbåter	12	1,1	53 %	4,6	229 %
HF Lakrisfrosker	2	0,7	33 %	0,8	38 %
HF Lakrisskaller	2	0,8	42 %	1,7	86 %

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
HF Myke Seigmenn	23	2,0	100 %	2,9	147 %
HF Salte Tær	2	0,6	28 %	1,2	58 %
HF Skumfisk	2	1,3	67 %	1,9	96 %
HF Supermixgelè	7	1,7	84 %	4,3	215 %
HF Sure buttons	27	2,0	100 %	5,4	271 %
HF Sure Colaflasker skumgelé	8	2,0	100 %	3,5	176 %
HF Sure Skumfrosker	18	2,0	100 %	4,0	200 %
HF Sure Tær, rød/gul	5	1,9	95 %	3,0	150 %
HF Søte Gelehjerter	8	0,8	41 %	1,6	82 %
Korpus Dent Crush Medium salt	18	1,7	85 %	6,6	330 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	13	1,1	57 %	5,0	251 %
Korpus Frutti beans xxl	41	2,0	100 %	0,5	24 %
Korpus Godtegom Gul	26	2,0	100 %	0,2	11 %
Korpus Godtegom Rød	26	2,0	100 %	2,1	107 %
Korpus Knatter	101	2,0	100 %	1,3	66 %
Totalt	522				

6.4.3 Halvering av etterspørsel

Det er gjort en halvering i etterspørselen. Optimal batchstørrelse ved halvert etterspørsel er vist i Tabell 14. Batchstørrelsen varierer mellom 333 – 9917 kilogram, mens totalkost knyttet til hvert produkt varierer mellom 2959 – 50 978 kroner.

Tabell 14 Viser batchstørrelsen i kilogram og totalkostnaden i norske kroner. Batchstørrelsen gitt er ved halvering av etterspørselen.

Produkt	Batchstørrelse [kg]	Totalkostnad [kr]
Dent Chillilakris	1189	8 590
HF Dent Eukalyptus	2846	22 060
HF Dent Lakriskaramell	1175	40 093
HF Dent Oi Fuzz	1923	30 425
HF Dent Oi Sur Pære	1201	21 563
HF Dent Oi Zing	1455	22 643
HF Dent Salt Lakris	1903	26 518
HF Dent Trio	2115	30 676
HF Gompegelè	3477	5 992
HF Jellymen, ekstra tykke	4693	13 172
HF Jordbærfisker	9917	32 557
HF Lakrisbuttons	750	3 076
HF Lakrisbåter	4275	13 881
HF Lakrisfrosker	333	3 333
HF Lakrisskaller	750	2 952
HF Myke Seigmenn	7040	27 797
HF Salte Tær	500	3 007
HF Skumfisk	833	2 959
HF Supermixgelè	6274	5 391
HF Sure buttons	8640	24 270
HF Sure Colaflasker skumgelé	4488	6 841
HF Sure Skumfrosker	6172	17 477
HF Sure Tær, rød/gul	3422	6 076
HF Søte Gelehjerter	3458	10 707
Korpus Dent Crush Medium salt	2970	50 978
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	2263	42 222
Korpus Frutti beans xxl	3200	16 521
Korpus Godtegompe Gul	3200	13 473
Korpus Godtegompe Rød	3200	13 473
Korpus Knatter	7080	38 174
Totalt		556 897

6.4.4 Skiftkapasitet halv etterspørsel

Svingninger i markedet i markedet vil føre til at produksjonen noen måneder vil måtte treffe en halvert etterspørsel. Det er interessant å se hvordan produksjonen håndterer halvert etterspørsel. Resultatet viser at en halvering i etterspørsel senker jevnt over de fleste batchstørrelsene bortsett fra de nederste fire produktene. Pakkelinen håndterer flere produkter på to skift, men det vises at over 100 % av kapasiteten blir benyttet for flere produkter. Resultatene fra Tabell 15 kan indikere en svakhet på pakkesiden også ved halvert etterspørsel. Dette tyder også på her at pakkekapasiteten er for lav for mange produkter når etterspørselen er lavere enn normalt. Årlige batcher vil være 205 ved halvert etterspørsel.

Tabell 15 Viser antall årlige batcher som kjøres for å møte en halvering i etterspørsel.. Antall skift i prosess og pakking er vist, samt en prosentverdi på bruken av to skift i prosess og pakking.

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
Dent Chillilakris	3	0,3	15 %	1,1	55 %
HF Dent Eukalyptus	1	0,6	28 %	2,3	116 %
Dent Lakriskaramell	23	0,3	15 %	1,1	54 %
HF Dent Oi Fuzz	4	0,5	24 %	4,0	200 %
HF Dent Oi Sur Pære	2	0,3	15 %	2,5	125 %
HF Dent Oi Zing	3	0,4	21 %	3,0	152 %
HF Dent Salt Lakris	6	0,4	21 %	1,8	88 %
HF Dent Trio	7	0,5	23 %	1,7	86 %
HF Gompegele	3	1,2	58 %	2,6	129 %
HF Jellymen, ekstra tykke	9	0,5	23 %	2,0	98 %
HF Jordbærfisker	21	1,3	66 %	1,3	67 %
HF Lakrisbuttons	2	0,2	9 %	0,4	22 %
HF Lakrisbåter	6	0,5	27 %	2,3	114 %
HF Lakrisfrosker	2	0,2	8 %	0,2	10 %
HF Lakrisskaller	2	0,2	10 %	0,4	22 %
HF Myke Seigmenn	12	1,0	50 %	1,5	74 %

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
HF Salte Tær	2	0,1	7 %	0,3	14 %
HF Skumfisk	2	0,3	17 %	0,5	24 %
HF Supermixgelè	4	0,8	42 %	2,2	108 %
HF Sure buttons	10	1,3	66 %	3,6	180 %
HF Sure Colaflasker skumgelé	3	1,1	56 %	2,0	99 %
HF Sure Skumfrosker	7	1,2	62 %	2,5	123 %
HF Sure Tær, rød/gul	3	1,0	48 %	1,5	75 %
HF Søte Gelehjerter	4	0,4	20 %	0,8	41 %
Korpus Dent Crush Medium salt	9	0,8	42 %	3,3	165 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	7	0,6	28 %	2,5	126 %
Korpus Frutti beans xxl	10	2,0	100 %	0,5	24 %
Korpus Godtegomps Gul	6	2,0	100 %	0,2	11 %
Korpus Godtegomps Rød	6	2,0	100 %	2,1	107 %
Korpus Knatter	25	2,0	100 %	1,3	66 %
Totalt	206				

