

Bjørn-Sivert Haldorhamn
Jo Aas Gullbrekken
Øivind Klynderud

Lean, layout and production strategy in a High-Mix Low- Volume production environment

Bacheloroppgave Logistikingeniør

Veileder: Alireza Ashrafian

Mai 2021



Bacheloroppgave TLOG3001

Tittel: Lean, layout og produksjonsstrategi i et HMLV produksjonsmiljø Lean, layout and production strategy in a HMLV production environment	Prosjektnr.: 010-2021 Gruppenummer: 010
Forfattere: Jo Aas Gullbrekken Bjørn-Sivert Haldorhamn Øivind Klynderud	Dato: 19.05.2021
	Gradering: Åpen
Studieretning: Logistikkingeniør, NTNU	
Veileder internt: Alireza Ashrafian	
Oppdragsgiver: Jankos Mek. Verksted AS	
Oppdragsgivers kontaktperson: Sidre Berdal Jan Rune Berdal	
Sammendrag: Vi har arbeidet med bearbeiding og analysering av Jankos Mek. Verksted AS' produksjon og historiske data, for å utvikle layout med tilhørende produksjonsstrategi for en av deres avdelinger. I oppgaven har vi brukt både kvalitative og kvantitative analyser. Analysene er underbygd av teori for produksjon i HMLV-miljø, for å oppnå et bærekraftig resultat.	
Stikkord: HMLV, HVLV, MTO, Job Shop, Lean, produksjon, produksjonsstrategi, layout, produktfamilier, produksjonsceller, kontinuerlig forbedring	Keywords: HMLV, HVLV, MTO, Lean, manufacturing, production strategy, layout, product families, production cells, continuous improvement

Forord


Bacheloroppgaven markerer studentenes avgang fra Logistikingeniør-studiet ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Bacheloroppgaven har i en årrekke vært en praktisk anvending av teori, i samarbeid med aktører fra næringslivet. I oppgaven har studentene brukt den kunnskapen og erfaringene de har opparbeidet seg gjennom studiets tre år og samarbeidet med Jankos Mek. Verksted AS. Arbeidet har vært svært givende, med tanke på at tema for oppgaven faller inn under studentenes felles faginteresser.


Gjennom arbeidet med bacheloroppgaven har studentene lært mye om hvordan det er både å samarbeide og arbeide selvstendig i en prosjektgruppe. Studentene har selv hatt kontakten med ledelsen i Jankos, noe som har gitt oss et godt inntrykk av hvordan det er å samarbeide tett med en organisasjon, for å oppnå forbedringer i form av resultater. Arbeidet har også lært oss at ikke alt går på skinner i en slik arbeidsprosess. Det har vært mange tidlige morgener og sene kvelder, med hardt arbeid fra start til slutt. Likevel har vi kommet helskinnet ut, med mange verdifulle erfaringer som vi tar med oss inn i arbeidslivet.

Vi vil gjerne takke vår veileder Alireza Ashrafian for hans gode råd og høye forventninger. Veiledningen har hjulpet oss fremover i arbeidet og har sørget for å holde oss skjerpet gjennom arbeidsprosessen. Videre vil vi takke Dr. Smart Khaewsukkho for hans bidrag med tilgang til programvaren Sgetti©. Vi vil også rette en spesiell takk til Dr. Shahrukh A. Irani, for hans faglige innspill og uselviske hjelp med PFAST-programvaren. Til slutt vil vi takke våre medstudenter på logistikklinjen, for mange gode minner gjennom de tre foregående årene.

Trondheim, Mai 2021


Bjørn-Sivert Haldorhamn


Jo Aas Gullbrekken


Øivind Klynderud

Abstract

In this thesis, we are working with Lean, layout and sustainable production strategy in an HMLV production environment. We are collaborating with Jankos Mek. Verksted AS, to analyse and improve their production. HMLV is a complex production, which requires specific, customized measures for each individual shop. Jankos has a good starting point to become one of the leading companies within the industry, given they continue their good trend in development that they have today. In the thesis, the project group looks at which areas Jankos can and should address in order to improve further.

Through qualitative and quantitative analysis of Jankos' production history, we look at whether it is possible to introduce production cells in such a way that Jankos can remain competitive, while focusing on growth and competence-building in the time to come.

We have carried out extensive product flow analysis to map the production and further set up a layout with associated production strategy. In the thesis, theory from the book "*Job Shop Lean*" is used as a supplement to the production flow analysis and substantiate assessments made by the project group. Throughout the work with data, we have encountered various challenges in processing the production data, and the analysis of this data. We have concluded that it is not necessarily possible to create production cells with the part families that Jankos are currently producing, but that process families can be divided into dedicated departments that are structured to meet the different requirements of Jankos' HMLV production. We therefore present a proposal for how Jankos can use a production strategy to optimize material flow in and between their two departments. Finally, we look at how Jankos can continuously work with Lean to further improve their production and ensure competitiveness in the years to come.

Sammendrag

I denne oppgaven tar vi for oss Lean, layout og bærekraftig produksjonsstrategi i et HMLV-produksjonsmiljø. Vi samarbeider med Jankos Mek. Verksted AS, for å analysere og forbedre deres produksjon. HMLV er en komplisert produksjon, som krever spesifikke, tilpassede tiltak for hver enkelt bedrift. Jankos har et godt utgangspunkt for å bli en av de ledende bedriftene innenfor bransjen, så lenge de fortsetter den gode trenden i utvikling de har i dag. I oppgaven ser prosjektgruppen på hvilke områder Jankos kan og burde ta tak i for å forbedre seg ytterligere. Gjennom kvalitative og kvantitative analyser av Jankos sin produksjonshistorikk, ser vi på om det er mulig å innføre produksjonsceller på en slik måte at Jankos kan holde seg konkurransedyktige, samtidig som de fokuserer på vekst og kompetansebygging i tiden fremover. I oppgaven har vi gjennomført omfattende produktflyt-analyser for å kartlegge produksjonen og videre sette opp en layout med tilhørende produksjonsstrategi. I oppgaven er teori fra boken “Job Shop Lean” brukt for blant annet å støtte opp under produktflyt-analysene og underbygge vurderinger gjort av prosjektgruppen. Gjennom oppgaven har vi møtt på ulike utfordringer i blant annet bearbeiding av produksjonsdata og analysering av denne dataen. Vi har funnet ut at det ikke nødvendigvis er mulig å opparbeide produksjonsceller for de produktfamiliene som Jankos produserer, men at prosessfamilier kan fordeles til dedikerte avdelinger som struktureres for å kunne møte de ulike kravene Jankos’ HMLV-produksjon stiller. Vi legger derfor frem et forslag til hvordan Jankos kan benytte en produksjonsstrategi for å optimalisere materialflyt i og mellom deres to avdelinger. Til slutt ser vi på hvordan Jankos kan arbeide videre med Lean for å ytterligere forbedre produksjonen og sikre konkurransedyktighet i årene som kommer.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	1
1.1 Jankos Mek. Verksted AS	2
1.2 Kartlegging av bedriften	2
Planleggingssystem	3
Reduksjon av uønsket variasjon	3
Produktfamilier	4
1.3 Problemstilling	4
1.4 Avgrensninger	5
1.5 Disposisjon for rapporten	5
2 Teori og analysemetodikk	7
2.1 Job Shop Lean	7
2.2 PFAST - Product Flow Analysis and Simplification Tool	10
P-Q Analysis	11
P-Q-\$ Analysis	11
From-To-Chart	12
PR Analysis Type I	13
PR Analysis Type II	14
PR Analysis Type III	14
PR Analysis Type IV	15
2.3 Sgetti® Software for visualisering av produksjonsflyt	16
2.4 Binary Ordering Algorithm	17
3 Produksjonsdata	18
4 Analyse	22
4.1 PFAST	22
Product-Quantity Analysis	22
Product-Revenue Analysis	23
Product-Quantity-Revenue analysis	24
From-to Chart	24
Analyse av produktruter (PR-analyse)	25
PR-Analyse Type I	25
PR-analyse type II	28
PR-analyse type III	28
PR-analyse type IV	29

Oppsummering av PR-analysene fra PFAST.....	29
4.2 En signifikant observasjon.....	30
5 Diskusjon	33
5.1 Hvordan Jankos kan utnytte singel-op/multi-op.....	33
5.2 Hvorfor skal Jankos bruke denne strategien?	35
Planlegging.....	36
Fordeler for hver avdeling	37
5.3 utfordringer ved strategien	41
Kapasitetsbalansering	44
5.4 Hvordan håndtere materialflyt	47
Water Spider i Orkanger	47
Materialflyt, lager og sluttkontroll	49
6 Konklusjon.....	54
7 Videre arbeid.....	55
7.1 Fire prosjekter	55
5S - hold bedriften ryddig	55
Reduksjon av omstillingstid	56
Operatørinvolvering	58
Drift av Orkanger	59
7.2 Veien mot Industri 4.0.....	59
Automatisering	59
3D-printing i metall	60
Bruk av egen produksjonsdata	60
Referanseliste.....	61
Vedlegg og figurer.....	63

Figurliste

Figur 1 - 1 Avstand mellom avdelingene (google.maps.com).....	2
Figur 1 - 2 Årsaksanalyse.....	3
Figur 2 - 1 PFAST hierarkiet (2, s.119).....	10
Figur 2 - 2 Eksempel PQ\$ analyse (2, s.125).....	11
Figur 2 - 3 From-to-chart (2, s.127).....	12
Figur 2 - 4 Eksempel PR-I analyse (2, s.132).....	13
Figur 2 - 5 Eksempel PR-II analyse (2, s.133).....	14
Figur 2 - 6 Eksempel PR-IV analyse (2, s.139).....	15
Figur 2 - 7 Eksempel PR-IV analyse: Cascading flowline layout (2, s.141).....	15
Figur 2 - 8 Tegning verkstedhall i SolidWorks.....	17
Figur 3 - 1 Produksjonshistorikk.....	18
Figur 3 - 2 VBA illustrering.....	19
Figur 3 - 3 Foreldre-barn-relasjon (parent-child).....	20
Figur 3 - 4 Salgspris.....	20
Figur 3 - 5 Kalkyleuttrekk.....	21
Figur 4 - 1 P-Q Analyse.....	23
Figur 4 - 2 Product-Revenue Analyse.....	23
Figur 4 - 3 P-Q-\$ Analyse.....	24
Figur 4 - 4 From-to Chart fra PFAST.....	25
Figur 4 - 5 PR-I analyse.....	26
Figur 4 - 6 PR-I uten kapp og sluttkontroll (4-6A til venstre, 4-6B til høyre).....	27
Figur 4 - 7 PR-III analyse.....	28
Figur 4 - 8 Moduler fra PR-III.....	29
Figur 4 - 9 Fordeling av Singel-op / Multi-op.....	31
Figur 5 - 1 Planlegging for Singel-op / Multi-op.....	36
Figur 5 - 3 Visualisering av materialflyt med Singel-op/Multi-op strategi.....	40
Figur 5 - 4 LB4000 Singel- / Multi-op visualisering.....	45
Figur 5 - 5 Omsetning for LB4000 illustrert i Sgetti®.....	46
Figur 5 - 6 Visualisering av materialhåndtering for Orkanger.....	49
Figur 5 - 7 Forslag til layout i Orkanger.....	52
Figur 7 - 1 Bilde av verktøy-skuff i avdeling Snillfjord.....	55
Figur 7 - 2 Bilde av en arbeidsbenk hos Jankos (venstre), og en Lean 5S bedrift (høyre) (11, s.529).....	56
Figur 7 - 3 Bilde av mobilt verktøyskap (12).....	58

Tabelliste

Tabell 2 - 1 Lean-verktøy for en Job Shop.....	8
Tabell 4 - 1 Singel-op fordeling.....	32
Tabell 5 - 1 Fordeling mellom avdelingene.....	34
Tabell 5 - 1 Fordeler for hver avdeling.....	38
Tabell 5 - 2 Nåværende kapasitetsfordeling.....	42
Tabell 5 - 3 Kapasitetsfordeling ved Singel-op/Multi-op.....	43

Forkortelser

HMLV/HVLV	High-Mix-Low-Volume / High-Variaty-Low-Volume
MTO	Make-To-Order
TPS	Toyota Production System
CNC-Maskin	Computer Numerical Controlled Machine
JSL	Job Shop Lean
WIP	Work In Process
JIT	Just-In-Time
SMED	Single Minute Exchange of Dies
NVA	Non-Value added Activities
QRM	Quick-Response-Manufacturing
GT	Group Technology (Gruppeteknologi)
CL	Cellular Layout
HCL	Hybrid Cellular Layout
FL	Functional Layout
PFA	Product Flow Analysis
PFAST	Product Flow Analysis and Simplification Tool
DFP	Design For Flow
VBA	Visual Basic for Application
ERP	Enterprise Resource Planning

1 Innledning

Bedrifter i Norge og Europa som driver med mekanisk produksjon og bearbeiding av metall i dag, har stadig stigende etterspørsel og vekst (1). Såkalte Job Shops, Forge shops og lignende som driver med produksjon av mange ulike produkter med varierende kompleksitet og volum. På fagspråket kalt *High-Mix Low-Volume production*, som går under benevnelsen *make-to-order manufacturers* (2, s.39). Slike bedrifter opplever daglig utfordringer innen produksjonsplanlegging og -effektivisering. Høsten 2020 skrev prosjektgruppen en prosjektoppgave i faget *TLOG3009 Prosjekt Logistikk*, der prosjektgruppen valgte å fokusere på nettopp disse problemene. I den sammenhengen tipset faglærer og veileder Alireza Ashrafian om en bedrift i Snillfjord utenfor Orkanger, med navn Jankos Mek. Verksted AS.

Jankos er definisjonen på en Job Shop med High-Mix Low-Volume production. De har ved hardt arbeid, gradvis digitalisering og erfaringsbasert produksjonsplanlegging og -effektivisering skapt et mekanisk verksted med stadig økende etterspørsel. Ved økende etterspørsel og vekst, oppstår det et økende behov for planlagt problemløsning og fremtidsvisjon. Forrige semester gjennomførte prosjektgruppen en grundig kartlegging av bedriften og dens produksjon. Dette skulle gi grunnlaget for bacheloroppgaven våren 2021.

I denne oppgaven skal prosjektgruppen se på spesifikke løsninger som kan implementeres i en slik Job Shop, for å skape et grunnlag for å ta avgjørelser rundt layout, fremtidig vekst, optimalisering av materialflyt og andre forbedringer.

1.1 Jankos Mek. Verksted AS

I 1993 gikk to 19 år gamle gutter med fagbrev i maskinarbeiderfaget sammen med et ønske om å skape noe eget. Jankos Mekaniske Verksted AS ble etablert av Jan Rune Berdal og Knut Ove Snildalsli på Jan Runes hjemgård, Myrset på Snildalssetra. Sammen startet de produksjonen med en brukt dreiebenk og en fresemaskin med mål om å levere metallprodukter av høy kvalitet og presisjon til ulike industrier (3). Siden den gang har bedriften vokst til å levere produkter til sine kunder, som brukes i alle verdensdeler.

Jankos har i dag to avdelinger. Den ene ligger i Snillfjord, den andre i Orkanger. Lokalet som ligger i Orkanger, har kun 3 ansatte. Det er planlagt at denne avdelingen skal flyttes til et nytt lokale i Industriområdet i Orkanger. Avstanden mellom avdelingene er vist i figur 1-1.

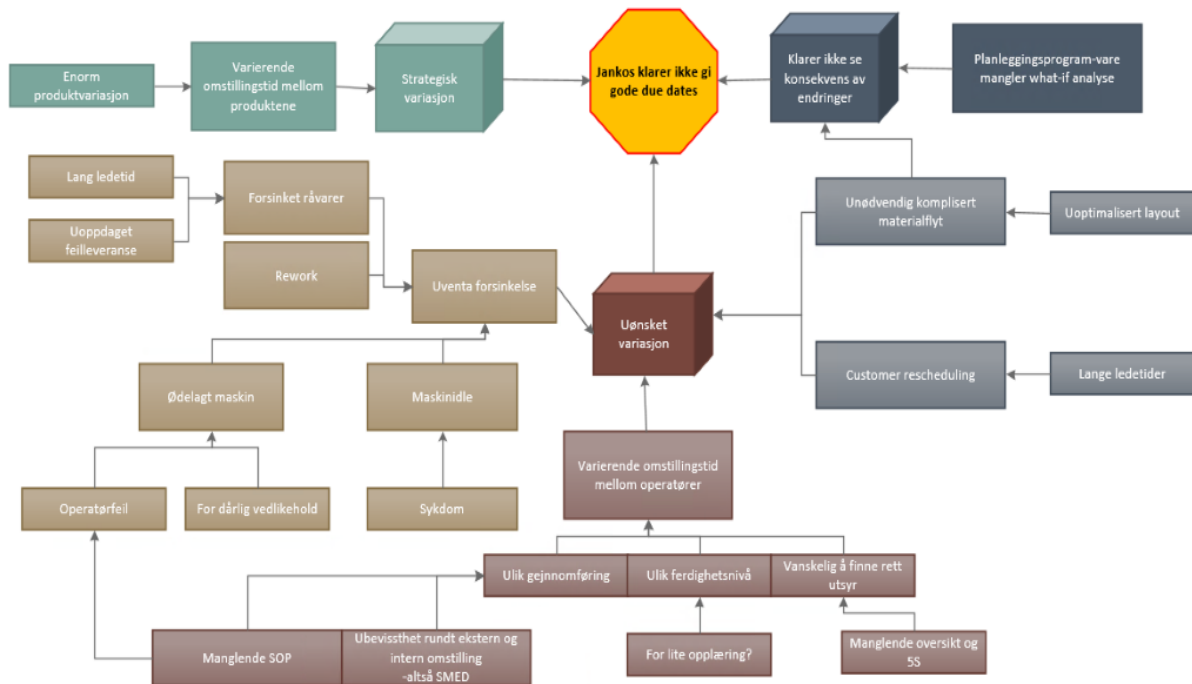


Figur 1 - 1 Avstand mellom avdelingene (google.maps.com)

1.2 Kartlegging av bedriften

Arbeidet med Jankos startet allerede i august 2020 gjennom faget TLOG 3009 Prosjekt Logistikk. Prosjektgruppen leverte en kartleggingsrapport med detaljerte beskrivelser av problemer og utfordringer Jankos møter i sin daglige produksjon. Rapporten inkluderte en litteraturstudie med en samling av relevant litteratur, hvor noe av teorien er inkludert i bacheloroppgaven under kapittel 2 “Teori og analysemetodikk”. Videre utarbeidet prosjektgruppen en årsaksanalyse (figur 1-2) med oversikt over hvilke utfordringer Jankos står

ovenfor, med tilhørende årsaker. Målet var å danne et oversiktsbilde av bedriften, samtidig som prosjektgruppen skulle bli kjent med alle detaljer rundt maskinerings-delen av produksjonen.