6.4.5 Optimal batchstørrelses intervall

Sammenligning av halvert, normal og dobbel etterspørsel er vist i Tabell 16. Her menes minimal etterspørsel som den batchstørrelsen som bør kjøres ved halvering av etterspørsel. Normal batchstørrelse er den batchstørrelsen som modellens simuleringer får ved vanlig etterspørsel i markedet. Maksimal etterspørsel er den batchstørrelsen optimeringsmodellen mener bør kjøres ved en dobling i etterspørsel. Vil gi et hjelpende

bilde på batchstørrelsene produksjonsplanlegger bør legge seg innenfor sett fra et økonomisk perspektiv.

Tabell 16 Viser minimal, normal og maksimal batchstørrelse i kilogram. Dette når etterspørselen er henholdsvis halvert, normal og dobbel.

Produkt	Halvert etterspørsel	Normal batchstørrelse	Dobbel etterspørsel
Dent Chillilakris	1189	1681	2513
HF Dent Eukalyptus	2846	4024	5691
HF Dent Lakriskaramell	1175	1662	2350
HF Dent Oi Fuzz	1923	2719	3846
HF Dent Oi Sur Pære	1201	1699	2403
HF Dent Oi Zing	1455	2057	2910
HF Dent Salt Lakris	1903	2691	3806
HF Dent Trio	2115	2991	4229
HF Gompegele	3477	4917	6000
HF Jellymen, ekstra tykke	4693	6637	9386
HF Jordbærfisker	9917	14025	15000
HF Lakrisbuttons	750	1500	3000
HF Lakrisbåter	4275	6045	8549
HF Lakrisfrosker	333	667	1333
HF Lakrisskaller	750	1500	3000
HF Myke Seigmenn	7040	9957	14000
HF Salte Tær	500	1000	2000
HF Skumfisk	833	1667	3333
HF Supermixgelé	6274	8873	12547
HF Sure buttons	8640	12219	13000
HF Sure Colaflasker skumgelé	4488	6347	8000
HF Sure Skumfrosker	6172	8728	10000
HF Sure Tær, rød/gul	3422	4840	6844
HF Søte Gelehjerter	3458	4890	6915
Korpus Dent Crush Medium salt	2970	4200	5939
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	2263	3200	4526
Korpus Frutti beans xxl	3200	3200	3200

Produkt	Halvert etterspørsel	Normal batchstørrelse	Dobbel etterspørsel
Korpus Godtegom Gul	3200	3200	3200
Korpus Godtegom Rød	3200	3200	3200
Korpus Knatter	7080	7080	7080

Tabellen viser flere produkter der det ikke er noen forskjell i batchstørrelse ved forskjellig etterspørsel. Eksempelvis er dette produkter som «Korpus Frutti beans xxl, Korpus Godtegom Gul, Korpus Godtegom Rød, Korpus Knatter». Disse batchstørrelsene påvirkes ikke av at etterspørselen endres.

7 Diskusjon

I dette kapitlet vil det bli diskutert metodiske tilnærminger og resultater som har kommet frem i oppgaven. Videre vil det bli drøftet hvordan funnene kan påvirke produksjonen hos Brynild Gruppen.

7.1 Metodisk tilnærming

Det er valgt en case-studie knyttet til sukkerproduksjonen hos Brynild Gruppen. Analysen og resultatene beskriver i hovedsak enkeltprosesser i en spesifikk kontekst. Det vil dermed være begrenset hvor stort omfang av modellen som kan overføres til andre aktører. Dette er en generell svakhet ved å velge en case-studie (Easton, 2010). Det er likevel høy sannsynlighet for at andre aktører innenfor samme marked har mange like problemstillinger (Hopp & Spearman, 2011). Funnene i case-studien er dermed ikke direkte overførbar til en annen setting, men må videreutvikles og tilpasses det nye scenarioet (Godsell et al., 2011).

Ved å følge en metode, vil resultatene komme fra en dokumentert prosess og dermed ikke være partiske. Det er viktig å påpeke at forskning aldri kan være helt objektiv da det er forskeren selv som personlig har valgt og brukt metoden (Halldorsson & Aastrup, 2003). Det er også viktig å tenke over rammene for oppgaven. Problemet var på mange måter forhåndsdefinert av Brynild Gruppen. En slik føring kan føre til at forskeren tar påvirkede valg og dermed ikke følge metodevalget sitt bestemt (Yin, 2011).

En case-studie er et godt valg når problemsituasjonen er informativt beskrevet. Dette er et av forhåndskriteriene for å lage gode kvantitative modeller innenfor tidsperspektivet for studiet (Karlsson et al., 2016). En kvalitativ analyse knyttet til standardisering av arbeidet i produksjonen kunne gitt en bedre grunnforståelse. Bedre forståelse av produksjonen hadde gitt et bedre grunnlag for optimering av produksjonen. Dette er viktig for å sette teorien inn i den virkelige konteksten til Brynild Gruppen. Uten å forstå det praktiske, kan det bli vanskelig å implementere nye modeller (Wig, 2014).

En av svakhetene ved metoden er mangel på praktisk testing av batchstørrelse fra modell i en reell kontekst. Dette var ikke mulig med tanke på tidskapasiteten og at det faller utenfor denne oppgavens rammer. Troverdighet til case-studiet skapes også gjennom en

detaljert beskrivelse av metoden som er brukt for å komme frem til resultatene. Optimeringsmodellen er fullstendig beskrevet sammen med algoritmer og programvare. Dataloggfiler og programmeringskoden fra gjennomkjøringen er gitt. Det har blitt gjort flere besøk på Brynild Gruppen for å skape holdepunkter til teorien og vært et jevnlig samarbeid med produksjonsdirektør.