Figur 1 - 2 Årsaksanalyse

De mest sentrale områdene som fremkom i kartleggingen, var:

Planleggingssystem

I den tidligere nevnte prosjektoppgaven gjennomførte vi også en litteraturstudie. Litteraturen viser til at produksjonsplanleggingen har en stor rolle i en Job Shop. Derfor bør Jankos se på et planleggingssystem som er bygget for komplisert HMLV-produksjon.

Reduksjon av uønsket variasjon

I årsaksanalysen i figur 1-2, kom prosjektgruppen frem til at Jankos har potensiale for økt fokus på produksjonseffektivisering. Dette kan Jankos gjøre ved å redusere den uønskede variasjonen. Her inngår fokus på tradisjonell Lean med tanke på reduksjon av variasjon, 5S, waste og kontinuerlig forbedring, i tillegg til å gjennomføre en grundig kartlegging og reduksjon av omstillingstid ved bruk av SMED. Samtidig burde Jankos sikre den strategiske variasjonen ved å opprettholde en bred produktportefølje. Dette gjennom å utvikle en layout og strategi for å sikre effektiv og optimal utnyttelse av tilgjengelige ressurser.

Produktfamilier

Production Flow Analysis (PFA) er et verktøy som kan brukes for å gi en bedre oversikt over hvordan varestrømmen er i en bedrift (2, s.2). Verktøyet kan Jankos anvende for å bedre håndtere vareflyten mellom de to lokalene, men også planlegge varestrømmen innad i de to avdelingene med økt oversikt og høyere presisjon. Analysen er videre forklart under delkapittel 2.1 “Job Shop Lean”.

Jankos har tidligere ikke foretatt noen analyser av flyt. De har eksempelvis ikke oversikt over produktfamilier, som kan brukes for å oppnå en tilpasset layout for produktmiksen. Som resultat av dette er den nåværende produksjons-layouten sannsynligvis ikke optimal med tanke på materialflyt. En ny revidert layout vil gi et godt grunnlag for videre utvikling av produksjonen og legge til rette for kontinuerlig forbedring.

1.3 Problemstilling

Gjennom prosjektoppgaven i TLOG3009 ble mange av Jankos sine utfordringer kartlagt, samtidig som grunnlaget for flere mulige prosjekter ble lagt. Som et resultat av kartleggingsprosjektet og dialog med ledelsen i Jankos ble vi enige om å i denne oppgaven fokusere på layout for den nye avdelingen, med nåværende produktmix som utgangspunkt for analyse og beslutninger. Vi vil se om produksjonshistorikken kan brukes for å opparbeide produktfamilier, som igjen kan danne produksjonsceller. Vi ønsker å undersøke dette ved å svare på følgende spørsmål:

- Er det mulig å bruke produksjonshistorikk til å kartlegge produktfamilier i en liten HMLV produksjonsbedrift som Jankos?
- Hvordan kan Jankos utnytte en slik produktmiks-kategorisering i utviklingen av layout for sin nye avdeling?

1.4 Avgrensninger

Denne oppgaven markerer avslutningen på logistikkstudiet for medlemmene i prosjektgruppen. Arbeidet med bacheloren foregår over 5 måneder, fra januar til og med 20. mai. Prosjektgruppen velger å avgrense fokuset i hovedtema av oppgaven, til å se på det nye tenkte lokalet i Orkanger og effektivisering av logistikken og materialflyten mellom de to avdelingene. Prosjektgruppen vil altså ikke legge vekt på avdelingen i Snillfjord innen tema “produksjonslayout”.

Produksjonsplanlegging er veldig viktig for en Job Shop som Jankos. Dette er en av de viktigste funnene fra TLOG3009. Fra teori og kommunikasjon med ledelsen i Jankos, fant prosjektgruppen ut at dette er et omfattende arbeid og et område med mange muligheter. Et prosjekt rundt produksjonsplanlegging er dog et arbeid som vil oppta mye tid. Dermed er det et tema prosjektgruppen i samarbeid med ledelsen i Jankos har valgt å ikke ta for seg i denne oppgaven. I oppgaven blir tema kun berørt i form av at prosjektgruppen utvikler en strategi for produksjonen i de to avdelingene, i sammenheng med layout.

Grunnet den pågående Covid-19-pandemien er mulighetene for bedriftsbesøk noe begrenset. Av den grunn vil deler av tema om lean implementering i bedriften bli noe begrenset. Prosjektgruppen vil her fokusere på å gi forslag til implementering av enkel lean tankegang og utvikle forslag til fokusområder for videre arbeid. Forslagene kan hjelpe Jankos med å komme i gang med kontinuerlig forbedring og legge grunnlaget for fremtidige prosjekter.

1.5 Disposisjon for rapporten

Rapporten er skrevet for å gi et mest mulig riktig bilde på hvordan prosjektgruppen har arbeidet med oppgaven for å besvare problemstillingen. Ved hjelp av veileder utviklet vi i starten av semesteret en strategi for arbeidet. Strategien er basert på, og ligner på fasene i DMAIC-workflow innenfor Six Sigma (4). Akronymet står for Define, Measure, Analyse, Improve and Control. Slik er altså arbeidet og rapporten oppbygd, for å oppnå et oversiktlig og best mulig resultat.

Define

1. Innledning
2. Teori og analysemetodikk

I kapittel en og to er defineringen av bedrift, situasjon, problemstilling, teori og metode det sentrale. Defineringsdelen var fokusområdet i den første perioden av bacheloroppgaven, og det er naturlig at leseren også blir kjent med denne delen først.

Measure

3. Produksjonsdata

I dette kapitlet legger prosjektgruppen frem bearbeidingen av produksjonsdataene til Jankos. I denne fasen av arbeidet er hovedfokuset på hvordan prosjektgruppen får dataene til å “snakke”. Measure-delen skifter også gradvis over i neste fase; “Analyse”.

Analyse

4. Analyse

I dette kapitlet foretar prosjektgruppen målinger og analyserer produksjonsdataene til Jankos, basert på teori og analysemetoder beskrevet i kapittel 2.

Improve

5. Diskusjon
6. Konklusjon

I denne delen av rapporten kommer prosjektgruppen med sine forslag til forbedringer basert på analysene, samt diskuterer rundt disse. Her fremkommer også prosjektgruppens endelige tiltak og svar på problemstillingen.

Control

7. Veien mot Industri 4.0

Rapporten avrundes med forslag til hvordan Jankos kan kontrollere de foreslåtte forbedringene i oppgaven, samt videre fokusområder for å forbedre produksjonen ytterligere.

2 Teori og analysemetodikk

Kapittelet beskriver hvilken teori som blir benyttet i oppgaven og har vært utgangspunktet for arbeidet med kvantitativ og kvalitativ analyse av Jankos' historiske data. Teorien vil også underbygge avgjørelser tatt av prosjektgruppen rundt tema som layout og produksjonsstrategi. Mye av teorien er basert på litteraturstudien gjennomført i TLOG3009, med tilføyelser fra annen relevant teori. Kapittelet beskriver også hvilke metoder prosjektgruppen har valgt å fokusere på for å analysere Jankos' produksjon. Formålet med metodikken, og hvordan analysene gjennomføres, blir forklart under.

2.1 Job Shop Lean

I TLOG3009 kom prosjektgruppen over en interessant bok; "Job Shop Lean: An industrial engineering approach to implementing Lean in High-mix Low-volume production systems" skrevet av Dr. Shahrukh A. Irani. I boken omtalte Irani mange av områdene innenfor Lean i HMLV-produksjon. Prosjektgruppen tok kontakt med Dr. Irani med spørsmål om metodene som er beskrevet i boken, og inngikk etter hvert et samarbeid med han. Nedenfor følger et sammendrag basert på noen av ideene Irani har skrevet om i boken *Job Shop Lean (JSL)* (2).

Boken Job Shop Lean setter fokus på hvordan man kan implementere Lean for bedrifter som ikke har en linjeproduksjon med Low-Mix, High-Volume (LMHV) produksjon. Altså forsøker Irani å sette lys på løsninger for bedrifter som produserer med HMLV. Slike bedrifter har ofte en unik produksjon som ikke ligner på Toyota Production System (TPS) (5). Tradisjonelle Lean-verktøy som baserer seg på TPS-modellen, er ofte vanskelig å anvende i HMLV-produksjon. Job Shops er veldig varierende på mange områder, slik at man ikke nødvendigvis kan utvikle en konkret mal som kan implementeres i ulike Job Shop-produksjonsmiljøer. Likevel har Irani forsøkt nettopp dette i boken. Han legger vekt på at alle HMLV-bedrifter er unike og behøver ulik tilnærming. I boken ligger hovedfokuset på layout og produksjonsplanlegging. Disse temaene er de Irani mener er det som må ligge til rette for å kunne starte forbedringsprosessen på andre områder (2, s 29). Ved å eksempelvis anvende lean verktøy og tankegang for en bedrift med en imperfekt produksjonslayout, vil ikke dette gi varige resultater. En må starte med layout og produksjonsplanlegging, før man deretter går videre til lean verktøy og kontinuerlig forbedring (2, s.62). I tabell 2-1 nedenfor har Irani lagt frem hvilke lean verktøy som egnes best i en Job Shop (2, s.347).

Lean Tools That a Machine Shop Should Use and Avoid

Tools to Use	Tools to Avoid
Strategic planning	Pencil-and-paper problem-solving
Top-down leadership	VSM
Gemba walks by managers	Assembly line balancing
Employee engagement	One-piece flow cells
Workplace design with 6S	Product-specific Kanbans
TPM	FIFO (First in First Out) sequencing of orders
Setup reduction (SMED)	Pacemaker scheduling
Error-proofing (Poka-Yoke)	Inventory supermarkets
Quality at source	Work order release based on pitch
Visual workplace	Production based on level loading
Product and process standardization	Mixed model production with Takt time
Right-sized flexible machines	Right-sized inflexible machines
Standard work	Pull-based production scheduling
Continuous problem-solving	Manual scheduling with whiteboards

Tabell 2 - 1 Lean-verktøy for en Job Shop (2, s.347)

Design For Flow (DFF) er et begrep Irani introduserer i kapittel 4 i boken. Enhver HMLV-produsent som søker mot å implementere JSL burde investere i å designe eller eventuelt endre sin produksjonslayout for å kunne forbedre flyten. En skreddersydd layout vil føre en produksjon langt på vei mot reduksjon av kostnader, eliminering av de syv typene waste og reduksjon av ledetid, som alle gir et konkurransefortrinn i markedet for en Job Shop (2, s.62). Irani legger videre frem hvordan man kan oppnå disse fordelene. DFF bygger på tre prinsipper. 1) Å minimalisere flows, ved å eliminere eller kombinere operasjoner. 2) Å minimalisere

kostnadene ved flows ved å blant annet eliminere eller redusere kø tid, venting, og andre typer forsinkelser. 3) Å maksimere “Directed flow paths” (den korteste veien fra en maskin/prosess til en annen uten hindringer som for eksempel mellomlagring) ved å eliminere flow-backtracking (flyt som går i feil retning av det som systemet er designet for) og sette opp mer optimaliserte flytlinjer i produksjonen (2, s. 73).

Production Flow Analysis (PFA) er en analysemetodikk for kartlegging av flyt (2, s.87) i en produksjon, først omtalt av J.L. Burbidge. Tradisjonelt er analysen basert på manuelle metoder for å gruppere maskiner, danne produktfamilier, celleformasjon og layout design (2, s.90). Irani har jobbet med slike analyser i mange år og mener PFA også kan bli brukt til å implementere DFF-prinsipper og til å forbedre flyt i produksjonssystemer. Irani har videreført PFA-analysen i egne prosjekter og utviklet det i en software kalt Production Flow Analysis Simplification Tool (PFAST). Gjennom denne programvaren har Irani gjort det raskere og enklere å analysere bedrifters historiske data for å finne løsninger som kan bedre flyten i produksjonen. PFAST er videre beskrevet i delkapittel 2.2.

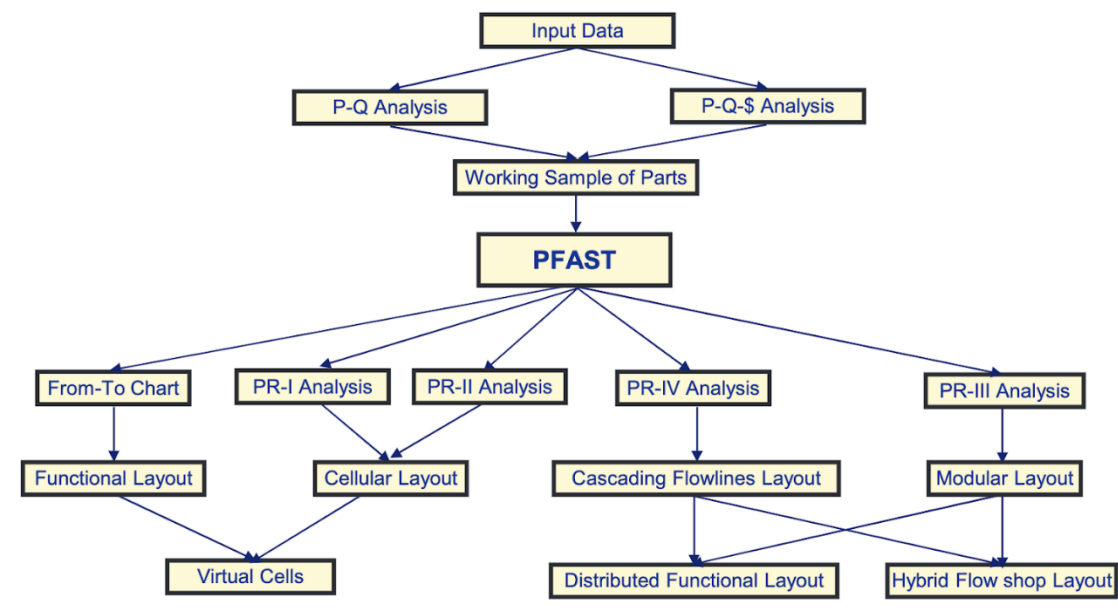
I boken legger Irani frem ulike metoder som kan brukes for å skape forbedret flow i Job Shops ved utvikling av layout. Blant disse nevnes *group technology*, *cell production* og *part families*. En produktfamilie er en samling av deler som har likhetstrekk og/eller at de krever produseres med/i like prosesser. Celleproduksjon er en anvendelse av *group technology* i form av design av *shop floor layout*. En produksjonscelle er en gruppe av ulike maskiner satt sammen for å produsere en dedikert produktfamilie. For at en celle skal kunne dedikeres til produksjon av en produktfamilie, trengs det blant annet nødvendig verktøy, fleksibilitet nok til å produsere en variasjon av produkter og cross-trained operators (2, s.227). Det er også viktig at det foreligger stor nok etterspørsel av produktfamilien for å finansiere en slik celle.

2.2 PFAST - Product Flow Analysis and Simplification Tool

Product Flow Analysis and Simplification Tool, er en samling med algoritmer. Samlingen ble utviklet av Dr. Shahrukh A. Irani med hensikt til å være et verktøyet for å finne forbedringer i layout basert på produksjonshistorikken. Med denne samlingen kan man analysere store mengder data og gi flere synsvinkler på samme datasett. Vi mener derfor at dette verktøyet passer godt opp mot problemstillingen, fordi det gir en rask og effektiv oppstart med den viktige jobben som er å analysere resultatene istedenfor å bruke tid og ressurser på å bygge disse avanserte analysene fra bunnen av. Under er analysene beskrevet fra boken Job Shop Lean (2).

Analysene som er beskrevet under kapittel 4.1 er et resultat av PFAST-algoritmen og ligger som individuelle ark i PFAST-output dokumentet (excel) som følger med analysen.

Figur 2-1 under er en modell som viser hvilke ulike resultater de forskjellige metodene fra PFAST kan lede til.



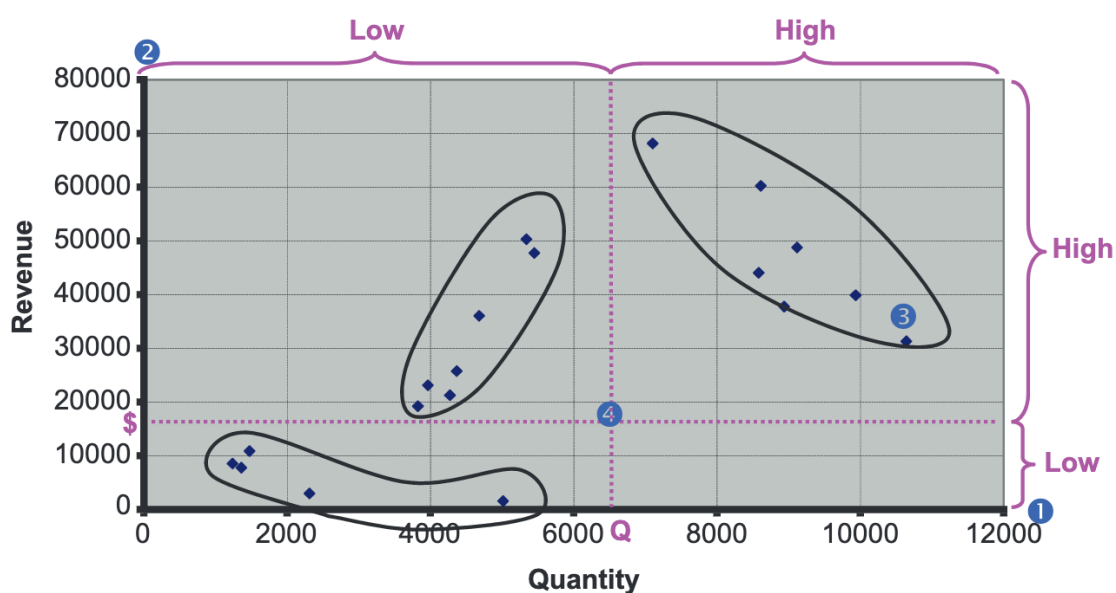
Figur 2 - 1 PFAST hierarkiet (2, s.119)

P-Q Analysis

“Product-Quantity Analysis” er en enkel modell som skal visualisere fordelingen av antall deler (Q) over de ulike produktene (P) som er i produksjonen. Her kan man fort se om det kjente *Pareto-prinsippet* (2, s.122) gjelder, eller om det må flere kriterier inn for å gi et mer riktig bilde av hvordan produksjonen ser ut.