7.2 Modell og datagrunnlag

Optimeringsmodeller er et populært verktøy for å bruke matematikk som hjelpemiddel til å analysere scenarioer i det virkelige liv (Fauske, 2008). Spesielt innenfor optimalisering av batchstørrelse er optimering et populært verktøy. Benyttelse av matematiske uttrykk og algoritmer, blir av flere studier omtalt som effektive tiltak for å optimalisere batchstørrelse (Belvaux & Wolsey, 2001; Brahimi et al., 2006; Jans & Degraeve, 2008; Karimi et al., 2003; Wolsey, 2002).

Alle resultatene som er presentert er påvirket av forutsetningene som er tatt for modellen. To av faktorene som påvirker modellen er valgene av de stokastiske- og deterministiske parametere. Det er viktig å være bevisst på at de parameterne som er valgt som deterministiske i denne oppgaven kan være stokastiske i virkeligheten. Dette fører til usikkerhet ved validering av modellen (Stirzaker, 2005).

Et fellestegn ved de stokastiske parameterne som er brukt i modellen er at de er hentet ved kvalitativ datainnsamling. Tallene er basert på erfaringer hos produksjonssjef i Brynild Gruppen, altså er de ikke innhentet ved bruk av systematiske observasjoner. Tallene tatt for omstillinger i produksjonen er et gjennomsnitt av alle teoretisk mulige omstillinger. Det er dermed viktig at en ikke overser betydningen av de stokastiske parameterne i modellen og usikkerheten knyttet til disse (Fauske, 2008).

Omstillingstidene bør observeres og valideres i større grad. Mye av modellen tar for seg teoretiske mulige produksjonskapasiteter. Det anbefales derfor en større analyse og kartlegging av tilgjengelighet, anleggsutnyttelse og kvalitet (TAK). Dette samt en kartlegging av de stokastiske parameterne vil kunne gi et bedre bilde på produksjonen (Wig, 2014).

De deterministiske parameterne er innhentet ved kvantitativ datainnsamling. Disse står for den største delen av parametere i modellen, og mye av modellens resultat vil dermed være fullstendig bestemt av faktorer som er definert. Deterministiske modeller tar ikke hensyn til usikkerhet i data som blir implementert (Fauske, 2008). Det skapes troverdighet til de kvantitative tallene ved at det er disse tallene som blir brukt i den daglige produksjonen og de kommer fra Brynild Gruppen sin produksjonsplan. Det er derimot flere som mener at det ikke finnes rene deterministiske problemer, og at det alltid vil være usikkerhet knyttet til kostnadsfaktorer (Fitzsimmons, 2006). Usikkerhet kan være positivt da det ofte ikke satses på en løsning uten å ta forhåndsregler til usikkerheten.

Det er valgt å ha lik rente på alle produktene som blir lagret på halvfabrikatalager og ferdigvarelageret i Moss. Dette er valgt ut i fra tidligere litteratur, men kan spesifiseres da renteverdien i realiteten er spesifikk for hvert produkt. Modellen straffer dermed halvfabrikat og ferdigvarelager noe annerledes enn det vil være i virkeligheten. Straff av lagerkostnader fører samtidig til at unødvendig lagring av varer blir mindre. I et Lean perspektiv er dette positivt fordi det minimerer prosesser som ikke tilfører varene noen verdi (Modig & Åhlström, 2014). Omgjøringsfaktoren mellom prosess og pakking påvirker også modellen. Det er vanskelig å si med sikkerhet hvilken faktor som er riktig for blandingsposer som også pakkes mono.

Følsomhetsanalyse kan dermed være en måte å vise hvordan resultatene påvirkes av endring i dataen i modellen. På en annen side argumenterer Jörnsten et al. (1999) for at følsomhetsanalyse for deterministiske modeller ikke sier noe om selve effekten av usikkerheten. Følsomhetsanalyse kan her bare brukes til å analysere endringer av faktorer som ikke er usikre. Det er ut i fra denne argumentasjonen kun gjort en scenarioanalyse på hvordan etterspørselen påvirker modellen. Dette er også i tråd med ønskene Brynild Gruppen har til at modellen skal være et hjelpemiddel for produksjonsplanleggeren.

Objektsfunksjonen som beskriver kostnadene som skal minimaliseres, tar utgangspunkt i klassisk produksjonsteori og spesielt EOQ modellen. Modellen baserer seg på at etterspørselen er konstant og kjent. Dette stemmer ikke helt med hvordan etterspørselen til Brynild Gruppen ser ut, da det tidvis er store svingninger i etterspørselen deres. Modellen kan også diskuteres i henhold til kritikken av EOQ-modellen (Slack et al., 2013). Dette grunnet at optimeringsmodellen tar utgangspunkt i det er faste utgifter

knyttet til produksjon. Det kan dermed lede til at det blir mer fokus på å finne den optimale batchstørrelsen i stedet for å rette fokuset mot å endre kostnadene (Slack et al., 2013).

En av fordelene ved å bruke SAS Studio til å programmere optimeringsprogrammet er dens relativt lette syntax. Her er det mulig å kalle på en optimeringspakke som velger en løsningsalgoritme med utgangspunkt i objektsfunksjonen og begrensningene som er satt. Modellen kjører en interior point algoritme for å løse det ikke-lineære optimeringsproblemet. En kritikk til bruken av en programvare er at den selv velger algoritme for å løse objektsfunksjonen. Dette kan gi en følelse av at en ikke forstår prosessen og hva maskinvaren gjør med objektsfunksjonen. En sikkerhet for forståelse av løsningen er at en logg fra SAS programmet vises ved simulering. Denne loggen viser i detalj hvilke operasjoner programvaren har gjort for å finne den optimale batchstørrelsen. Algoritmen passer godt, da det er en algoritme som er populær ved ikke-lineære problemer der begrensningene er definert ved ulikheter (Akrotirianakis & Rustem, 2005; Byrd et al., 1999).

7.3 Utdata

7.3.1 Batchstørrelse

Det har i dette studiet blitt funnet optimale batchstørrelser for produkter ut i fra et økonomisk ståsted. Produksjonen er dermed bare sett ut i fra et økonomisk perspektiv, og sier ikke noe om dette totalt sett er det mest praktiske. De økonomiske faktorene som er tatt hensyn til er svinn, omstilling og lagerkostnader. Batchstørrelsene som er funnet er jevnt over høye, noe som samsvarer med det Brahim et al. (2006); Slack et al. (2013) omtaler i sine studier om batchstørrelser.

Tallene alene sier ikke så mye om hvor god modellen i studiet er, og må sees i sammenheng med produksjonen. Det er derfor valgt benchmarking av modellen opp mot de batchstørrelsene som finnes i Brynild Gruppen i dag for å sjekke validiteten til tallene fra modellen (Zhu, 2014). En sammenligning av tallene viser en klar differanse. Differansen ligger på 7%-106%. Dette gir grunn til å tvile på tallene som kommer fra modellen. Det er derfor viktig å tenke på om det er tallene fra modellen eller produksjonen

som er standarden en ønsker å forholde seg til. Om tallene fra modellen er mulig å stole på når differansen er så stor, er derfor et viktig spørsmål å stille seg.

Først må en ha et innblikk i hva differansen mellom modell og Brynild Gruppen faktisk betyr. Tallene fra modellen kommer i et økonomisk perspektiv på produksjonen og pakkingen. Dette medfører at batchstørrelsene har en annen størrelse grunnet det økonomiske aspektet ved produksjon og pakking. Her er det tatt hensyn til økonomiske kostnader og begrensninger på produksjon. Brynild Gruppen sine tall kommer fra et ERP system som kun ser på en etterspørsel som skal møtes. Dette er en kalkulator som ikke tar hensyn til de økonomiske aspektene ved produksjon, men kun ledetid og når produktene skal ut i markedet.

Brynild Gruppen har ikke tidligere sett på det økonomiske aspektet i bedriftens sukkerproduksjon. Dette tilsier at det er vanskelig å bestemme seg for om tallene til Brynild Gruppen eller modell er de optimale. Det kan dermed være interessant å velge modellen som har trukket inn et nytt moment, nemlig de økonomiske aspektene ved produksjon og pakking. Usikkerhet rundt forenkling av modell og datagrunnlag er fortsatt viktig å ha et forhold til (Brahimi et al., 2006).

7.3.2 Kostnadsdrivere

Totalkostnaden er knyttet til omstilling, svinn og lagerkostnader. Optimeringsmodellens årlige totalkostnad er på 800 221 kroner og det produseres 298 batcher. Til sammenligning er Brynild Gruppen sine årlige totalkostnader på 894 406 kroner og det produseres 394 batcher i året. Resultatene viser dermed at de kan spare 94 185 kroner ved å optimere batchstørrelsen i rene totalkostnader. Det er også verdt å merke seg at det produseres 96 færre batcher i året ved en optimert produksjon. Det må gjøres en større utfyllende analyse av hvor mye en batch koster i rene utgifter knyttet til personale. Dette vil føre til enda større besparelser knyttet til utgifter i produksjonen (Olhager, 2000).

Svinnkostnadene ligger på henholdsvis 26 % fra modell og 30 % fra Brynild Gruppen. Tallene for svinn er kvalitative, men utgjør en stor prosent av totalkostnaden. Produksjonsparken til Brynild Gruppen er satt, så det kan gi en indikasjon på at det også burde være en nedre grense på produksjonsstørrelsen i modellen. Grunnet at svinnkostnaden vil være en del av oppstartskostnaden (Brahimi et al., 2006).

Sektordiagrammet i resultatdelen viser prosentvis fordeling av totalkostnadene. Sammenligner man sektordiagrammene til modellen og Brynild Gruppen, antyder den sammenheng i fordeling av kostnadsfaktorer. Det vises i begge at lagerkostnadene står for den største prosentandelen av totalkostnadene. Rente på lager og halvfabrikatalager er satt fra litteratur og kunne blitt regnet ut systematisk for de forskjellige produktene. En slik utregning ville gitt et mer representativt bilde av hvor store kostnadene var i praksis, men det teoretiske bildet indikerer hvor de store utgiftene ligger. Sektordiagrammet indikerer dermed hvor de produksjonsmessige utfordringene ligger og hvor det bør gjøres en grundigere analyse (Nahmias, 2001).

7.3.3 Prosess- og pakkekapasitet

Resultatene fra optimeringsmodellen og dagens situasjon tyder på at produksjon har dårlig taktid (Modig & Åhlström, 2014). Pakkelinjen klarer ikke alltid å pakke antall kilo som blir laget i prosess over to skift. Det er hele 12 av 30 produkter som ikke blir pakket på to skift. Dette fører til at varer blir lagret på gulv.

Dette indikerer at pakkekapasiteten til Brynild Gruppen er for lav i forhold til hva prosesskapasiteten er. Det fører med seg kontinuerlig dårlig flyt for hele produksjonssystemet. I praksis vil det bety at hvis en skal prosessere Dent Oi Fuzz vil det ta 5,7 skift å pakke noe som vil ta 0,7 skift å prosessere. Her vil det nesten brukes tre arbeidsdager å pakke opp noe som lages på en halv dags arbeid. I realiteten vil dette føre til at det ikke er sikkert at produktet blir pakket opp før det er etterspørsel etter et nytt produkt på linja. Det vil da endres til et nytt produkt på pakkelinjen, og det forrige produktet vil ligge igjen på halvfabrikatlager.

I et Lean perspektiv vil det være interessant å kvitte seg med de ikke verdiskapende prosessene i produksjonen. Ved for store batchstørrelser vil det bli et stort lager av halvfabrikata mellom prosess og pakking (Modig & Åhlström, 2014). Ved kontinuerlig arbeid og trimming på pakkelinjene i stedet for en stor investering, kan det spares inn penger på utnyttelsen av skift. Ved en forbedring på 25 % på pakkelinjene vil Dent Oi Fuzz ta 4,5 skift å pakke i stedet for 5,7 dette tilsvarer i underkant et dagsarbeid som vist i Vedlegg 2. På en årsbasis vil det senke antall skift i pakking med 14 skift som tilsvarer syv arbeidsdager.