P-Q-\$ Analysis

Denne analysen er mer rettet mot produkt-kategorisering. I tillegg til Q er også omsetning (\$) med i oversikten (figur 2-2). Dette gjør det enklere å se hvilke produkter som står for den største delen av omsetningen selv om Q er lav. Analysen plotter produksjonen inn i et diagram hvor x-aksen ser på Q for produktene, mens y-aksen ser på omsetningen \$ for hvert produkt. Slik kan man dele produktmiksen inn i fire grupper. High quantity/low revenue, high quantity/high revenue, low quantity/high revenue og low quantity/low revenue. Ved hjelp av dette kan man definere produksjonens “runners” (deler som står for hovedandelen av produksjonen), “repeaters” (gjentatte produserte deler) og “strangers” (deler som sjeldent gjentar seg i produksjonen) (2, s.124). Teoretisk kan man da innføre ulike tilnærminger til produksjonen for hver av de ulike gruppene. Realistisk kan man ikke basere seg på denne analysen alene, men heller bruke denne som en pekepinn for hvilke områder som må analyseres nærmere.



Figur 2 - 2 Eksempel PQ\$ analyse (2, s.125)

From-To-Chart

From-To-Chart er en tabelloversikt som viser Q som er flyttet mellom ulike arbeidsstasjoner, denne kalles Q-type. Ved å gruppere de ulike arbeidsstasjonene i tabellen vil man enkelt kunne se skille mellom intern og ekstern transport i produksjonen.

Denne “charten” har to tvillinger, \$-type for omsetning, som er basert på samme type forflytning som Q-type. Den andre er F-type. Her vises antall forflytninger i motsetningen til mengden produkter som Q-type tar for seg. F-type gir et bilde på antall transporter mellom avdelinger eller arbeidsstasjoner der Q-type kun gir en volumbasert tallverdi (2, s.127).

		To												
MACHINE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3
From	1		1471		19276		5013	2594						
	2				1471		5339							
	3					14456								
	4							19040	43751					
	5		5339				9117							
	6				19904			3963				9692		
	7				13205				6150	9377	7787	2594	17192	
	8							4270		36696				
	9													
	10								9692				2594	
	11								210167			2594		12527
	12													

Figur 2 - 3 From-to-chart (2, s.127)

PR Analysis Type I

Denne analysen, sammen med type 2 (beskrevet nedenfor), er metoder for definering av produktfamilier og utvikling av produksjonsceller. Disse analysene er verktøy for å videreutvikle en funksjonell layout til en cellebasert layout. Analysen er bygd opp som en 0-1 matrise, der prosess-rekkefølgen ikke er av viktighet. I radene nedover i Excel arket er del-nummer oppført radvis, og maskinnummer kolonnevis. Analysen baserer seg på flere faktorer, der hvilke maskiner alle deler går gjennom i løpet av produksjonsprosessen og likheter mellom deler også blir tatt med i beregningen. I rutene for de maskinene som inngår i produksjonen for et bestemt del-nummer, vil det stå et 1-tall. De arbeidsstasjonene som ikke inngår i produksjonen av den bestemte delen, vil ha verdi 0 og dermed være blank. For eksempel i figur 2-3 under vil del 1 som går gjennom arbeidsstasjon m1, m4, m8 og m9 ha verdi 1, mens de resterende ubrukte arbeidsstasjonene er blanke (2, s.130).

2

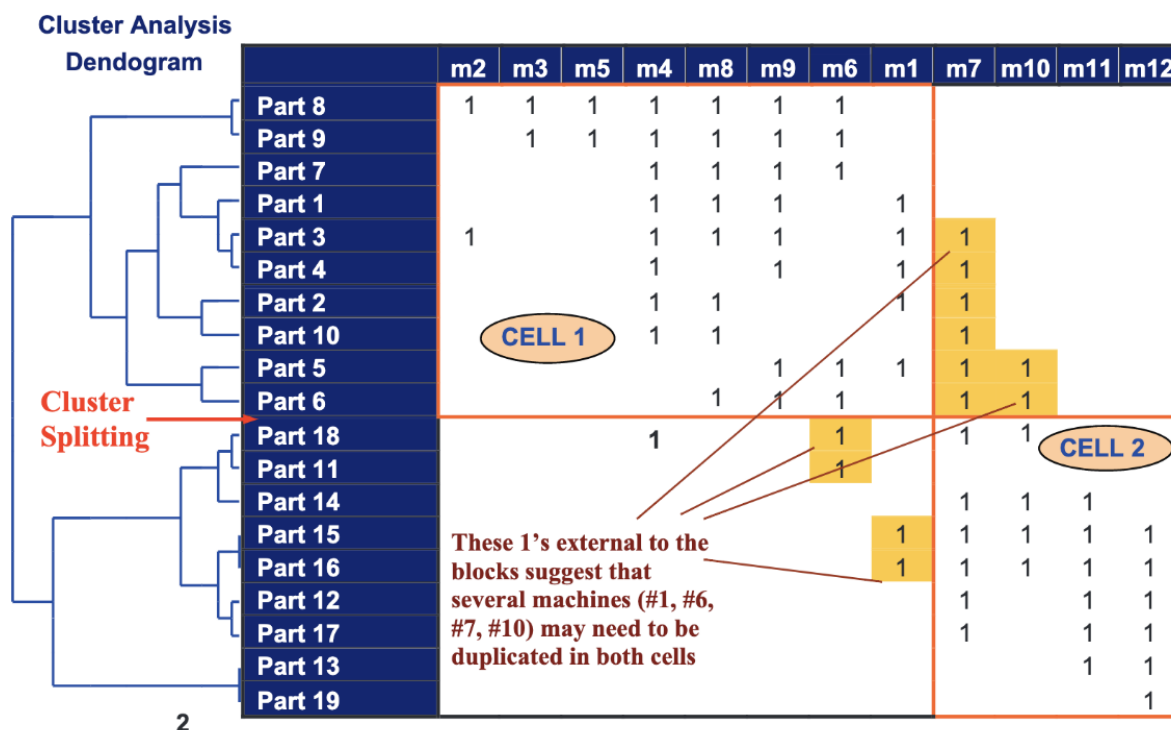
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12
Part 1	1			1				1	1			
Part 2	1			1			1	1				
Part 3	1	1		1			1	1	1			
Part 4	1			1			1		1			
Part 5	1					1	1		1	1		
Part 6						1	1	1	1	1		
Part 7				1		1		1	1			
Part 8		1	1	1	1	1		1	1			
Part 9			1	1	1	1		1	1			
Part 10				1			1	1				
Part 11						1						
Part 12							1				1	1
Part 13											1	1
Part 14							1			1	1	
Part 15	1						1			1	1	1
Part 16	1						1			1	1	1
Part 17							1				1	1
Part 18						1	1			1		
Part 19												1

1

Figur 2 - 4 Eksempel PR-I analyse (2, s.132)

PR Analysis Type II

I denne analysen blir deler reorganisert, slik at de ikke er i samme rekkefølge nedover i arket som i PR-I analysen. Istedenfor samles de i “klynger” (clusters) som går igjennom noenlunde samme maskiner (2, s.132). Altså samles hver produktfamilie som bruker samme eller lignende kombinasjoner av maskiner. På denne måten kan en i teorien se omriss av forslag til ulike produktfamilier og produksjonsceller. Dette er illustrert i figur 2-4.



Figur 2 - 5 Eksempel PR-II analyse (2, s.133)

PR Analysis Type III

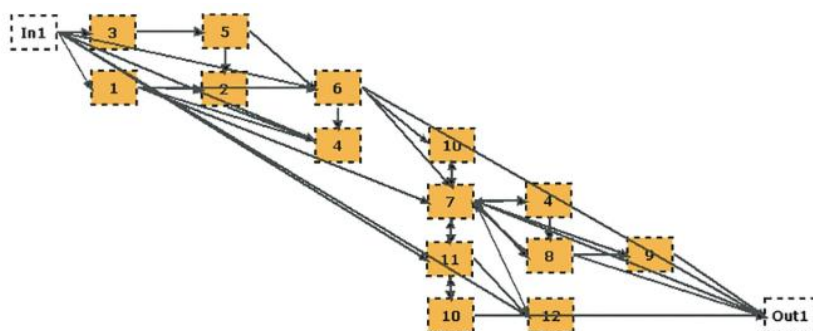
Analysen tar høyde for at det ikke nødvendigvis er mulighet for å danne en *Cellular Layout*, men beskriver heller mulighetene rundt *Modular Layout* og *Hybrid Flow Shop Layout* (2, s.142). Modulene som settes sammen vil være en liten produksjonscelle, som kan bygges både som en Cellular Layout og Fleksibel Layout. Irani skriver at en Fleksibel Layout promoterer “Batch-and-Queue production” og samtidig er fleksibel nok til å ta høyde for varierende produktvariasjon. En Cellular Layout “is inflexible and promotes single-piece-flow” (2, s.146). Irani bruker dette som et argument for å bygge en Hybrid Cellular Layout som både er fleksibel og Lean, FLean.

PR Analysis Type IV

PR-IV analysen ser annerledes på produktfamilier og materialflyt i en Job Shop enn PR-I og -II. Der PR-I og -II ser på likhetskoeffisienter for å forme familier, vil PR-IV heller danne familier basert på likhetene i delenes produksjonsrekkefølge (2, s.136). Analysen sorterer ikke arbeidsstasjoner horisontalt, men kun del# vertikalt. Deretter settes rutene opp etter hvilken arbeidsstasjon de går gjennom. Dette tilpasser analysen slik at samme eller lignende ruter plasseres i nærheten av hverandre. Et fiktivt eksempel i figur 2-5 nedenfor viser hvordan del 18 og 14 er plassert sammen med arbeidsstasjon 11 og 7 i samme kolonne. På denne måten kan analysen visualisere en cascading flowline layout, altså en fallende, flytlinje-basert layout som vist på figur 2-6.

Part No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1
Part 11				6											
Part 18				6					7	10					
Part 14								11	7	10					
Part 12								11	7			12			
Part 17								11	7			12			
Part 13								11				12			
Part 19								2				12			
Part 15	1					7	11	10	11			12			
Part 16	1					7	11	10	11			12			
Part 5	1			6				10	7					9	
Part 6				6				10	7			8		9	
Part 10					4				7		4	8			
Part 2	1				4				7		4	8			7
Part 4	1				4				7					9	
Part 3	1		2		4				7			8		9	
Part 1	1				4							8		9	
Part 7					6	4						8		9	
Part 8	3	5	2	6	4							8		9	
Part 9	3	5		6	4							8		9	

Figur 2 - 6 Eksempel PR-IV analyse (2, s.139)



Figur 2 - 7 Eksempel PR-IV analyse: Cascading flowline layout (2, s.141)

2.3 Sgetti[®] Software for visualisering av produksjonsflyt

Sgetti[®] er en Excel-add-in, utviklet av Dr. Smart Khaewsukkho. Programvaren er utviklet for å visualisere, analysere og forbedre komplekse verdistrømmer (6). Dette gjøres ved å blant annet tegne nøyaktige Spagetti-diagram som representerer produktflyt ut ifra historisk produksjonsdata. For å visualisere flyt av produkter, justerer programvaren størrelsen på pilene mellom arbeidsstasjoner etter hvor stort volum som flyter mellom dem. Dermed gir programvaren en oversiktlig visualisering av materialflyten innad i en avdeling og/eller mellom avdelinger, samtidig som det er enkelt å gjøre endringer.

Sgetti[®] har tre kjerneegenskaper:

1. Flyt diagram (Flow Diagramming) for visualisering av verdistrømmer

2. Hva-Hvis analyse og simulering (What-If Analysis & Simulation);

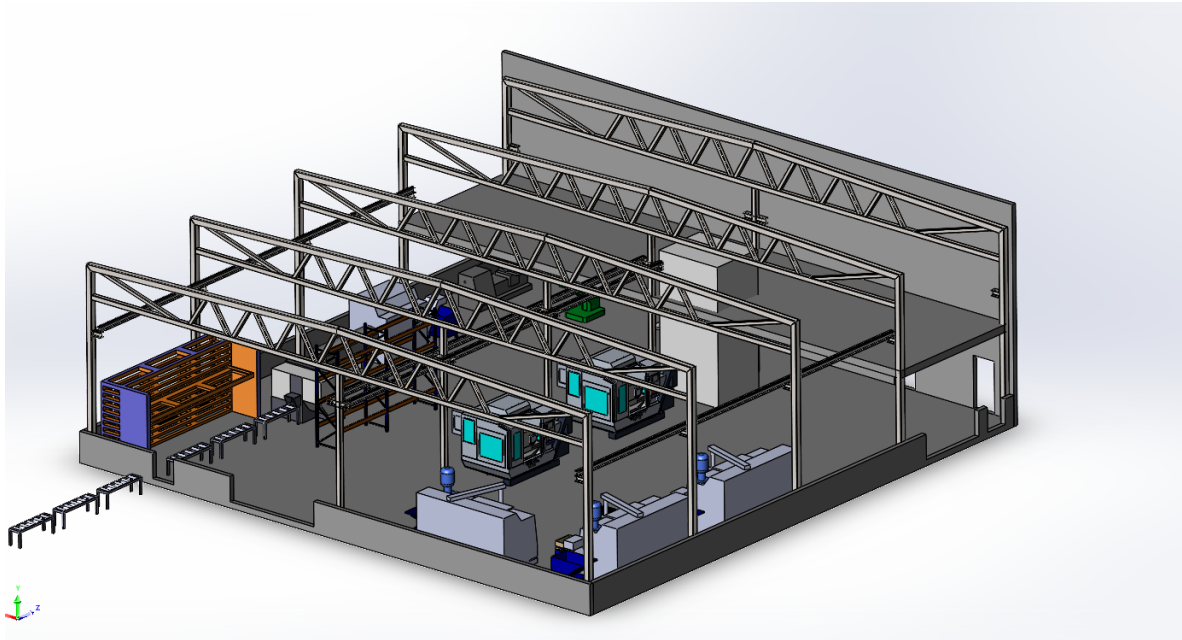
Alle endringer som gjøres med enten plassering av maskiner eller produkttabell, beregnes opp mot tidligere layout-versjoner i prosjektet for å se om endringen var en forbedring eller ikke.

3. Automatisert Verdikjedekartlegging (Automated VSM).

Denne delen av Sgetti[®] er fortsatt under utvikling, men tidlige versjoner ser ut til å være et godt verktøy for kartlegging og forbedring av verdikjeden.

Sgetti[®] er et viktig verktøy for prosjektet. Layout-forslag som legges frem i oppgaven baserer seg på tegninger og visualiseringer som blir lagd ved hjelp av programmet, med data fra PFAST og ad hoc-analyser som supplement.

I figurene som inkluderer tegninger fra Sgetti[®] vil inkludere tegninger fra en SolidWorks modell (figur 2-8) levert av Jankos, denne viser hvordan avdelingen i Orkanger sannsynligvis vil se ut med tanke på design av verkstedhall. Videre skal vi bruke denne SolidWorks-modellen for å tegne opp en floorplan som brukes som underlag i Sgetti[®].



Figur 2 - 8 Tegning verkstedhall i SolidWorks

2.4 Binary Ordering Algorithm

Denne metoden er en relativt simpel algoritme som enkelt kan gjennomføres steg for steg i Excel. Den brukes for å kategorisere deler i en produkt-maskin-matrise (0-1 matrise), slik at lignende linjer og lignende rader havner ved siden av hverandre (7, s.272). På denne måten vil det oppstå blokker (samlinger) med 1-tall i matrisen. Slike blokker viser at det er mange deler som bruker de samme maskinene eller prosessene, og indikerer en mulig produktfamilie. Algoritmen tar ingen hensyn til rekkefølgen produktet går gjennom disse maskinene, noe som må tas høyde for manuelt. I tillegg er det mange andre forhold som må vurderes, for eksempel volum på produktfamilien og hvordan dette volumet er fordelt gjennom den analyserte perioden.

3 Produksjonsdata

Historikken vi hentet ut fra Jankos (se vedlegg 1) var i utgangspunktet en fil på over 40 000 linjer i Excel. Denne filen viser data for produksjon fra 2017 til 2021. Jobben med å få denne dataen til å snakke har vært noe av det mest tidkrevende arbeidet gjennom semesteret. Det var mye prøving og feiling før vi kom frem til et resultat hvor vi klarte å kontrollere at våre endringer og formler ikke har feilkilder. Figur 3-1 under viser hvordan dataene er formatert rett fra Jankos.