Resultatene indikerer at pakkekapasiteten er flaskehalsen i produksjonen (Rother et al., 2003). Det er spesielt pakkemaskinene knyttet til Dent produkter som står for de største overskridelsene av kapasiteten. Dette antyder hvilket satsningsområde Brynild Gruppen må ha for å få ned totalkostnaden.

7.3.4 Scenarioanalyse

Det er gjort en scenarioanalyse for å se hvordan produksjonen til Brynild Gruppen håndterer svingninger i etterspørsel fra markedet. En dobling i etterspørsel vil føre til at kapasiteten på pakkelinjen følger takten til prosess enda dårligere. Her vil Dent Oi fuzzi ta hele 8 skift å pakke. Dette er det samme som fire arbeidsdager og antyder hvor stor flaskehals pakkekapasiteten til Dent er.

En halvering av etterspørsel viser at Dent Oi fuzzi fortsatt tar fire skift å pakke. Igjen tyder resultatene på at pakkemaskinen ikke greier å håndtere etterspørselen som markedet etterspør. Stor variasjon i markedet vil føre til et skifte i etterspørsel, og pakkekapasiteten samsvarer i flere tilfeller ikke med prosesskapasiteten. Resultatene indikerer hvor stor flaskehals pakkemaskinen er og antyder et stort forbedringspotensial (Rother et al., 2003).

7.4 Optimering

Det er interessant å se på hvordan Brynild Gruppen kan bruke modellen til å optimere produksjonen sin i et økonomisk perspektiv. Forbrukermarkedet deres krever variasjon, leveringsfleksibilitet og lave priser (Hopp & Spearman, 2011). Er derfor en så stor halvfabrikatlagring som resultatene tyder på nødvendige for Brynild Gruppen. I følge Buzacott (1976) er det vist at lagring av varer mellom maskiner med en begrenset kapasitet fører til kø i systemet. Pakkekapasiteten vil her føre til at det blir kø mellom prosess og pakking. Tidsperspektivet kan føre til at det blir etterspørsel for en ny vare. En ny forespørsel vil lede til omstilling på pakkelinjen slik at den forrige varen blir liggende enda lenger på halvfabrikatlager.

En nedgang i batchstørrelse slik at halvfabrikatlageret senkes kan være interessant. Det er nemlig vist at produksjonskapasiteten økes når det lagres mindre varer enn det det er kapasitet til (Olhager, 2000). Svinnkostnadene knyttet til lave batchstørrelser kan fort bli

store da de er en oppstartskostnad. Siden oppstartskostnadene knyttet til produksjon er store, vil det ikke være gunstig å produsere hyppigere og mindre batcher. Brynild Gruppen får kanskje ikke en fornemmelse av pakkekapasitet i og med at mange av produktene har en holdbarhet på opptil 540 dager på lager. Slik kapasiteten på pakkelinjen er nå, vil det være vanskelig å få ned batchstørrelsen uten bekostning av store utgifter knyttet til omstilling og svinn.

På en annen side kan Brynild Gruppen sikre seg mot usikkerhet i markedet ved å bruke lager, holdbarhet og utnytte kapasiteten de har på prosesslinjen sin. De kan bruke lager og kapasitet som buffer slik fabrikker med MTS strategi ofte gjør (Hopp & Spearman, 2011). Sikkerhetslageret vil benyttes når etterspørselen er høyere enn forventet. Bruk av sikkerhetslager og regler for batchtørrelser kan være metoder å bruke mot usikkerhet. Det kan også planlegges for høye batcher for produksjonen for å være sikker på at en greier å produsere nok, selv om dette vil føre til at halvfabrikatlageret blir stort (Koh et al., 2002).

En kombinert MTS og MTO produksjonssystemet er populært i næringsmiddelbedrifter (Arreola-risa & DeCroix, 1998). Brynild Gruppen sin varierende produktetterspørsel gjør at pakkelinjen som nevnt ovenfor til tider vil bli overbelastet. En MTS-MTO modell der det klassifiseres MTO og MTS produkter vil kunne lette belastningen på pakkelinjen. Her vil det i perioder med lavere etterspørsel bli produsert MTO varer slik at lagerkostnadene kan senkes (Soman et al., 2004).

I en lage-og-pakke produksjon som case-studien tar for seg kan en annen mulighet være blokk-planlegging (Bilgen & Günther, 2010; Günther et al., 2006; Nahmias, 2001). Hos Brynild Gruppen som i andre produksjonsfabrikker finnes det en naturlig rekkefølge på produksjon av produktene (Günther et al., 2006). Alt fra å kjøre lyse produkter før mørke produkter til grunnmasse. I Brynild Gruppen er det derimot ikke en utbredt dokumentasjon på den naturlige rekkefølgen, og mye av planleggingen går på produksjonsplanleggeren sin erfaring. Et større fokus på blokk-planlegging kunne dermed ført til økt effektivitet på linjene, som igjen leder til at det blir færre omstillinger på pakkelinjen (Günther et al., 2006). En slik ordning vil også føre til en økt dokumentasjon i planleggingsfasen hos produksjonsplanleggeren. Noe som gjør det mulig for en ny person å ta over planleggingen hvis produksjonsplanleggeren slutter.

Selv om optimering er ønskelig, er det viktig å ha et objektivt øye til hva problemene i produksjonen er. Det er vanskelig å optimere en produksjon hvor taktiden mellom prosess og pakking samsvarer dårlig. En kan da optimere batchstørrelsen, men flaskehalsen på pakkesiden vil bli et stort problem som må vurderes. Det er viktig å komme til bunns i flaskehalsen som dette studiet indikerer (Wig, 2014).

7.5 Generalisering

Tallene gitt i dette studiet er spesifikt for produksjonen som skjer i Brynild Gruppen, men temaet optimalisering er aktuelt for aktører i samme bransje. Det er store utgifter knyttet til arbeiderne som skal utføre jobben og en effektiv bruk av tiden deres er viktig (Hopp & Spearman, 2011). En nedgang i arbeidere og en optimering av produksjon vil føre til en enda større profitt. ERP systemer som bedrifter har implementert kan gi et blindt bilde på produksjonen. Det gir en falsk trygghet hvis ikke lederskapet i bedriften har noe forhold til eller videreutvikler produksjonen sin. Derimot en god forståelse og et godt datasystem som hjelpemiddel har vist seg å gi gode resultater (Rardin, 2016).