ArbeidsstasjonNr	Arbeidsstasjon	FraDato	TilDato	FraTidspunkt	TilTidspunkt	SumTid	AntallDeler	OrdreNr	TegningNr	RevisjonNr
3010	Okuma LB4000	02/01/2019	02.01.2019	07:04:00	15:21	7.78	0.00	12147	490050	C
3010	Okuma LB4000	03/01/2019	03.01.2019	07:01:00	11:15	4.23	0.00	12147	490050	C
3010	Okuma LB4000	03/01/2019	03.01.2019	11:15:00	13:22	1.62	1.00	12650	1503491C	
3010	Okuma LB4000	03/01/2019	03.01.2019	13:22:00	15:25	2.05	1.00	12579	603000001	
100	Mønstring generelt	03/01/2019	03.01.2019	15:25:00	15:42	0.28	0.00	100		
100	Mønstring generelt	04/01/2019	04.01.2019	07:01:00	07:09	0.13	0.00	100		
3010	Okuma LB4000	04/01/2019	04.01.2019	07:09:00	13:20	5.68	30.00	12597	450215	E
3010	Okuma LB4000	04/01/2019	04.01.2019	13:20:00	16:52	3.53	0.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	07/01/2019	07.01.2019	07:04:00	07:23	0.32	0.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	07/01/2019	07.01.2019	07:23:00	10:26	3.05	0.00	12536	410002	E
400	Møter/ div adm tid	07/01/2019	07.01.2019	10:26:00	12:18	1.37	0.00	400	400 Møter / div adm tid	
3010	Okuma LB4000	07/01/2019	07.01.2019	12:18:00	17:22	5.07	0.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	07/01/2019	07.01.2019	17:22:00	18:19	0.95	62.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	07/01/2019	07.01.2019	18:19:00	18:44	0.42	0.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	08/01/2019	08.01.2019	07:01:00	11:28	4.45	0.00	12536	410002	E
400	Møter/ div adm tid	08/01/2019	08.01.2019	11:28:00	12:29	0.52	0.00	400	400 Møter / div adm tid	
3010	Okuma LB4000	08/01/2019	08.01.2019	12:29:00	15:18	2.82	0.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	09/01/2019	09.01.2019	06:51:00	13:15	5.90	62.00	12536	410002	E
3010	Okuma LB4000	09/01/2019	09.01.2019	13:15:00	18:37	5.37	0.00	12536	410171	F
3010	Okuma LB4000	10/01/2019	10.01.2019	07:08:00	19:08	11.50	0.00	12536	410171	F
3010	Okuma LB4000	11/01/2019	11.01.2019	07:03:00	17:33	10.00	42.00	12536	410171	F

Figur 3 - 1 Produksjonshistorikk

I figur 3-1 er dataene sortert i kolonner i følgende rekkefølge:

1. Arbeidsstasjon Nr
2. Arbeidsstasjon navn
3. Startdato på produksjon ved denne arbeidsstasjonen
4. Sluttdato produksjon ved denne arbeidsstasjonen
5. Starttidspunkt
6. Sluttidspunkt
7. Summert tidsbruk brukt ved arbeidsstasjonen
8. Antall deler produsert
9. Ordrenummer
10. Tegningsnummer
11. Revisjonsnummer

Dataene gir ingen direkte nytte på dette formatet. Derfor måtte vi bearbeide dataene for å hente ut:

1. Fullstendig arbeidsstasjon-rute de ulike delene har tatt gjennom Jankos' produksjon.
2. Et tall for årlig antall produsert av hver del, samt omsetning generert av hver del.
3. Antall faktiske timer en del har vært i en arbeidsstasjon.

Vi valgte å innsnevre tidslinjen vi skulle analysere for å redusere arbeidet som måtte gjøres manuelt. Dette var hensiktsmessig for analysen. Selv om del A i ordre 999 er produsert i 2019 kan det være at den henger sammen med del B i samme ordre produsert i 2020. Deler kan også være påbegynt i et år og fullført i et annet. Vi har derfor sett på alle ordrer som har blitt helt eller delvis produsert i 2020, totalt 754 ordrer.

Videre har vi sortert dataene i rekkefølge:

OrdreNr>TegningNr>TegningPosRev>Dato>Tidspunkt

Ved å sortere på denne måten får vi en oversikt over rutene for enkeltdeler, samtidig som det hindrer at to ordrer med samme del blander seg inn i hverandre. Etter å ha sortert var det enklere å hente ut timer brukt i hver stasjon. For å hente ut rutene for hver enkelt del har vi skrevet en VBA-kode som setter opp ruten i én celle. Figur 3-2 under viser et eksempel på dette.

Part No	WorkCenter			Part No	VBA-rute	
200013	2000	Kapping		200013	2000->3510->3900->9000	
200013	3510	Hedelius T6				
200013	3510	Hedelius T6				
200013	3510	Hedelius T6				
200013	3900	Manuelle maskiner				
200013	9000	Sluttkontroll				

Figur 3 - 2 VBA illustrering

Vi observerte etter hvert at mange av delene henger sammen og at dette ikke er mulig å se i den originale historikken. Salgspris var heller ikke registrert. Vi fikk derfor i samarbeid med Jankos og leverandør av deres ERP-system (MyProduction AS) levert et uttrekk som viste sammenhengen mellom ulike deler i "foreldre-barn-relasjoner". Et eksempel på foreldre-barn-relasjon er vist i figur 3-3.

ordrenr		Parent tegning pos nr	Child tegning pos nr
13601	683	12033858 1	12032676 5
13601	683	12033858 1	12032694 1
13601	683	12033858 1	12032698 2
13601	683	12033858 1	12032702 2

Figur 3 - 3 Foreldre-barn-relasjon (parent-child)

Uttrekket var i annet format enn den originale historikken. Det påløpte derav mye manuelt arbeid med å justere ruter for denne endringen. På figur 3-3 kan vi se at det er noen ekstra tall og mellomrom i de to kolonnene til høyre. Dette er et eksempel på sporadiske formatfeil som måtte rettes manuelt. I tillegg var noen av relasjonene veldig kompliserte med opp til “oldeforeldre”.

Det samme gjaldt separate uttrekket vi fikk for salgspriser, vist i figur 3-4. For hvert tilfelle av deler som henger sammen finnes det en forelder og et barn. Ingen av barna eller barnebarna hadde salgspriser da de er solgt som en del av forelderen.

OrdreN	TegningNr	Re	TegningPosRev	Antall Bestilt	Salgspris
14809	2-2176		2-2176 1Rev:	2	1745
14808	ST-65-160/53016EL-1		ST-65-160/53016EL-1 Rev:	36	0
14807	15074845	0	15074845 Rev: 0	30	440

Figur 3 - 4 Salgspris

Som et resultat av manglende salgpris for enkelte “barn”, ble vi nødt til å gjøre ytterligere manuelle justeringer:

- Dele foreldre-omsetningen på barna etter barnets andel av totalt påløpte timer for alle deler, knyttet til forelderen som hadde salgpris på denne måten:

$$\frac{\text{Barnets produserte timer}}{\sum \text{Timer(Forelder+barn1+barn2...barnN)}} \times \text{Salgspris forelder} = \text{Barnets revenue}$$

- Noen få deler ble produsert som Make-to-stock. Derfor justerte vi inntekter av disse til enhetspris ganger produserte antall, i stedet for bestilt antall.
- Sette bestillinger som ikke hadde data for inntekt til produserte timer ganger gjennomsnittlig inntekt per produksjonstime. Den gjennomsnittlige inntekten per produksjonstime er basert på info fra ledelsen om at de ofte priser produkter etter antall timer i produksjon. Dermed blir det omtrentlig riktig å multiplisere faktiske produserte

timer for disse delene med den gjennomsnittlige inntekt per produksjonstime for Jankos sine produkter.

Noen av rutene ble feil, stort sett som et resultat av batch-produksjon. Hvis den korrekte ruten egentlig er B>C>A, kan batch-produksjon raskt medføre at ruten ender med å bli B>C>B>C>A når VBA koden har lest historikken. Takket være et godt samarbeid med Jankos og deres ERP-leverandør fikk vi også et uttrekk fra databasen for kalkylen på hver enkelt del.

Dette er illustrert i figur 3-5.

Ordrenr	Operasjon	Arbeidsstasjon	Ordrebeskrivelse	Tegningnr
13590	40	9000	Looparm komplett	17096097
13590	30	9000	Looparm komplett	17096097
13590	20	3020	Looparm komplett	17096097
13590	10	2000	Looparm komplett	17096097

Figur 3 - 5 Kalkyleuttrekk

Med andre ord kunne vi bruke VBA koden til å lese av hvilke ruter som var planlagt. Også her ble det lagt ned mange timer med formatering først. Deretter sjekket vi opp alle rutene hvor det fantes avvik, før vi manuelt korrigererte for hva som høyst sannsynlig var korrekt med tanke på ovennevnte informasjon.

Grunnarbeidet med dataen var helt nødvendig for å få gjennomført PFAST-analysen, samtidig som det har gjort flere ad hoc-analyser i ettertid langt enklere å gjennomføre. Resultatet er beskrevet i kapittel 4.

4 Analyse

Kapittelet tar for seg hvordan prosjektgruppen har arbeidet med analyse av Jankos sin produksjon og historiske data, og hvilke resultater som kom ut av prosessen. Analyseprosessen begynte i realiteten allerede i kapittel 3. Under går vi gjennom outputen fra PFAST i tillegg til andre analyser vi har gjennomført underveis. Videre i arbeidet har prosjektgruppen gjort vurderinger av resultater mot modeller som er bygget med Sgetti[®].

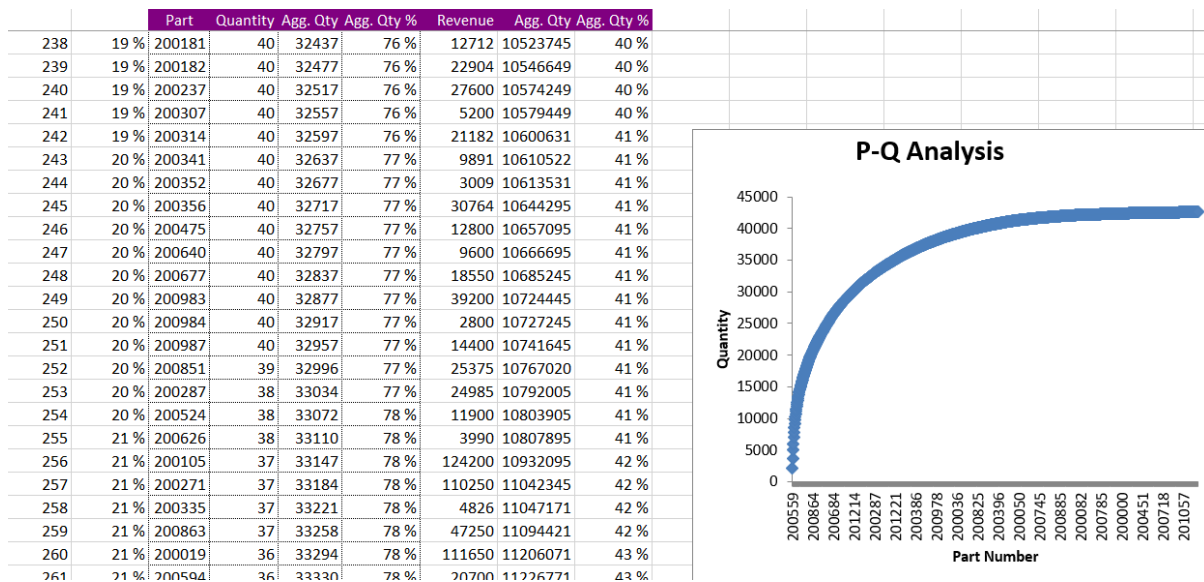
Analysene og resultater finnes i vedlegg 1, her er det flere dokumenter samlet for flere av analysene, disse er navngitt med selvforklarende tittel.

4.1 PFAST

Output fra PFAST er ikke noe som bare kan omgjøres til tiltak helt uten videre. Mye bearbeiding, forenkling og videre analysering av dataene er nødvendig for å kunne fatte beslutninger på hva outputen kan brukes til. Med en stor produktbase er det heller ikke enkelt å se sammenhenger mellom prosessfamilier. Dermed måtte vi få dataene og analysene til å snakke og gi et bilde på situasjonen.

Product-Quantity Analysis

I figur 4-1 nedenfor ser vi resultatet av PQ-analysen. 20 prosent av produktporteføljen utgjør 77 prosent av det produserte antallet enheter. Vi kan med det si at det følger *Paretos Lov*. Men å se på denne fordelingen mener vi forteller oss lite. Vi har derfor lagt inn noen ekstra kolonner for å se på aggregert omsetning på sortering etter antall. Vi ser her at disse 77 prosentene av antall enheter kun utgjør 41 prosent av omsetningen. Med andre ord utgjør resterende 23 prosent av produserte enheter hele 59 prosent av omsetningen. Det gjør at det blir vanskelig å argumentere for at PQ-analysen kan brukes som selvstendig argumentasjon for hvilke deler som er viktigst.



Figur 4 - 1 P-Q Analyse

Product-Revenue Analysis

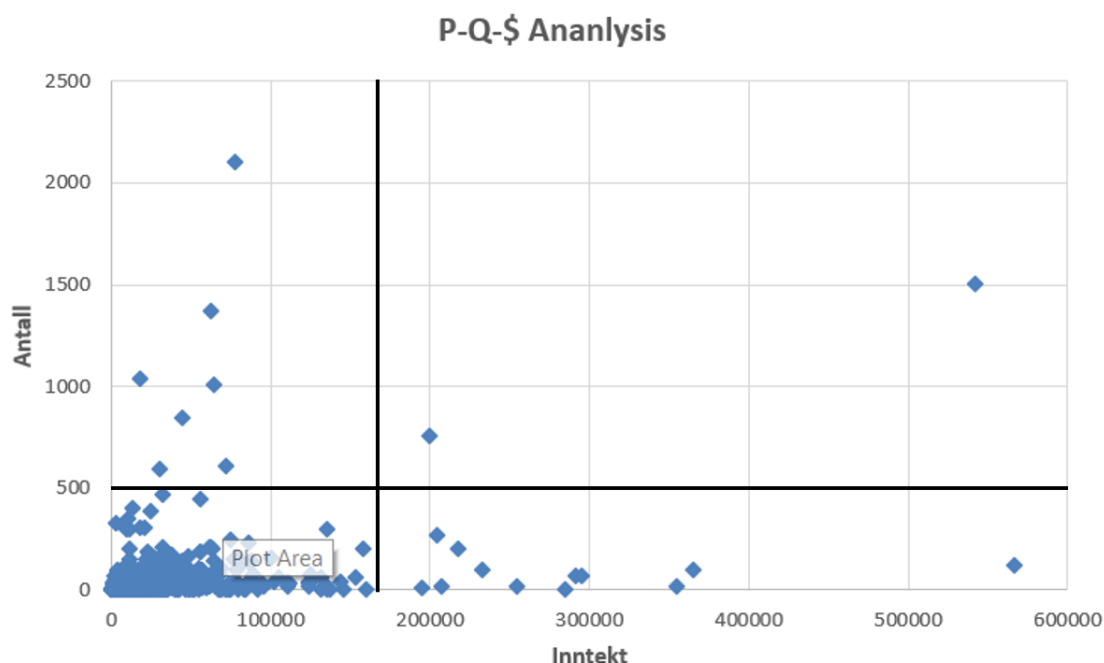
Hvis vi sorterer etter omsetning, får vi en Product-Revenue analyse. Vi ser i figur 4-2 at 20 prosent av produktporteføljen utgjør omtrent 65 prosent av omsetningen.

		Part	Quantity	Agg. Qty	Agg. Qty %	Revenue	Agg. Rev	Agg. Rev %
241	19 %	200228	34	21683	51 %	27588	16996158	65 %
242	19 %	200102	31	21714	51 %	27550	17023708	65 %
243	20 %	201050	6	21720	51 %	27428	17051136	65 %
244	20 %	200191	65	21785	51 %	27300	17078436	65 %
245	20 %	200729	100	21885	51 %	27000	17105436	65 %
246	20 %	200492	2	21887	51 %	27000	17132436	65 %
247	20 %	200681	33	21920	51 %	26700	17159136	66 %
248	20 %	200415	30	21950	51 %	26700	17185836	66 %
249	20 %	200542	30	21980	52 %	26700	17212536	66 %
250	20 %	200916	20	22000	52 %	26644	17239180	66 %
251	20 %	200167	162	22162	52 %	26563	17265743	66 %
252	20 %	200913	49	22211	52 %	26400	17292143	66 %
253	20 %	200861	17	22228	52 %	26250	17318393	66 %
254	20 %	200018	95	22323	52 %	26100	17344493	66 %
255	21 %	200638	24	22347	52 %	25972	17370465	66 %
256	21 %	200758	6	22353	52 %	25500	17395965	66 %
257	21 %	200829	7	22360	52 %	25494	17421459	67 %

Figur 4 - 2 Product-Revenue Analyse

Product-Quantity-Revenue analysis

Denne analysen belyser produktporteføljen med tanke på både omsetning og antall enheter produsert. I figur 4-3er produktene delt inn i fire kategorier som beskrevet i kapittel 2.2. Vi har produkter i alle kvadrantene, men det er tydelig at majoriteten havner i lavt antall og lav omsetning (3.kvadrant). Dette stemmer godt overens med at Jankos har en HMLV-produksjon. Vi ser også at det ikke er noen nevneverdige ansamlinger av deler i de andre kvadrantene i figur 4-3, som tilsier at det er lite hensiktsmessig å gruppere produkter etter denne fordelingen.



Figur 4 - 3 P-Q-\$\$\$ Analyse

From-to Chart

Modellen er satt opp som en oversikt over hva som transporteres mellom avdelingene, og hva som er av bevegelse innad i hver avdeling, som vist i figur 4-4 nedenfor. 1. kvadrant i hvit er flyt innad i avdeling Snillfjord, og 4. kvadrant i oransje er flyt innad i avdeling Orkanger. De grå kvadrantene er tall på produkter som flyter mellom avdelingene. Ved å sette opp en excel-modell med tabellen brukte vi *solver* til å bestemme hvilke maskiner som burde flyttes basert på tallene fra historikken. Dette resulterte i at maskin 8800 (markert i grønt i figur 4-4) burde flyttes til Snillfjord for å eliminere unødvendig transport. Denne maskinen har ingen intertransport med andre maskiner i Orkanger, men mottar og sender deler til og fra Snillfjord.

	Assembly	Saw1	Inspection	Weld	Surface t	Vendor	Manual	T6	LB3000	LB4000	LB400	C80	LB15	LB4000	Spinner	Saw	Round	Flat
	6000	2000	9000	4000	5000	9100	3900	3510	3020	3010	3000	3500	8100	8000	8500	8600	8800	8810
5000	162		4	2														
6000			1644							86								
3510	167	16	3845	17			539		52	117	66	93						
2000	1		151	5264			510	779	5906	4355	3705	1406	5654	1704	865	41		
3020			6042	21				232				237			5			
9000	3391	30		551			42	624	10	26	8	127						
3010	52	32	3152	320			24	996	34		63	294	52		16			
4000	395	1	754		192	198	640	20	162	15	108	25			302		235	
3900			3114	479				50	4	8		1		200				
3000		22	3505	11			1608	174	163	20		115						
3500	22		2755	232	4		45	41			77				14		13	
9100																		
8100		2	5050				4	113		52		75		10	366	13		
8000			1931				200	103				95			227			
8500			2250	332								40	1	46		15		
8600			125										866	316	101			
8800			16					45	53	40	17	77						
8810																		

Figur 4 - 4 From-to Chart fra PFAST

Denne modellen vil i realiteten sette alle maskinene under ett tak for å minimere tallene i de grå områdene. Dette er ikke et realistisk forslag, og vi mener derfor at det er nødvendig å se på hvordan man utnytter avdelingene på en mer kostnadseffektiv måte.

Analyse av produktruter (PR-analyse)

PR-analysene, forklart under delkapittel 4.1, gir et bilde på flyten og bevegelsen av deler innad i Jankos sin produksjon. Målet med analysen er som tidligere nevnt å gruppere produkter og/eller maskiner for å optimalisere flyten ved en endring i layout. Her er analysearbeid og resultater fra arbeidet med PR-analysen beskrevet.

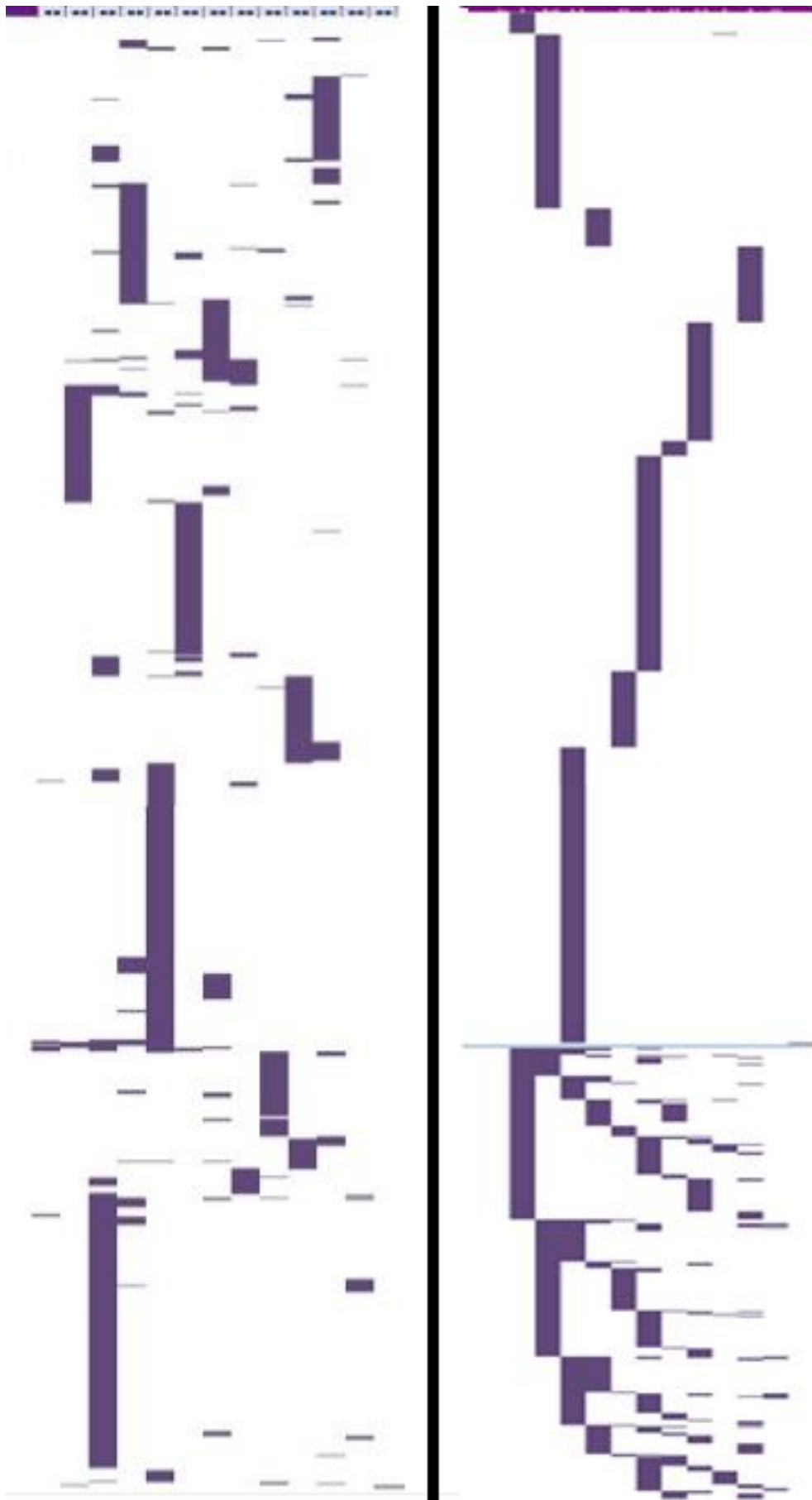
PR-Analyse Type I

I PR-analyse type I er produkter listet i den vertikale aksen (ikke synlig i figur 4-5) og maskiner i den horisontale aksen. Vi ser eksempelvis i figur4-5 at verdi 1 i celle J1 indikerer at maskin i kolonne J (6000) er aktiv i produkt nummer 1 i matrisen. For alle celler med verdi 1 har vi valgt å fargelegge disse for å forenkle og bedre visualisere analysen.



Figur 4 - 5 PR-I analyse

I figur 4-5 ser vi etter samlinger av blokker. Vi ser at det er et langt bånd som strekker seg langs den vertikale aksene. Dette indikerer arbeidsstasjoner som er med i veldig mange produkter og eventuelt produktfamilier. I vårt tilfelle var disse stasjonene kapping og sluttkontroll. Ved å fjerne disse stasjonene blir bildet annerledes, som vist i figur 4-6A. Fra denne figuren blir det klart at det ikke finnes noen grupperinger vi kan jobbe videre med for å danne celler. Vi ser også at en stor del av produksjonen kun går gjennom én maskin hver. Dermed valgte vi å dele analysen i to. Vi har brukt *Binary Ordering Algorithm* (7) for å sortere resultatet som vises i figur 4-6B. Øverste “område” i figur 4-6B er deler som kun går gjennom én maskin. I det nederste området av figur 4-6B ser vi de delene som går gjennom flere maskiner. Det er tydelig at maskinene har relativt like tilknytninger til de andre maskinene. Vi ser derfor ingenting som gir en antydning på at det vil være mulig å danne celler ut fra denne analysen. Den eneste antydningen er det som allerede kan omtales som “en stor celle”, som består av alle maskinene i Snillfjord.



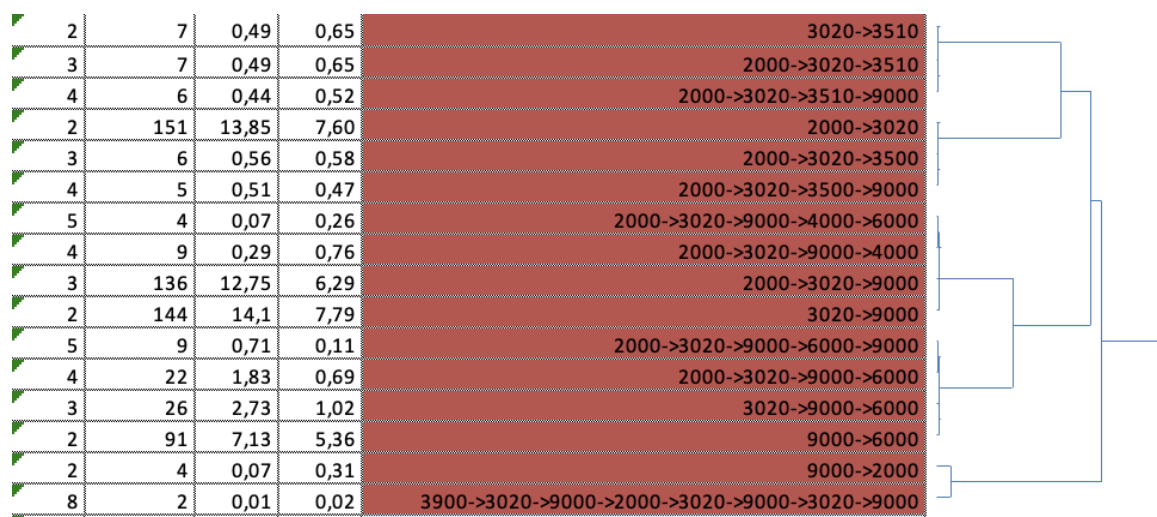
Figur 4 - 6 PR-I uten kapp og sluttkontroll (4-6A til venstre, 4-6B til høyre)

PR-analyse type II

I denne analysen er alle del-nummer delt inn i *clusters* (klynger), med deler som går gjennom samme eller lignende kombinasjon av arbeidsstasjoner. Resultatet av denne analysen sett sammen med resultatene fra PR-analyse type I, er at produksjonsvolumet for hver av de potensielle cellene ikke er stort nok til å gi grunnlag for å sette opp dedikerte produksjonsceller for produktfamilien. Volumet for hver celle vil altså bli for lite til at cellene kan operere kostnadseffektivt. Flere potensielle celler krever at for mange av maskinene dupliseres, som igjen vil påføre ytterligere kostnader. Alt i alt vil dette være ugunstig for Jankos å gjennomføre.

PR-analyse type III

I PR-analyse type III har vi lagt sammen antall ganger produksjonsruter har blitt gjennomført og fjernet alle duplikater. I analysen av dataene delte vi opp ulike klynger inn i fargekoder og opparbeidet moduler, som kan være med å forme en layout. I figur 4-7 er en klynge fargekodet i burgunder.



Figur 4 - 7 PR-III analyse

En modul består av en sammensetning av ulike arbeidsstasjoner, hvor flere del-nummer går gjennom de samme arbeidsstasjonene i lik eller ulik rekkefølge. For å finne moduler satte prosjektgruppen opp nye tabeller ved siden av analysen, for å se hvilke arbeidsstasjoner som gikk igjen oftest i hver klynge. Oversikt over moduler vises i figur 4-8.

Maskin	Antall ganger	Frequency	Qty%	Rev%	2000	3020	6000	Moduler	Maskiner
4000	2	13	0,36	1,02	2	13	2	1	4
6000	5	152	12,47	7,44	3	35	4	61	
5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3020	14	534	48,83	27,41	11	357	11	4	61
2000	12	361	31,58	18,26	11	357	11	3	35
3010	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3510	3	20	1,42	1,82	2	13	3	20	0
3500	2	11	1,07	1,05	2	11	2	11	0
3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3900	1	2	0,01	0,02	1	2	1	2	0
8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8800	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8810	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9000	12	458	40,64	23,6	9	197	10	363	152
9100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 4 - 8 Moduler fra PR-III

Arbeidet med denne analysen ble gjort som et forsøk på å visualisere hvordan en layout med alle maskinene samlet i en avdeling kan se ut i fremtiden. Det vil være nødvendig å gjennomføre en ny analyse ved en senere anledning for å ta hensyn til endringer i produktmikss og etterspørsel, om en slik layout senere skal realiseres. I og med at Jankos i nærmeste fremtid skal fokusere på å ha to avdelinger, valgte prosjektgruppen å ikke gå videre med denne analysen.

PR-analyse type IV

Analysen samler del-nummer som går gjennom like arbeidsstasjoner i lik rekkefølge. Resultatet fra denne analysen kan brukes for å sette opp en Cascading Flowline layout og Hybrid Flow Shop layout. Etter å ha sett på resultatet fra analysen, har prosjektgruppen valgt å ikke gå videre med analysen. Som PR-III, tror vi PR-IV kun vil fungere optimalt for Jankos dersom alle maskiner er under samme tak. Dette er ikke aktuelt for Jankos den dag i dag.

Oppsummering av PR-analysene fra PFAST

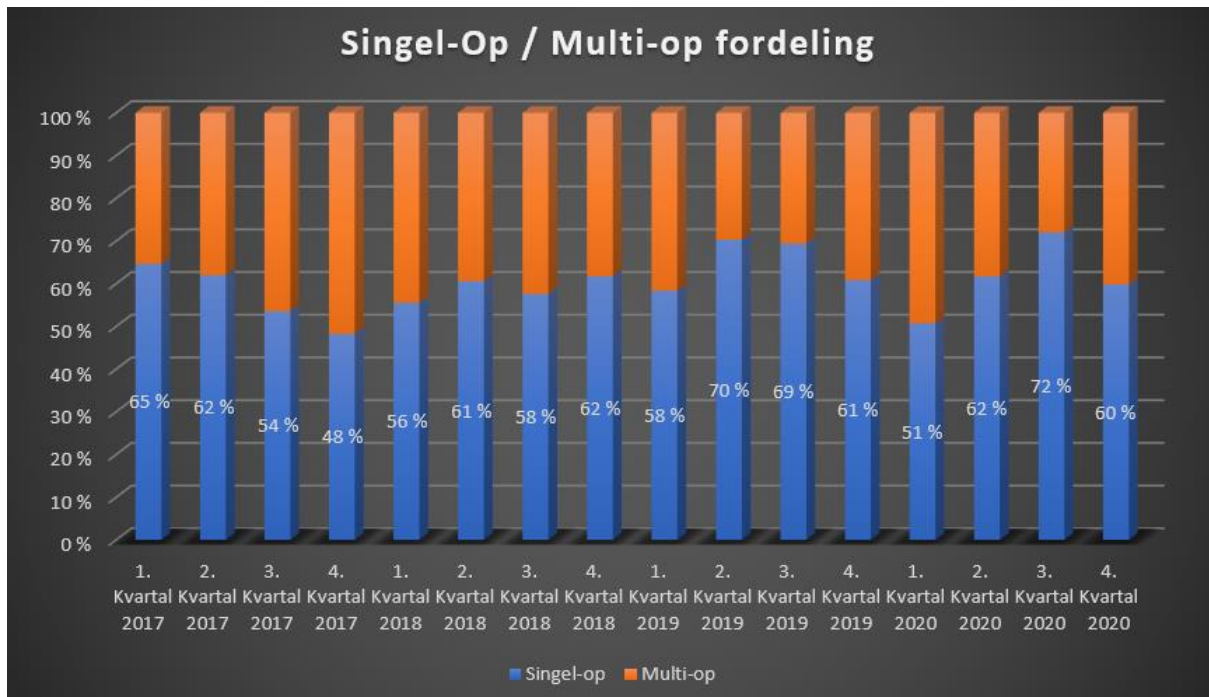
Fra de ulike PR-analysene vi har sett på ser vi at det ikke ligger grunnlag for å danne produksjonsceller. Dette ser vi relativt tydelig i PR-I og PR-IV-analysen der det kun er lange vertikale søyler, ikke klynger med lik produksjon. Samtidig ser vi at dersom det skal kunne opparbeides noen celler, vil disse bestå av duplikat-maskiner og være en stor utgift. I tillegg fraråder Irani Job Shops mot å gå over til en fullstendig cellular layout (2, s.146). Dette er for å sikre fleksibilitet i hva som kan produseres, men også for å kunne ta høyde for endringer i kundebase, produktportefølje, etterspørsel og lignende. Gjennom arbeidet med analysen av data kom vi dog over et funn som vi velger å jobbe videre med. Vi la merke til at mange av delene kun gikk gjennom en eneste arbeidsstasjon mellom kapping (2000) og sluttkontroll

(9000). Dette var to potensielt store produktfamilier som vi ville undersøke ytterligere i datasettet med historisk data.

4.2 En signifikant observasjon

Fra PFAST og ad hoc-analyser har vi gjort én signifikant observasjon når det gjelder prosessfamilier. Vi ser at en stor andel av produksjonen kun går gjennom én prosess når vi ser bort fra kapping og sluttkontroll. Så mye som 70% av antall deler som produseres hos Jankos tilhører denne prosessfamilien, og denne står for omtrent 58% av den totale årlige omsetningen (2020). Denne prosessfamilien velger vi å kalle singel-op (singel-operation-parts). Motparten kaller vi multi-op (multi-operation-parts). Det er multi-op som potensielt medfører materialflyt mellom Snillfjord og Orkanger. Denne produktgruppen bidrar til å skape forsinkelser og flere ting som må koordineres i en hverdag som allerede er kompleks som den er. Ideelt sett burde denne varestrømmen minimeres, struktureres og synkroniseres på en bedre måte.

Figur 4-9 viser fordelingen mellom singel- og multi-op over en periode på 4 år. Vi ser at det har vært en jevn fordeling over tidsperioden og antar at dette ikke vil endre seg med det første. Ettersom det er en så stor andel produkter som faller under denne kategorien, mener vi også at det er hensiktsmessig å legge fokus på denne fordelingen for å utbedre en strategi som kan utnytte styrkene til Jankos på en bedre måte.



Figur 4 - 9 Fordeling av Singel-op / Multi-op

Figur 4-9 viser fordelingen mellom de to kategoriene i tidsperioden 2017-2020 basert på tidsbruk. Figuren inneholder kun data registrert i CNC maskinene.

Tabell 4-1 under viser en mer nøyaktig analyse av hvor mange single-op enheter som produseres, samt hvor mye tid som brukes på disse i hver enkelt maskin. Oransje er fresemaskiner, grønn er dreiebenker og fargenyansene indikerer likheter mellom maskinene.