Brynild Gruppen har som flere norske produsenter produksjonen sin i Norge, og er avhengig av å produsere optimalt for å kunne være konkurransedyktige i markedet (Hamister, 2007). Dette studiet gir en indikasjon på hvordan en bedrift kan måle sin egen produksjon ut i fra et økonomisk perspektiv. Mye av produksjonen blir typisk flyttet til lavkostland (Hopp & Spearman, 2011). Da er spørsmålet hva en skal gjøre når det ikke er flere lavkostland å flytte produksjonen til. Det vil da bli viktig å være adaptiv til den teknologiske utviklingen i markedet (Van Elzakker et al., 2014). Forståelse av produksjonen, markedet og implementering av ny teknologi vil være nøkkelford for å være konkurransedyktig i et marked under utvikling (Roberts et al., 2015).

7.6 Videre arbeid

Optimeringsmodellen laget i denne oppgaven krever konstant etterspørsel og gir kun innblikk i batchstørrelse under bestemte rammer. Den optimale batchstørrelsen sier ikke leseren så mye uten å kjenne produksjonskonteksten. En videreutvikling av modellen der det sees på optimal produksjonsrekkefølge hadde vært interessant for totalkostnadsbildet. Produksjonsrekkefølgen vil ha mye å si for omstillingskostnader og svinn, fordi rekkefølge har mye å si på hvor mye svinn som vil forekomme. Ved en grundigere

kartlegging av produktfamilier og naturlig rekkefølge vil det være mulig å lage en optimert produksjonsrekkefølge. Det er også flere produkter som ikke fyller opp et skift i prosess. Derfor er det viktig at produksjonsrekkefølgen fyller ut skiftene en har tilgjengelig.

En systematisk undersøkelse av omstillingstider og svinnkostnader vil ut i fra resultatene være gunstige å se på. Det har blitt sett at svinnkostnader har stått for en stor prosentandel av totalkostnaden. Ingen tidligere analyse av svinnkostnadene har blitt gjort hos Brynild Gruppen. En undersøkelse av omstillingstidene vil også gi modellen et bedre grunnlag og det vil være en fordel at alle parameterne er deterministiske

En naturlig utvidelse av dette studiet vil dermed være å undersøke effekten av å innføre den optimale batchstørrelsen som har blitt funnet. Pakkemaskinen bør også trimmes slik at den opererer på en høyere hastighet. Det er vanskelig å få ned lagerbeholdningen på gulv med dagens pakkekapasiteter og produksjonsstrategi. Optimal batchstørrelse samt en videreutvikling hvor det sees på optimal produksjonsrekkefølge vil gi en god start på en reell optimeringsmodell.

8 Konklusjon

Det har blitt laget en modell som finner optimal batchstørrelse sett i et økonomisk perspektiv. Modellen har blitt laget i SAS Studio, hvor løsningsalgoritmen «interior point» har blitt benyttet for å løse en ikke-lineær objektsfunksjon.

Totalkostnadene knyttet til produksjonen har blitt kartlagt. Resultatene har vist at lagerkostnadene står for den største delen av totalkostnaden. Svinnkostnadene er også så store at det bør bli gitt en grundigere analyse på hvor store disse kostnadene er for hvert produkt. Et sektordiagram av totalkostnadene knyttet til produksjon viser seg å være liknende for modell og Brynild Gruppen sine batchstørrelser. Det vil spares 94 000 kroner i totalkostnader ved å kjøre de batchstørrelsene som modellen har kommet frem til. Batchstørrelsene fra modellen og Brynild Gruppen differerer. Tallene fra modellen kommer i et økonomisk perspektiv på produksjonen og pakkingen. Dette medfører at batchstørrelsene har en annen størrelse grunnet det økonomiske aspektet ved produksjon og pakking.

Batchstørrelsene satt i kontekst med skiftkapasitet har identifisert en flaskehals på pakkesiden. Prosesslinjen og pakkelinjen har forskjellige kapasiteter som fører til en dårlig kontinuerlig flyt. Det er også vist at pakkemaskinen i flere tilfeller heller ikke greier å håndtere svingninger i markedet. Forskjellen i taktid fører til store lagerutgifter og en investering på pakkemaskinen bør tas til betraktning.

Da denne studien bare er en start på optimering hos til Brynild Gruppen, er det viktig at den kan implementeres inn med andre funn. Det vil derfor være en ide å se på produksjonsstrategier som kan passe inn. MTS-MTO hybrid eller en blokkplanlegging kan være gunstige strategier å studere grundigere grunnet de høye lagerkostnadene i studiet. Optimering skjer ikke over natten og må derfor innføres som en del av satsningsområdet til Brynild Gruppen.