Maskinnavn	Nåværende plassering	% andel singel-op deler 2020	% andel tid brukt på singel-op 2020
Hedelius T6	Snillfjord	38%	31%
Hedelius C80	Snillfjord	57%	54%
Spinner VC1150	Orkanger	73%	73%
LB4000	Snillfjord	53%	59%
LB4000	Orkanger	71%	66%
LB400	Snillfjord	45%	51%
LB15	Orkanger	85%	72%
LB3000	Snillfjord	71%	69%

Tabell 4 - 1 Singel-op fordeling

% andel singel-op deler: Antall deler som kun går gjennom denne maskinen delt på totalt antall deler som går gjennom denne maskinen i tidsperioden.

% andel tid brukt på singel-op deler: Timer registrert på deler som kun går gjennom denne maskinen delt på totalt antall timer registrert i maskinen.

5 Diskusjon

5.1 Hvordan kan Jankos utnytte at de har både singel-op og multi-op?

Etter samtaler med produksjonsplanleggeren hos Jankos har vi forstått at nåværende strategi for å utnytte de to avdelingene i hovedsak har vært basert på kapasitet. Det vil si at produksjonen som er gjennomført på tvers av avdelingene kommer av at det ikke er ledig kapasitet til å gjennomføre produksjonen innad i én avdeling. Vi mener derfor at en strategi for produksjonsplanlegging som utnytter styrkene til hver av avdelingene, på en annen måte enn i dagens produksjon, vil kunne gi mange fordeler for Jankos. Denne strategien i kombinasjon med oppsett av en layout for ny avdeling i Orkanger vil gjøre Jankos mer attraktiv for nye maskinoperatører, samtidig som de opprettholder en konkurransedyktig produksjonsmodell.

Det vi foreslår er å dele opp produksjonen, der en avdeling tar for seg single-op deler og den andre multi-op deler. Avdelingen for multi-op bør ligge i Snillfjord av flere grunner. Den første er at sveise-avdelingen ligger i Snillfjord. Den andre er at dagens layout i Snillfjord er en delvis fleksibel layout, som fungerer bra for den varierende kompleksiteten som finnes i multi-op delene som skal produseres. Ettersom avdelingen på Orkanger skal inn i nytt lokale, åpner dette muligheten for å skape en god layout for produksjon av singel-op. I tabell 5-1 under beskriver vi hvordan denne fordelingen bør gjennomføres.

Avdeling	Snillfjord	Orkanger
Produkter	Multi-op Krevende maskinering som fordrer gode operatører	Single-op
Ansatte	De mest erfarne. Liker utfordringer, klarer å “løfte blikket” og planlegge eget arbeid effektivt.	Nye ansatte, lærlinger og operatører med mindre erfaring. Personer som ønsker en stabil arbeidshverdag, med mer fokus på kompetansebygging.
Materialhåndtering	Avtaler levering av materiale med logistikkansvarlig og henter verktøy selv, samt håndterer forsinkelse i samarbeid med andre operatører.	Hver maskin har plass til inngående materiale og utgående varer i hver sin ende av maskinen. Dette burde optimalt sett fylles og tømmes av en ekstern person.
Ledelse	Selvledelse og samarbeid. Egne forbedringsprosjekter.	En tydelig leder ansvarlig for opplæring og at rutiner og krav overholdes.
Maskiner	Hedelius T6 Hedelius C80 LB4000 LB400 Rundsliper Plansliper Sveising Overflatebehandling	Spinner VC1150 LB4000 LB15 LB3000

Tabell 5 - 1 Fordeling mellom avdelingene

De maskinene vi velger å plassere i Orkanger, er de vi mener er mest kapable til å gjennomføre singel-op produksjonen slik den er i dag. Hvilke maskiner som skal stå i Orkanger har også vært et diskusjonstema med ledelsen i Jankos. De maskinene som allerede er i Orkanger velger vi å la stå, i og med at disse har høy andel av singel-op produksjoner. I tillegg ser vi i tabell 4

-1, at LB3000 har høy andel av gjennomførte singel-op. Derfor velger vi å plassere denne maskinen i Orkanger.

5.2 Hvorfor skal Jankos bruke denne strategien?

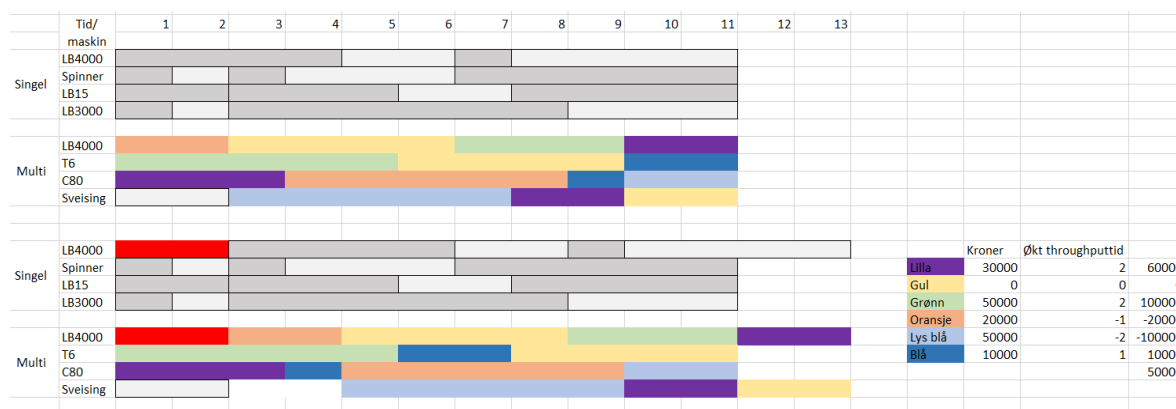
Kvaliteten på produktene kan bli forbedret, med mindre vrak og raskere ledetid til kunden. Med to fabrikker som operer som individuelle vil operatørene få en større følelse av eierskap til produkter de følger fra start til slutt. På denne måten blir det langt mer synlig om man gjør en god jobb og legger bedre til rette for senere kontinuerlig forbedring av produksjonen. Dette kan være en solid motivasjonsfaktor for mange, som kan øke villigheten blant ansatte til å jobbe litt overtid/mer effektivt for å få en bestilling ferdig innen en gitt tid.

Ledetiden vil forbedres drastisk for singel-op-porteføljen som et resultat av den strømlinjeformede produksjonen (2, s.70). Konkurransen i dagens industri blir stadig hardere og det settes fokus på å redusere kapitalkostnader og kapitalbinding. Dette har medført at leverandørenes ledetider stadig blir viktigere. Grunnen ligger i ledetidens påvirkning av lagerkostnader (8). Jo kortere ledetid, jo mindre lager er nødvendig. Planlegging for den samme singel-op porteføljen vil også bli sterkt forenklet i forhold til hva som er situasjonen i dag. Som et resultat tror vi manuell planlegging vil bli enklere og leveringsdatoer mer presise. I et marked hvor ressursene eller produktene som tilbys er like mellom konkurrenter, er det mulig å kreve høyere pris hvis man tilbyr kortere ledetid enn konkurransen (8, s.17).

Hvis Jankos klarer å oppnå denne fordelene, spesielt knyttet til reduksjon og presisjon av ledetid på singel-op, tror vi Jankos raskt vil kunne bli den foretrukne leverandøren av disse delene. Dette vil være meget fordelaktig for Jankos, ettersom singel-ops bidrar til hele 58% av omsetningen. Det vil også bli mulig å få til et tettere samarbeid med kundene og hyppigere leveranser i mindre volum på deler med voksende etterspørsel. Kunden får lavere kapitalbinding og Jankos får jevnere produksjon i de ulike maskinene.

Vi mener at Orkanger med denne strategien kan driftes delvis likt som en klassisk Toyota-fabrikk. Hvis materialflyten blir strømlinjeformet i Orkanger, blir det mulig å bruke mange av verktøyene innen Lean produksjon. Detaljert gjennomgang av hvordan dette kan innføres vil kreve mye arbeid, og vil være en egen oppgave i seg selv.

Planlegging



Figur 5 - 1 Planlegging for Singel-op / Multi-op

I figur 5-1 over har vi satt opp ett enkelt teoretisk case for å vise fordelene av to fabrikker som er delt etter singel-op / Multi-op-strategien. De to øverste bolkene viser to produksjonsplaner, én for singel-op fabrikken i grått/hvitt og én for multi-op fabrikken. Tid er inndelt i enheter, for eksempelets skyld bruker vi i dette tilfellet en dag per enhet, der hver tidsenhet verdt 10.000 kr, uavhengig av maskintype. Singel-op er grått/hvitt fordi fargekoder ikke er nødvendig ettersom ingen deler går gjennom mer enn én maskin. De to bolkene under viser konsekvensene av å dytte inn den samme hastejobben (rødfarget) inn i hver av fabrikkene.

Vi ser kun på throughput tid, som er sluttidspunkt for produksjon minus starttidspunkt for produksjon. Dette er viktig siden økt throughput tid gir økt WIP. I figur 5-1 ser vi en kalkyle på økt WIP (verdi av forsinkelse * lengde av forsinkelse). WIP-kostnaden i eksempelet blir kostnaden av å holde 50.000 kr i 1 dag. Dette er etter at vi har omrokkert hele planen for å minimere nettopp WIP. WIP gir også andre ulemper, som rot i fabrikken. Ved å kjøre hastejobben i singel-op fabrikken får vi ingen økning i WIP, kun økning av ledetid på produksjonskøen bak. Dette blir bare enda verre ved å kjøre delen i Multi-op fabrikken, da det er mange flere deler som er avhengige av en synkronisert og nøye planlagt produksjonsplan.

Poenget med denne casen var å vise hvordan Singel-op / Multi-op oppdelingen kan forenkle planleggingen i Jankos. Planleggingen er ekstremt vanskelig fra før slik den er i dag. Vi mener derfor en forenkling så langt det går er en god strategi for å prestere bedre. Det vil være langt

enkler og planlegge to nærmest uavhengige fabrikker med adskilt produktmikse, enn et scenario hvor fabrikkene deler produktmiksen slik at de igjen blir avhengige av hverandre.

Fordeler for hver avdeling

I tabell 5-1 har prosjektgruppen lagt frem hvilke fordeler vi mener de to avdelingene kan dra nytte av ved å følge foreslått strategi. Tabellen inneholder fordeler en kan oppnå ved en fokusert fabrikk, som omtales i boken *Lean Production for Competitive Advantage* (7, s.276).

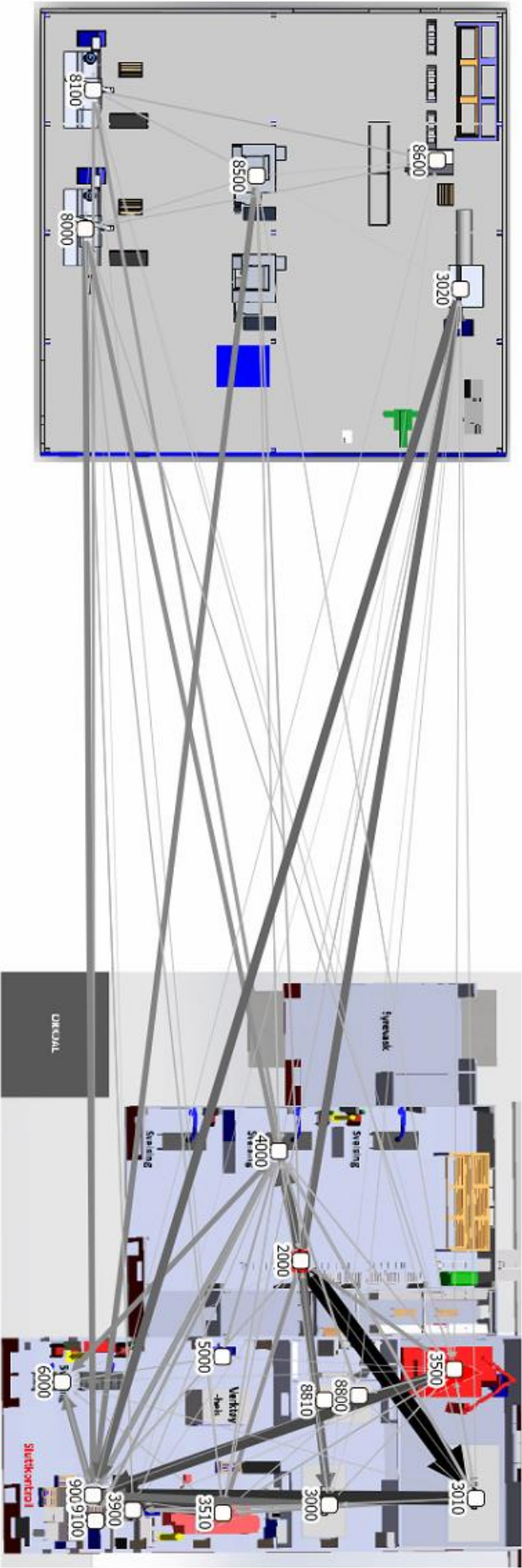
Rapportene de viser til i boken viser til opptil 90% reduksjon i ledetider og WIP, 20%-40% redusert plasskrav for produksjonsgulvet, opptil 80% reduksjon av omstillings-/oppspenningstider og opptil 80% reduksjon av kvalitetsrelaterte problemer. Andre fordeler som bedre operatørinvolvering, økt produktivitet, økt følelse av eierskap til arbeidsoppgaver hos operatører og bedre håndtering av flaksehalsar av operatører, vil også være av betydning for Jankos (7, s.277).

Disse tallene høres noe høye ut, men i avdeling Orkanger tror vi noe opp imot disse tallene faktisk vil kunne gi en pekepinn på hvilke forbedringer som er mulig å oppnå. I avdeling Snillfjord vil disse tallene nok være noe urealistiske, med tanke på at endringen i produksjonen ikke vil være altfor stor der. Hvis Jankos ved bruk av en Singel-op / Multi-op -strategi kan oppnå en brøkdelen av disse fordelene, vil dette gi viktige og betydelige forbedringer for bedriften.

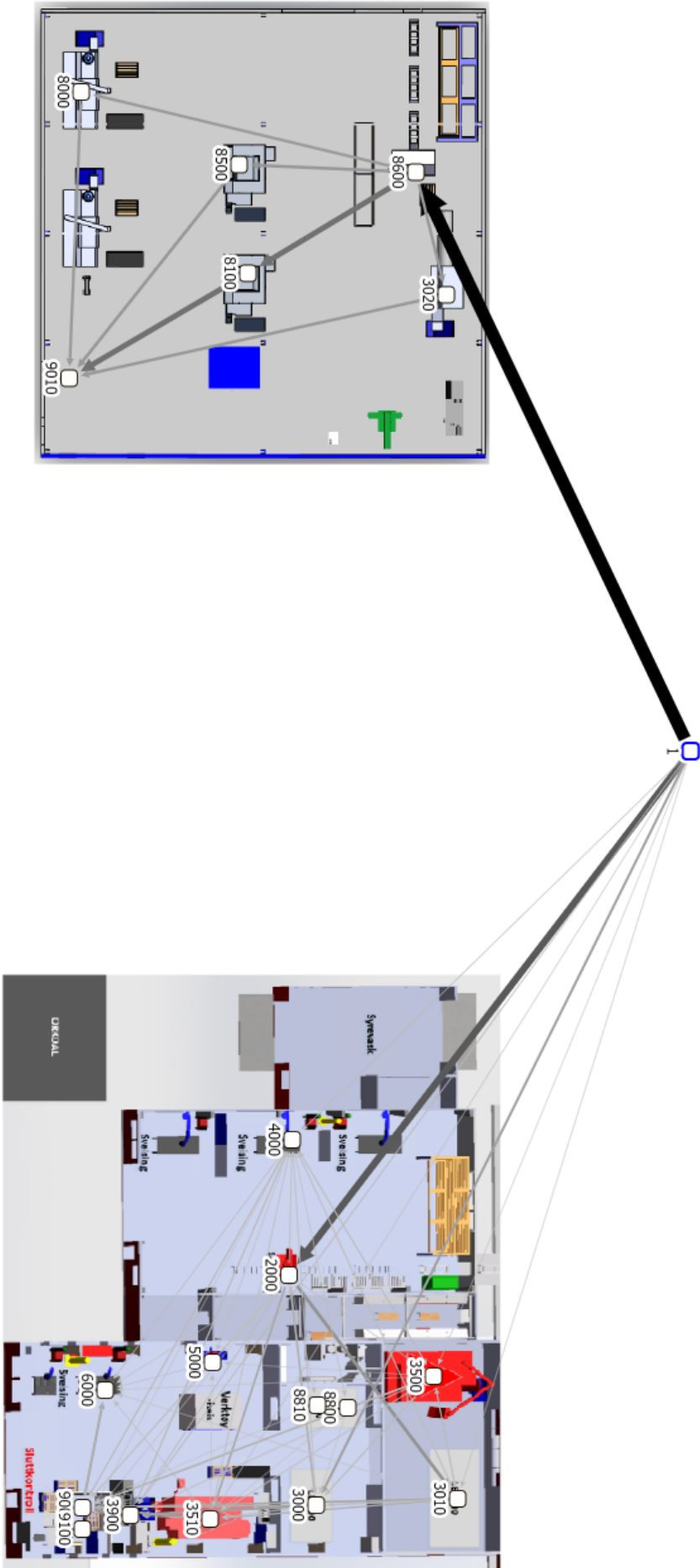
Snillfjord	Orkanger
<ul style="list-style-type: none"> - Færre forsinkelser knyttet til operatørfeil med opphav i manglende kompetanse o.l. - Mer tid til Multi-op da dette er fokuset for avdelingen. - Avdelingen blir mindre avhengig av avdeling i Orkanger, mer selvstendig. - Legger mer ansvar på den enkelte operatør. - Mindre tid brukt på opplæring og oppfølging. - Åpner muligheter for å utvikle <i>cross-trained operators</i> med kjennskap til mer enn en maskin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mer stabilt arbeidstrykk i avdelingen. - Mulighet for å bygge rutiner og standardisere arbeid rundt de ulike arbeidsstasjonene. - Høyere throughput rate på singel-op produksjon ved at det ikke hindres av multi-op WIP. - Hastejobber kan enklere legges inn i produksjonen med mindre konsekvenser for økt WIP. - Shop floor scheduling kan gi produksjonsplanlegger mer tid til planlegging av multi-op. - Water Spider (forklart senere i kapittelet). - Fokus kan legges på kompetansebygging og opplæring.

Tabell 5 - 1 Fordeler for hver avdeling

Figur 5-2 og 5-3 visualiserer hvordan materialflyten vil se ut når den nye avdelingen i Orkanger er tatt i bruk, og maskiner er flyttet til den avdelingen de burde stå i. Figur 5-2 viser hvordan materialflyten mellom fabrikkene ville sett ut om Jankos fortsetter produksjonen uten å gjennomføre singel-op-/multi-op-strategien. Figur 5-3 viser forenklingen av flyten ved singel-op-/multi-op-strategien. Her er også stasjon 1 satt inn som hovedlager og kilde for alle deler som produseres.



Figur 5 - 2 Visualisering av materialflyt uten Singel-op/Multi-op strategi



Figur 5 - 3 Visualisering av materiaflyt med Singel-op/Multi-op strategi

Figur 5-2 og 5-3 over er begge en visualisering av materialflyt opparbeidet i Sgetti[©]. Figur 5-2 viser hvordan materialflyten vil se ut mellom og innad i avdelingene, dersom det ikke blir gjennomført noen Singel-op / Multi-op strategi. Vi mener at denne kompliserte flyten vil gjøre det vanskelig for Jankos ha fullstendig kontroll over alt som skjer i produksjonen, samtidig som det gjør planlegging og synkronisering av produksjonen vanskeligere enn nødvendig.

Figur 5-3 illustrerer hvordan materialflyten i og mellom avdelingene vil bli forenklet ved gjennomføring av Singel-op / Multi-op. Her er stasjon 1 hovedlager for begge fabrikkene, og kapping er som regel første stasjon for produksjonen. Vi ser at en stor andel deler som tidligere har blitt fraktet mellom avdelingene, nå kan fullstendig produseres i hver sin avdeling. Mengden av deler er også jevnere fordelt mellom avdelingene.

5.3 utfordringer ved strategien

Tabell 5-2 nedenfor viser antall timer som er kjørt i hver maskin i perioden, samt fordelingen av disse timene på singel-ops og multi-ops. Vi bruker registrerte timer som en indikasjon på kapasiteten, noe som er en sannhet med modifikasjoner. For eksempel vil flere av maskinene som har høyt antall registrerte timer være fordi tilhørende operatør klarer å holde en høyere oppetid på maskinen og at det er satt på overtid på maskinen. I tillegg er maskinene som er plassert i Orkanger betjent av kun to operatører. Dette er ikke ment som en fasit, men for å vise et eksempel på hvordan vi mener ubalanser burde håndteres.

Maskinnavn	Nåværende plassering	Registrerte timer i analysert periode	Singel-op timer	Multi-op timer
Hedelius T6	Snillfjord	2140	670	1470
Hedelius C80	Snillfjord	1940	1040	900
LB4000	Snillfjord	2000	1190	810
LB400	Snillfjord	1620	820	800
LB3000	Snillfjord	1520	1050	470
LB4000	Orkanger	970	640	330
Spinner VC1150	Orkanger	1270	930	340
LB15	Orkanger	760	550	210

Tabell 5 - 2 Nåværende kapasitetsfordeling

Tabell 5-3 gir en omtrentlig indikasjon på hvordan utnyttelse av maskinene ville blitt dersom man kjører foreslått strategi, uten å ta høyde for kapasitetsendringer, på dagens maskinpark.

Maskinnavn	Nåværende plassering	Kapasitet	Singel-op timer	Multi-op timer	Utilization
Hedelius T6	Snillfjord	2140	670	1470	100%
Hedelius C80	Snillfjord	1940	0	1240	64%
LB4000	Snillfjord	2000	0	1140	57%
LB400	Snillfjord	1620	610	1010	100%
LB3000	Snillfjord	1520	1050	470	100%
LB4000	Orkanger	970	1830	0	189%
Spinner VC1150	Orkanger	1270	1970	0	155%
LB15	Orkanger	760	760	0	100%

Tabell 5 - 3 Kapasitetsfordeling ved Singel-op/Multi-op

- Singel-op timer fra LB4000 i Snillfjord er flyttet til LB4000 i Orkanger og motsatt for multi-op.
- Det tilsvarende er gjort for Hedelius C80 og Spinner VC 1150
- For LB15 og LB400 er det kun byttet om på 210 timer da det er lite trolig at alt kan byttes mellom disse på grunn av kapabiliteter i maskinene.
- Det er også viktig å påpeke at kapasiteten for maskinene er avhengige av at det er en operatør til stede for å kjøre maskinen. I Orkanger har det kun vært to faste operatører på flere maskiner, noe som viser til en lavere kapasitet enn i Snillfjord.

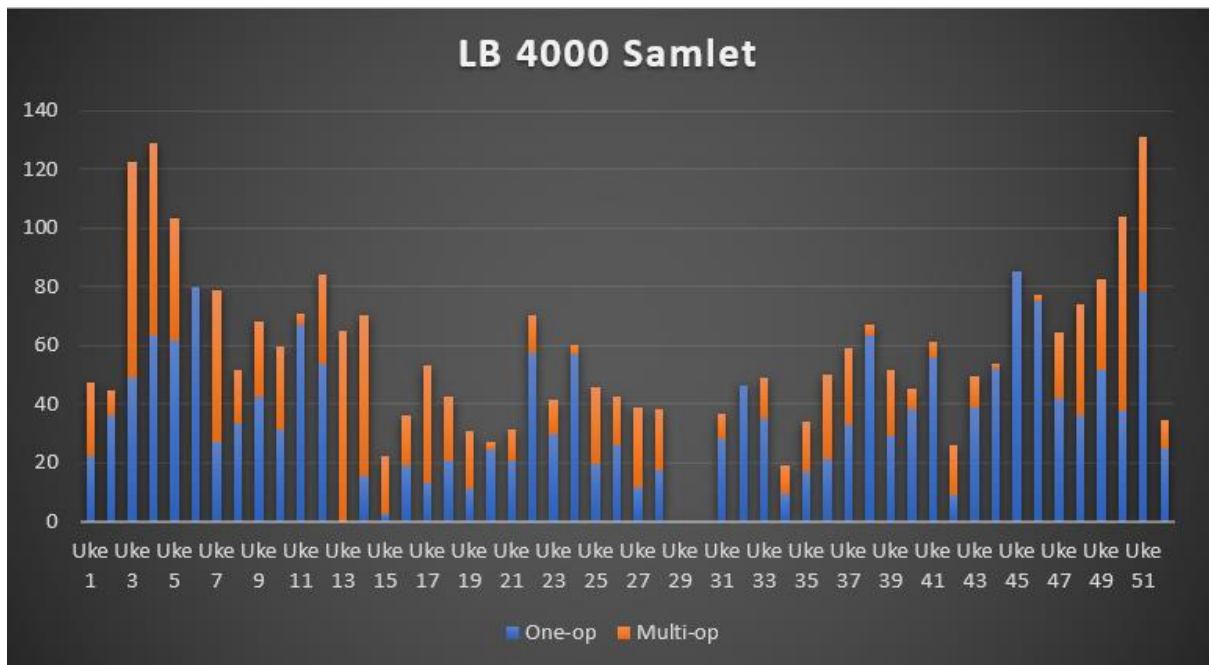
Kapasitetsbalansering

Vi ser raskt at å overføre alle single-op og multi-op mellom avdelingene vil medføre overkapasitet i Snillfjord og underkapasitet i Orkanger hvis strategien følges uten unntak. Dette bør så langt det er mulig balanseres med å kjøre noen singel-ops i Snillfjord, men multi-ops i Orkanger burde holdes så nært null som mulig. Singel-op jobbene som skal gjennomføres i Snillfjord må også implementeres godt i produksjonsplanen for å sørge for synkronisering av multi-op jobbene.

Gjennom Sgetti[©] og PFAST ser vi at Okuma LB4000 er maskinen med høyest omsetning. Dette er illustrert i figur 5-5 under, med pilene som er markert i blått som viser omsetningen til maskinen i forhold til resten av maskinparken. Denne maskinen de har to av, og derfor har vi valgt å se nærmere på denne. Figur 5-4 og figur 5-5 nedenfor viser timefordelingen mellom singel-op og multi-op for all produksjon gjennomført i de to LB4000 maskinene, fordelt i “tidsbøtter” på en uke. Ut ifra dette ser det ut til at det generelt sett ikke er et problem å fylle kapasiteten til maskinene med singel-op i Orkanger og multi-op i Snillfjord. Fortsatt er det nødvendig å ta høyde for hva man skal gjøre dersom det ikke er en jevn fordeling av singel-op/multi-op over en periode.

Hva skal Jankos gjøre når det er overvekt av singel-ops?

Et eksempel på dette er vist i figur 5-4, der det i uke 45 kun produseres singel-ops i LB4000. Her må noen av singel-op jobbene gjøres i Snillfjord. Singel-op jobbene som gjennomføres i Snillfjord bør være de jobbene hvor konsekvens av forsinkelser og rework er størst, noe som sannsynligvis går hånd i hånd med vanskelighetsgrad for delen som skal produseres.

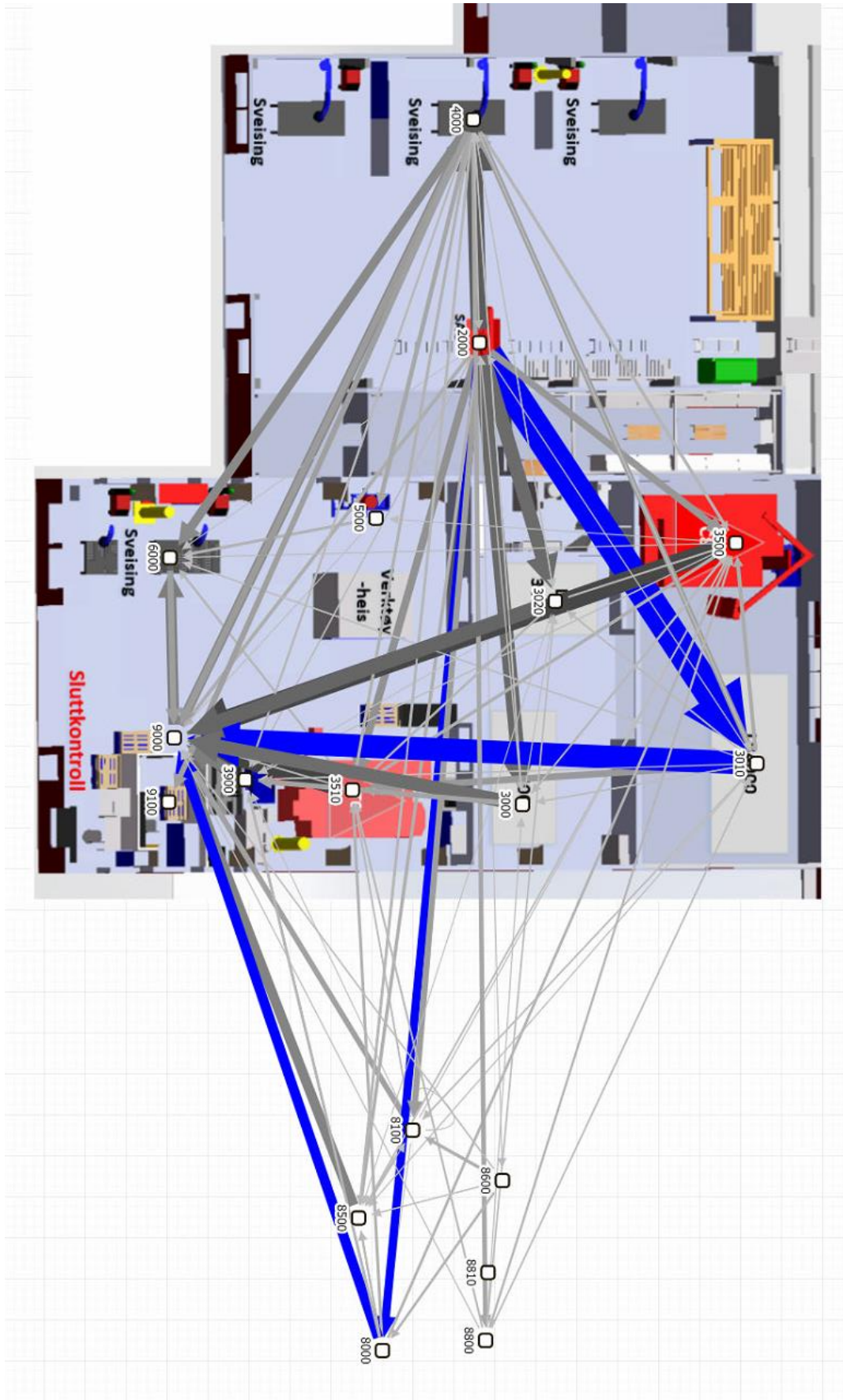


Figur 5 - 4 LB4000 Singel- / Multi-op visualisering

Hva skal Jankos gjøre når det er overvekt av multi-ops?

Et eksempel vist i figur 5-4 er uke 13. Denne uken var det omtrent ingen singel-ops gjennomført i LB4000. En periode som dette vil det være nødvendig å gjennomføre multi-op i Orkanger. Dermed bør produksjonsplanlegger for eksempel fordele multi-op som skal gjennom LB4000 først maskineres i Orkanger, før det sendes opp til Snillfjorden for resten av arbeidsoperasjonene. Det blir da viktig å planlegge nøye i slike perioder, for å oppnå minst mulig venting for resten av multi-op delene som produseres i Snillfjord.

Vi påpeker også viktigheten av å planlegge med mindre enn 100% maskinutnyttelse for å øke *on time delivery*, spesielt i Snillfjord. Dette er en av de største kildene til reduksjon av ledetid, som Suri skriver i QRM (9). Ifølge produksjonsplanlegger er 95% av delene produsert i T6 best egnet for den maskinen. Kan for eksempel de resterende 5% flyttes til en annen maskin? Kanskje man også kan flytte mer selv om det er suboptimalt? På den måten kan en hvertfall flytte noe av overkapasiteten som oppstår til andre maskiner og dermed fjerne noe av overtiden i T6.



Figur 5 - 5 Omsetning for LB4000 illustrert i Sgett®

5.4 Hvordan håndtere materialflyt

I en Job Shop er flyten av varer en av de store utfordringene for å få til en effektiv produksjon. Varer må være på rett plass til rett tid for å unngå dyrebare forsinkelser, som er en av *the seven types of waste* (2, s.189). Noe av det viktigste man kan gjøre som bedrift er å forenkle materialflyten så langt dette er mulig. Grunnpilaren i en slik forenkling er en gjennomtenkt plassering av alt fra maskiner til det minste verktøyet, som mye av denne oppgaven omhandler. Etter dette er på plass kan man se på tiltak for å effektivisere materialflyten.

I enhver produksjon er det ønskelig at operatørene bruker mest mulig av tiden sin på verdiskapning og minst mulig annet (7, s.147). I en Job Shop hvor for eksempel samleband ikke er aktuelt vil en skreddersydd materialhåndterer være en god løsning. En dedikert ressurs, eller person, som har ansvar for å hele tiden bringe varer og verktøy til operatørene, hente de ferdig maskinerte varene og levere de videre til neste maskin eller sluttkontroll. Dette er nesten slik det gjøres i Snillfjord i dag hvor lager- og logistikkansvarlig har ansvar for lagerføring, samt å bringe materiale og annet inn i bygget på bestilling fra operatørene. Dette er en rolle Jankos har utviklet over flere år, som de mener fungerer godt for avdelingen i Snillfjord. Vi i prosjektgruppen mener at denne rollen er noe Jankos burde gå videre med og videreutvikle for avdelingen i Orkanger, i form av en egen operatør som fungerer som “Water Spider”.

Water Spider i Orkanger

I Lean brukes ordet Water Spider (WS) som en betegnelse på en person som opptrer som materialhåndterer, men også har et utvidet ansvarsområde utover selve frakten av materiale (2, s.262). Vi mener en WS er helt avgjørende for full utnyttelse av avdelingen om man skulle følge vår foreslåtte oppdeling av produksjon og ansatte, der de mest erfarne holder til i Snillfjord. Derfor er det viktig med en erfaren leder som har en god oversikt over produksjonen gjennom WS-rollen. Under følger en liste med oppgaver en WS-rolle kan ha i Orkanger:

- WS vil fungere som en arbeidsleder for avdelingen og vil ha en oversikt over dagsproduksjonen og fremgangen på gulvet i tett samarbeid med produksjonsplanlegger. WS bør også ha tillatelse til å gjøre mindre endringer i produksjonsplan, fremskynde jobber og lignende.

- Bestiller materiale fra hovedlager i Snillfjord som leveres kvelden før. (Forutsatt at lageret vil være i Snillfjord).
- Bistår i omstilling av maskinene, programmering av CNC-maskiner, plukke ut riktig verktøy for operasjoner og være en problemløser-ressurs i ulike situasjoner. Av denne grunn burde det settes opp et tilkallingssystem for å minimere tiden som går fra et problem oppstår til WS er klar over problemet.
- Programmering og simulering av maskineringen, spesielt på de store seriene. Rett og slett fordi gevinsten er størst på disse.
- Opplæring for de nyansatte/lærlingene blir også en del av denne rollen. Hver lærling skal få en innføring i “hvordan vi gjør det i Jankos”, som blir nøkkelen til å utvikle gode maskinoperatører. Samtidig blir dette en balansegang hvor man legger til rette for muligheten til å bli mer selvstendig, velge verktøy, program og omstilling selv.
- Sage opp, gjøre klar og levere materiale til maskinene på en Just-in-time basis. Hente ferdigvarer fra stasjonen og sette dem på en designert plass.
- Gjennomføre “kameratsjekken” (to operatører tester marginene på en del/produkt) på første del i en serie.
- Ansvarlig for at avdelingen holdes ryddig og at fastsatte systemer og prosedyrer overholdes.
- Eventuell tid til overs kan brukes til små og store forbedringsprosjekter, kontinuerlig forbedring.

Ut fra ansvarsbeskrivelsen er det tydelig at WS må være en person med lang erfaring. Dette åpner muligheten for at WS raskt kan avgjøre hva som er riktig verktøy for en bestemt jobb eller lignende. WS bør også være en strukturert og ryddig person som evner å se det helhetlige bildet, som er det Irani kaller “situational awareness”. Med dette menes at vedkommende har de egenskapene og erfaringene som trengs til å utføre, overvåke og oppdatere den daglige produksjonsplanen til fabrikken (2, s. 370). Kommunikasjonsevner vil også være viktig i en slik rolle, kanskje ekstra viktig i og med at opplæring trolig vil være en del av jobben.

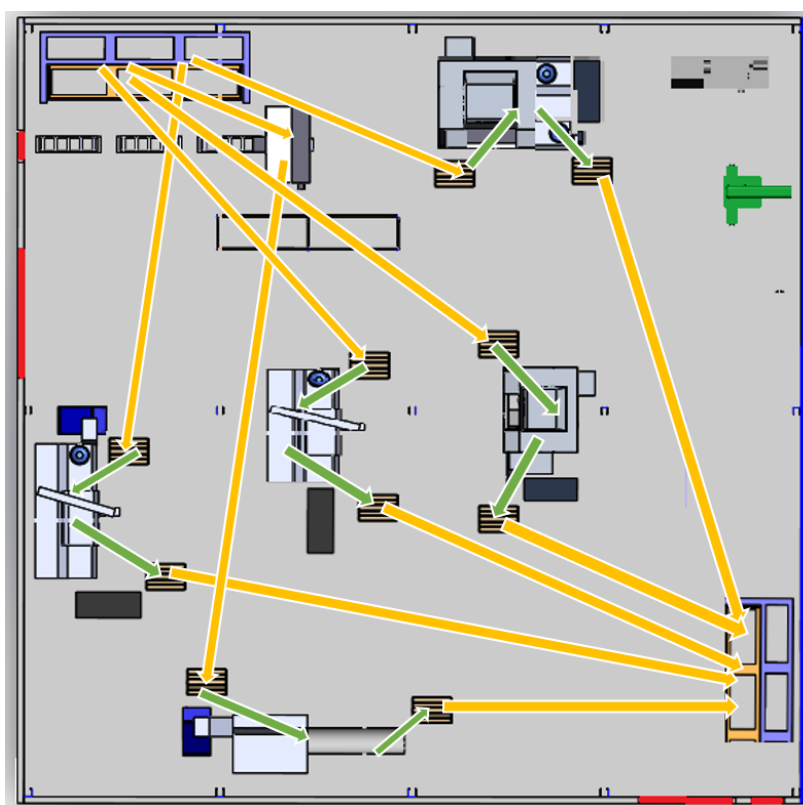
Som tabell 5-3 viser vil kapasiteten i Orkanger bli for liten om strategien følges uten unntak. Riktig bruk av WS vil kunne øke kapasiteten betydelig på dagens maskinpark ved at tid brukt eksklusivt på maskinering økes og mye annet ikke-verdiskapende arbeid blir fjernet fra hendene til operatørene. Vi mener derfor at Jankos på denne måten vil øke effektiviteten i hele bedriften og Orkanger kan ta unna en enda større andel av singel-ops enn hva tabell 5-3

indikerer. Da vil ledetidene både i Orkanger og Snillfjord bli lavere som igjen frigjør mer kapasitet til produksjon.

Materialflyt, lager og sluttkontroll

Materialflyt

Hver arbeidsstasjon vil fungere som en enkelt celle, i og med at produksjonen av varen vil bestå av kun den ene arbeidsstasjonen (singel-op). Dermed burde det spesifiseres hvor varene skal stå før og etter produksjon ved hver arbeidsstasjon. Både råvare og ferdigvare bør fraktes i standardiserte traller. I likhet med inn- og utplassering av varer for hver maskin bør det samme eksistere rundt sluttkontrollen.



Figur 5 - 6 Visualisering av materialhåndtering for Orkanger

Figur 5-6 over viser et eksempel på hvordan materialflyten i Orkanger kan bli. Gule piler er for forflytningen som skal gjennomføres av WS. Grønne piler er forflytning av varer gjort av operatør.

Lager og sluttkontroll

Med tanke på at Jankos nå har to avdelinger, hvor Orkanger skal utvides, blir det viktig å avgjøre fordeling av lager. I Snillfjord er det allerede bygd et stort lagertelt som er stort nok til å servere begge avdelingene inkludert en grei omsetningsøkning.

Hvordan logistikken mellom avdelingene blir, avhenger mye av hvor stort det fysiske volumet som må leveres og hentes i Orkanger blir. Hvis dette holdes innenfor det som kan hentes av ansatte på vei til jobb og leveres på vei hjem, mener vi at Jankos kan fortsette å ha hovedlager i Snillfjord. I dag er det produksjonsplanleggeren som i hovedsak håndterer varene som skal fraktes mellom avdelingene. Han har oversikt over hva som skal settes i gang av produksjon de kommende dagene, og trenger derfor ikke å gi informasjon om dette videre. Når avdelingen i Orkanger står ferdig, vil administrasjonen flyttes dit. Dermed mister produksjonsplanleggeren muligheten til å ta med seg deler når han skal til/fra jobb. Det vil da oppstå en utfordring i form av økt kommunikasjon mellom produksjonsplanlegger og transportansvarlig. Derfor må rutinene rundt transport mellom avdelingene vurderes i tiden fremover, med hensyn til minimering av koordineringsbehov mellom fabrikkene. Transport-rutinene kan også endre seg med kapasitetsøkning i Orkanger de neste årene. Fra produksjonsplanlegger har vi dog forstått at dette ikke er sannsynlig i nærmeste framtid. Det har også blitt nevnt at utendørs lager i Orkanger er utsatt for tyveri, noe det ikke er i Snillfjord. Om utvidelsen på Orkanger medfører at det ikke lenger er hensiktsmessig å sende varer med ansatte, eller at volumet blir så stort at dette ikke er gjennomførbart uten økte kostnader, bør et større lager på Orkanger vurderes.

Vi vet at en del råvarer har blitt levert direkte til Orkanger, samtidig som noe har gått til Snillfjord for deretter å ha blitt sendt til Orkanger med ansatte. Hvis disse varene ikke har vært registrert i en maskin i Snillfjord, får vi ikke opp denne flyten i dataen, ettersom den digitale registrering for lageret ikke er koblet opp mot ERP-systemet. Ettersom vi ikke har data over hvor mye råvarer som er fraktet fra lageret i Snillfjord til Orkanger, vil det bli vanskelig å fastslå om endringene vil redusere antall deler som fraktes mellom avdelingene. Antall varer i arbeid (WIP) som fraktes mellom avdelingene vil dog reduseres til null, dersom singel-op/multi-op-løsningen følges slavisk.

Når effektiviteten i Orkanger etter hvert øker som et resultat av oppdelingen, og det er her utvidelsene (i form av for eksempel nye maskiner) vil komme, vil også produksjonsvolumet

bli større i Orkanger enn i Snillfjord. Av den grunn vil det bli nødvendig med sluttkontroll i Orkanger så varer ikke fraktes for dette.

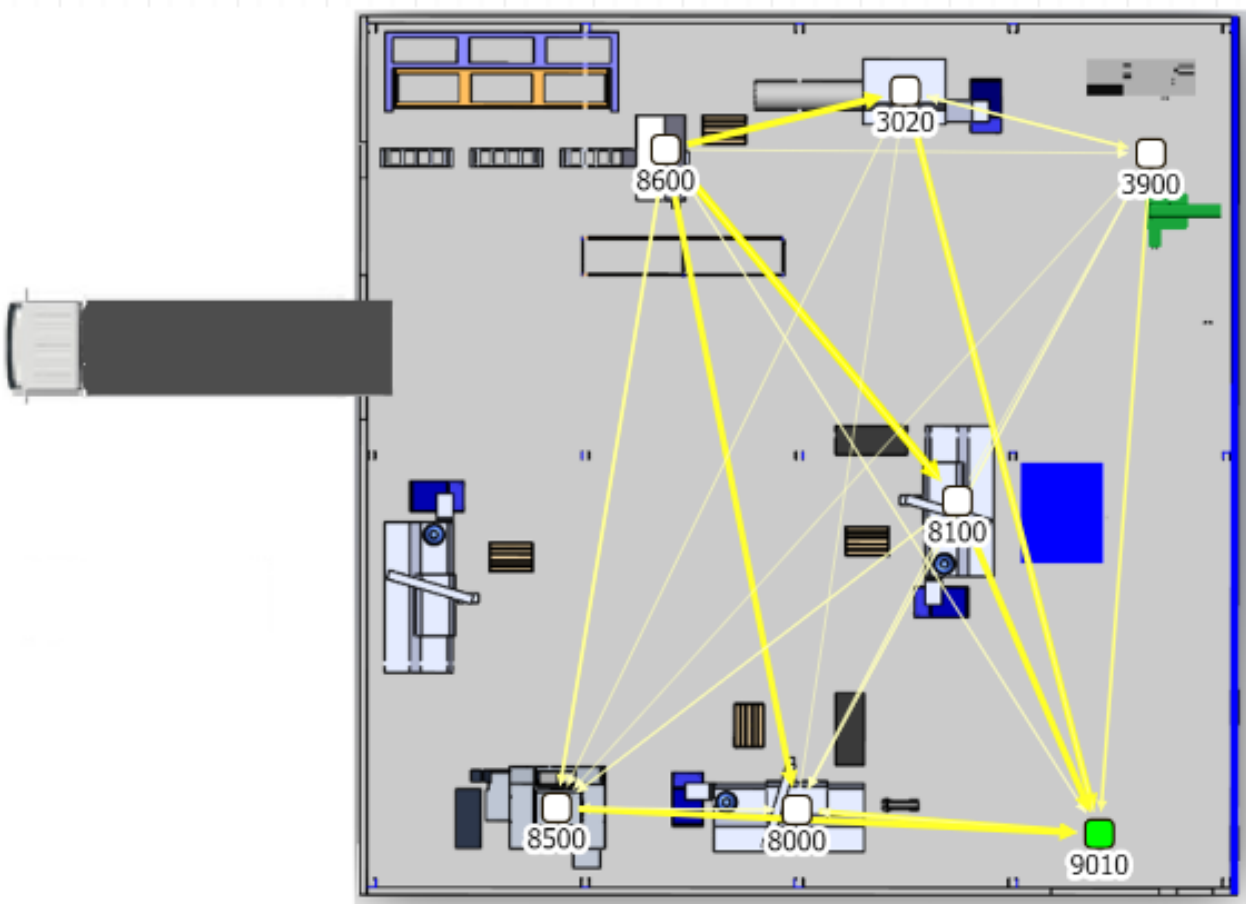
Ved singel-op/multi-op strategien vil hovedlager forbli i Snillfjord og fungere som et *bufferlager* for begge avdelingene. Det som kan leveres direkte til Orkanger fra leverandør, blir levert der. I tillegg er det mulig å ha et *lite* bufferlager med de råvarene det går aller mest av. Det er rimelig å anta at råvareforbruk til en viss grad følger *Paretos lov*, som sier at 20% av råvarene står for 80% av forbruket. En analyse av dette kan være et nyttig prosjekt i fremtiden. Ferdiggjakkede varer fraktes nedover til avdeling Orkanger på slutten av hver arbeidsdag, slik at det er klart for produksjon ved oppstart av neste arbeidsdag. Rutiner bør opprettes slik at varer ikke fraktes til Orkanger for tidlig, som fyller minilageret slik at det blir uryddig og uoversiktlig. Med andre ord, burde det være *just-in-time* leveranser fra Snillfjord.

Layout i Orkanger

I og med at alle maskiner kan driftes som sin egen produksjonscelle i Orkanger, vil plasseringene av maskinene i forhold til hverandre ikke være av avgjørende betydning. Skulle man satt opp maskinene ut ifra en 100% singel-op produksjon, ville det eneste man måtte ha tatt hensyn til i forhold til materialflyt være produsert volum. Altså å plassere de maskinene med høyest produsert volum der hvor det vil bli kortest vei fra saging/varemottak/minilager, til maskin, til sluttkontroll.

Dersom produksjonen tidvis ikke tillater at oppdelingen følges slavisk, for eksempel i en periode med høyt antall multi-op-bestillinger, er det lurt at layout i Orkanger også tar hensyn til det. Det kan gjøres ved å plassere maskinene basert på en cascading flowline layout. En cascading flowline layout vil gi hver maskin muligheten til å operere som sin egen celle, men vil også skape god flyt av materiale dersom enkelte eller flere maskiner vil måtte samarbeide om produksjonen av deler. Prinsippet går ut på at material skal flyte i en uniform retning innad i fabrikk. En tommelfingerregel for å oppnå dette for Jankos kan være å sette dreiebenkene nærmere sag/varemottak/minilager og freser nærmere sluttkontroll. Enkelt og greit fordi det går varer i retningen dreiebenk->fres 8,5 ganger så ofte som motsatt. Flyten av materiale vil i et slikt tilfelle fortsatt bevege seg fra råvarelager/kapp, inn i produksjon og videre til ferdigvarelager som vist i figur 5-7.

Vanligvis er design av et nytt lokale tiltenkt 5-10 år i fremtiden. Dette medfører usikkerhet rundt teknologiutvikling, endring i produktportefølje, endring i etterspørsel og Jankos' planer for fremtiden. Videre vil *Parkinson's law* også spille inn. Loven sier, i oversatt betydning, at ting vil ekspandere til å fylle all tilgjengelig plass tidligere enn man planlegger (10, s.129). Altså vil tilgjengelig plass fylles, selv om en har tatt høyde for det i planleggingen. Grunnet disse usikkerhetene er det viktig at Jankos planlegger utvidelsen nøye og tar høyde for hvilke endringer i plasskrav som kan forekomme i fremtiden. Vi er derfor helt enig i Jankos sin plan om å bygge en fabrikk som relativt enkelt kan forlenges i etterkant.



Figur 5 - 7 Forslag til layout i Orkanger

Vi har forsøkt å utarbeide en layout i Orkanger som vil være fungere for både singel- og multi-op. Utgangspunktet var at LB3000, LB4000, LB15 og Spinner VC 1150 skal stå i Orkanger, som omtalt i delkapittel 5.1. Vi har brukt Sgetti[®] til å prøve oss frem for å finne optimal plassering. Det har vi gjort ved å flytte multi-ops fra maskiner i Snillfjord til den tilsvarende maskinen i Orkanger, for å visualisere hvordan flyten i den nye fabrikk vil se ut ved

gjennomføring av multi-op. For å kunne gjøre dette har vi endret input-filen til Sgetti[®] på følgende måte:

- Fjernet alle produksjonsruter som inneholder T6 eller sveising, altså maskiner som har kapabiliteter som ikke eksisterer i Orkanger.
- Flyttet all resterende produksjon fra Snillfjord til Orkanger som følger:
 - 2000 Kapping Snillfjord -> 8600 Kapping Orkanger
 - LB4000 (3010) Snillfjord-> LB4000 (8000) Orkanger
 - LB400 (3000) Snillfjord -> 50% til LB3000 (3020) og 50% til LB15 (8100) begge i Orkanger
 - Hedelius C80 (3500) Snillfjord -> Spinner VC1150 (8500) Orkanger
 - Sluttkontroll Snillfjord (9000) -> Sluttkontroll Orkanger (9010)

Påfølgende brukte vi Sgetti[®]-funksjonen for kalkulering av materialflyt. Til venstre i figur 5-7 er det plassert en maskin i layouttegningen. Plasseringen er vurdert for maskin 8100 (LB15). Etter å ha prøvd oss frem og kalkulert forskjellen mellom ulike layouter, ble resultatet vist i figur 5-7 den layouten som impliserte best materialflyt, med en realistisk plassering av maskinene. I tillegg til dette har vi satt opp denne layouten slik at det omtrent ikke blir noe flow-backtracking, som her betyr at flyten hovedsakelig går fra toppen og ned i figur 5-7.

6 Konklusjon

Jankos har en komplisert og unik HMLV-produksjon. Etter mye bearbeiding av produksjonsdata har vi ikke funnet produktfamilier som kan brukes på den måten vi hadde sett for oss da vi startet prosjektet. Derfor kan vi ikke anbefale produksjonsceller til Jankos. Likevel har vi funnet et klart skille mellom produktene. Der man vanligvis ser på hvilke maskiner som bør settes sammen i en produksjonscelle, har vi i stedet vist at det finnes grunnlag for oppdeling ved å se på antall maskiner brukt for produksjon av ulike deler, prosessfamilier. Disse prosessfamiliene har et klart skille. Produkter som produseres i én maskin og produkter som produseres i flere maskiner. Singel-operation-parts og multi-operation-parts. Jankos skal drifte to avdelinger og er derfor nødt til å dele opp produksjonen. Vi mener oppdelingen vi har kommet frem til vil passe godt og vil tjene Jankos i mange år fremover.

Vårt forslag for Orkanger baserer seg i all hovedsak på singel-op produksjon, men har en layout som skal gjøre flyten innad i produksjonen enkel å forholde seg til dersom multi-op må gjennomføres her. I Snillfjord vil fokuset ligge på å opprettholde og underbygge den strategiske variasjonen som allerede foreligger, for å kunne fortsette å produsere multi-ops effektivt. Prinsippene som er nevnt under diskusjonen underbygger at det vil være avdelinger som har fokus på kompetansebygging, læring og utnyttelse av operatørens erfaringer, og er viktige for å sikre god materialflyt.

7 Videre arbeid

Som nevnt tidligere i oppgaven, er riktig strategi og layout grunnmuren i en effektiv produksjon. En bedrift kan allokere mye ressurser til å kontinuerlig forbedre sitt system, men uten et optimalt fundament vil bedriften aldri oppnå sitt største potensiale. Dette er også hovedgrunnen til at fokus på det fundamentale ble temaet for oppgaven. Etter at dette er på plass mener vi det er flere prosjekter som vil gi gode resultater.

7.1 Fire prosjekter