9 Referanser

- Akrotirianakis, I. & Rustem, B. (2005). Globally convergent interior-point algorithm for nonlinear programming. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 125 (3): 497-521.
- Arreola-risa, A. & DeCroix, G. A. (1998). Make-to-order versus make-to-stock in a production–inventory system with general production times. *IIE Transactions*, 30 (8): 705-713. doi: 10.1023/a:1007539722077.
- Baxter, P. & Jack, S. (2008). Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researcher. *The Qualitative Report*, 13 (4): 544-559.
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D. & Shetty, C. M. (2013). *Nonlinear programming: theory and algorithms*: John Wiley & Sons.
- Belvaux, G. & Wolsey, L. A. (2001). Modelling Practical Lot-Sizing Problems as Mixed-Integer Programs. *Manage. Sci.*, 47 (7): 993-1007. doi: 10.1287/mnsc.47.7.993.9800.
- Bilgen, B. & Günther, H.-O. (2010). Integrated production and distribution planning in the fast moving consumer goods industry: a block planning application. *OR Spectrum*, 32 (4): 927-955. doi: 10.1007/s00291-009-0177-4.
- Brahimi, N., Dauzere-Peres, S., Najid, N. M. & Nordli, A. (2006). Single item lot sizing problems. *European Journal of Operational Research*, 168 (1): 1-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.01.054>.
- Buzacott, J. A. (1976). The production capacity of job shops with limited storage space. *International Journal of Production Research*, 14 (5): 597-605. doi: 10.1080/00207547608956378.
- Byrd, R. H., Hribar, M. E. & Nocedal, J. (1999). An Interior Point Algorithm for Large-Scale Nonlinear Programming. *SIAM Journal on Optimization*, 9 (4): 877-900. doi: 10.1137/s1052623497325107.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 6. utg. Essex: Pearson Education.
- Constantino, M. (1996). A cutting plane approach to capacitated lot-sizing with start-up costs. *Mathematical Programming*, 75 (3): 353-376. doi: 10.1007/bf02592189.
- Dalland, O. (2007). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 4 utg. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Easton, G. (2010). Critical realism in case study research. *Industrial Marketing Management*, 39 (1): 118-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.06.004>.
- Entrup, M. L. (2006). *Advanced planning in fresh food industries: integrating shelf life into production planning*: Springer Science & Business Media.
- Fauske, M. F. (2008). *Optimeringsmetoder innen operasjonsanalyse - en oversiktsstudie*. FFI rapport 2008/00123. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt
- Fitzsimmons, M. (2006). The Problem of Uncertainty in Strategic Planning. *Survival*, 48 (4): 131-146. doi: 10.1080/00396330601062808.
- Forsgren, A., Gill, P. & H. Wright, M. (2002). *Interior Methods for Nonlinear Optimization*, b. 44.
- Godsell, J., Diefenbach, T., Clemmow, C., Towill, D. & Christopher, M. (2011). Enabling supply chain segmentation through demand profiling. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41 (3): 296-314. doi: 10.1108/09600031111123804.

- Günther, H. O., Grunow, M. & Neuhaus, U. (2006). Realizing block planning concepts in make-and-pack production using MILP modelling and SAP APO ©. *International Journal of Production Research*, 44 (18-19): 3711-3726. doi: 10.1080/00207540600589127.
- Halldorsson, A. & Aastrup, J. (2003). *Quality Criteria for Qualitative Inquiries in Logistics*, b. 144.
- Hamister, J. W. (2007). *Impact of category management practices on performance of FMCG supply chains*: State University of New York at Buffalo.
- Hillier, F. & Hillier, M. (2013). *Introduction to Management Science: Fifth Edition*: McGraw-Hill Higher Education.
- Hopp, W. J. & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, b. 3. New York: Waveland Press.
- Jans, R. & Degraeve, Z. (2008). Modeling industrial lot sizing problems: a review. *International Journal of Production Research*, 46 (6): 1619-1643. doi: 10.1080/00207540600902262.
- Jörnsten, K., Wallace, S. W. & Storøy, S. (1999). *Operasjonsanalyse*. Oslo: Cappelen akademisk forl.
- Karimi, B., Fatemi Ghomi, S. M. T. & Wilson, J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, 31 (5): 365-378. doi: [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(03\)00059-8](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(03)00059-8).
- Karlsson, C., Åhlström, P., Forza, C., Voss, C., Godsell, J., Johnson, M., Coughlan, P., Coughlan, D., Bertrand, J. & Fransoo, J. (2016). *Research Methods for Operations Management*.
- Karmarkar, U. (1989). Getting Control of Just-In-Time. *Harvard Business Review*, 67 (September - October).
- Koch, C. & Lödding, H. (2014). *Requirements for a Value Stream Mapping in Make-To-Order Environments*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Koh, S. C. L., Saad, S. M. & Jones, M. H. (2002). Uncertainty under MRP-planned manufacture: Review and categorization. *International Journal of Production Research*, 40 (10): 2399-2421. doi: 10.1080/00207540210136487.
- Langtangen, H. P. (2016). *A Primer on Scientific Programming with Python*, b. 5. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co KG.
- Modig, N. & Åhlström, P. (2014). *Detta er Lean: Løsningen på effektivitetsparadokset*. Stockholm: Rheologica Publishing.
- Nahmias, S. (2001). *Production and operations analysis*. 4. utg. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Oates, B. J. (2005). *Researching information systems and computing*: Sage.
- Olhager, J. (2000). *Produktionsekonomi*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Rardin, R. L. (2016). *Optimization in Operations Research*: PRENTICE HALL.
- Roberts, J., Kayande, U. & Srivastava, R. K. (2015). *What's Different About Emerging Markets, and What Does it Mean for Theory and Practice?*: Springer.
- Rother, M., Shook, J. & Institute, L. E. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*: Taylor & Francis.
- SAS Institute Inc. (2014). *SAS/OR® 13.2 User's Guide: Mathematical Programming*. Cary: SAS Institute Inc.
- Science, I. o. F. & Technology. (1993). *Shelf Life of Foods: Guidelines for Its Determination and Prediction*: Institute of Food Science & Technology (UK).

- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnston, R. (2013). *Operations management*. 7. utg. Harlow: Pearson Education Limited.
- SNL. (2018). *Parameter*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/parameter> (lest 18.03.2018).
- Soman, A. C. (2018). *Make-to-order and make-to-stock in food processing industries*. Doktoravhandling. Ridderkerk: Rijksuniversiteit Groningen. Tilgjengelig fra: <https://www.rug.nl/research/portal/files/9819437/thesis.pdf> (lest 01.05.2018).
- Soman, C. A., van Donk, D. P. & Gaalman, G. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, 90 (2): 223-235. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00376-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00376-6).
- Stirzaker, D. (2005). *Stochastic Processes and Models*. New York: Oxford University Press.
- Tjønneland, E. (2018). *Determinisme*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/determinisme> (lest 18.03.2018).
- Van Elzakker, M. A. H., Zondervan, E., Raikar, N. B., Hoogland, H. & Grossmann, I. E. (2014). Optimizing the tactical planning in the Fast Moving Consumer Goods industry considering shelf-life restrictions. *Computers & Chemical Engineering*, 66: 98-109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2014.01.020>.
- Van Vyve, M. & Ortega, F. (2004). Lot-sizing with fixed charges on stocks: the convex hull. *Discrete Optimization*, 1 (2): 189-203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.disopt.2004.07.001>.
- Voß, S. & Woodruff, D. L. (2006). *Introduction to computational optimization models for production planning in a supply chain*, b. 240: Springer Science & Business Media.
- Wig, B. B. (2014). *LEAN: ledelse for lærende organisasjoner*, b. 2. : Gyldendal.
- Wilson, R. A. (2006). *17th Annual State of Logistics Report®: "embracing Security as a Core Business Function"*: Council of Supply Chain Management Professionals.
- Wolsey, L. A. (2002). Solving Multi-Item Lot-Sizing Problems with an MIP Solver Using Classification and Reformulation. *Management Science*, 48 (12): 1587-1602. doi: 10.1287/mnsc.48.12.1587.442.
- Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1991). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*: HarperCollins.
- Ye, Y. (1996). Interior-Point Algorithm: Theory and Analysis.
- Yin, R. K. (2011). Case Study Research: Design and Methods. *Modern Language Journal*, 95 (September): 474. doi: 10.1111/j.1540-4781.2011.01212_17.x.
- Zhu, J. (2014). *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets*, b. 213: Springer.

10 Vedlegg

10.1 Programmeringskode

Program Summary - ferdig_kode_1.sas

Execution Environment

Author: phjesper@gmail.com
File: /home/phjesper0/Master/ferdig_kode_1.sas
SAS Platform: Linux LIN X64 3.10.0-693.21.1.el7.x86_64
SAS Host: ODAWS01.ODA.SAS.COM
SAS Version: 9.04.01M5P09132017
SAS Locale: nb_NO
Submission Time: 10.5.2018, 03:05:29
Browser Host: 128.39.234.3
User Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/66.0.3359.139 Safari/537.36 Application
Server: ODAMID00-PROD-IE.ODA.SAS.COM

Code: ferdig_kode_1.sas

```
proc import out=indata
  DATAFILE='/home/phjesper0/Master/Minresultater1.xlsx'
  DBMS=XLSX replace;
  GETNAMES=YES;

title 'Vanlige produksjonstall'; proc
print data=indata;
run

Proc optmodel;
set <str> box;
var Q >= 0;
number c1{box};
number D{box};
number cap1{box};
number r1{box};
number r2{box};
number o1{box};
number f{box};
number o2{box};
number c2{box};
number p1{box};
number p2{box};
number cap2{box};
number life{box};
number w{box};

read data indata into box=[type] c1 D cap1 r1 r2 o1 f o2 c2 p1 p2 cap2 life w;
print c1 D cap1 r1 r2 o1 f o2 c2 p1 p2 cap2 life w;

str product_name;
minimize Z = ((Q/2)*((c1[product_name]*r1[product_name])+(c2[product_name]*r2[product_name]*f[product_name])))
+(D[product_name]/Q)*(((o1[product_name]*p1[product_name]) + (o2[product_name]*p2[product_name]*f[product_name])))*300

con MinShelfLife:(life[product_name]-((360)/(D[product_name]/Q))) >= 120;
con MaxShiftSize1: Q/cap1[product_name] <= 2;

ODS EXCLUDE ALL; num
Qsol {box}; num Zsol
{box}; for {product in
box} do; product_name =
product;
solve;
Qsol[product] = Q;
Zsol[product] = Z;
end;
ODS SELECT ALL;
print Qsol Zsol;
quit;
```

Vedlegg 1 Viser programmeringskoden som er skrevet SAS Studio for å optimalisere batchstørrelsen hos Brynild Gruppen.

10.2 25 % bedre kapasitet på pakkelinjen

Viser kapasitet på pakkelinjen ved en forbedring på 25 % fra vanlig pakkekapasitet.

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
Dent Chillilakris	4	0,4	21 %	1,2	62 %
HF Dent Eukalyptus	13	0,8	40 %	2,6	132 %
Dent Lakriskaramell	4	0,4	21 %	1,2	62 %
HF Dent Oi Fuzz	5	0,7	34 %	4,5	227 %
HF Dent Oi Sur Pære	4	0,4	21 %	2,8	142 %
HF Dent Oi Zing	4	0,6	29 %	3,4	171 %
HF Dent Salt Lakris	9	0,6	30 %	2,0	100 %
HF Dent Trio	10	0,7	33 %	2,0	98 %
HF Gompegelè	4	1,6	82 %	2,9	146 %
HF Jellymen, ekstra tykke	12	0,7	33 %	2,2	111 %
HF Jordbærfisker	30	1,9	93 %	1,5	75 %
HF Lakrisbuttons	2	0,4	19 %	0,7	35 %
HF Lakrisbåter	9	0,8	38 %	2,6	129 %
HF Lakrisfrosker	2	0,3	17 %	0,3	15 %
HF Lakrisskaller	2	0,4	21 %	0,7	35 %
HF Myke Seigmenn	16	1,4	71 %	1,7	84 %
HF Salte Tær	2	0,3	14 %	0,5	23 %
HF Skumfisk	2	0,7	33 %	0,8	38 %
HF Supermixgelè	5	1,2	59 %	2,4	122 %
HF Sure buttons	14	1,9	94 %	4,1	204 %
HF Sure Colaflasker skumgelé	5	1,6	79 %	2,2	112 %
HF Sure Skumfrosker	11	1,7	87 %	2,8	139 %
HF Sure Tær, rød/gul	4	1,3	67 %	1,7	85 %
HF Søte Gelehjerter	6	0,6	29 %	0,9	47 %

Produkt	Årlige batcher	Antall skift prosess	% av to-skift prosess	Antall skift pakking	% av to-skift pakking
Korpus Dent Crush Medium salt	12	1,2	60 %	3,7	187 %
Korpus Dent Crush Pomello Jordbær	9	0,8	40 %	2,8	142 %
Korpus Frutti beans xxl	21	2,0	100 %	0,4	19 %
Korpus Godtegomp Gul	13	2,0	100 %	0,2	9 %
Korpus Godtegomp Rød	13	2,0	100 %	1,7	85 %
Korpus Knatter	50	2,0	100 %	1,1	53 %
Totalt	206				

Vedlegg 2 Viser ny kapasitet på pakkelinjen ved en forbedring på 25 % av vanlig pakkekapasitet.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway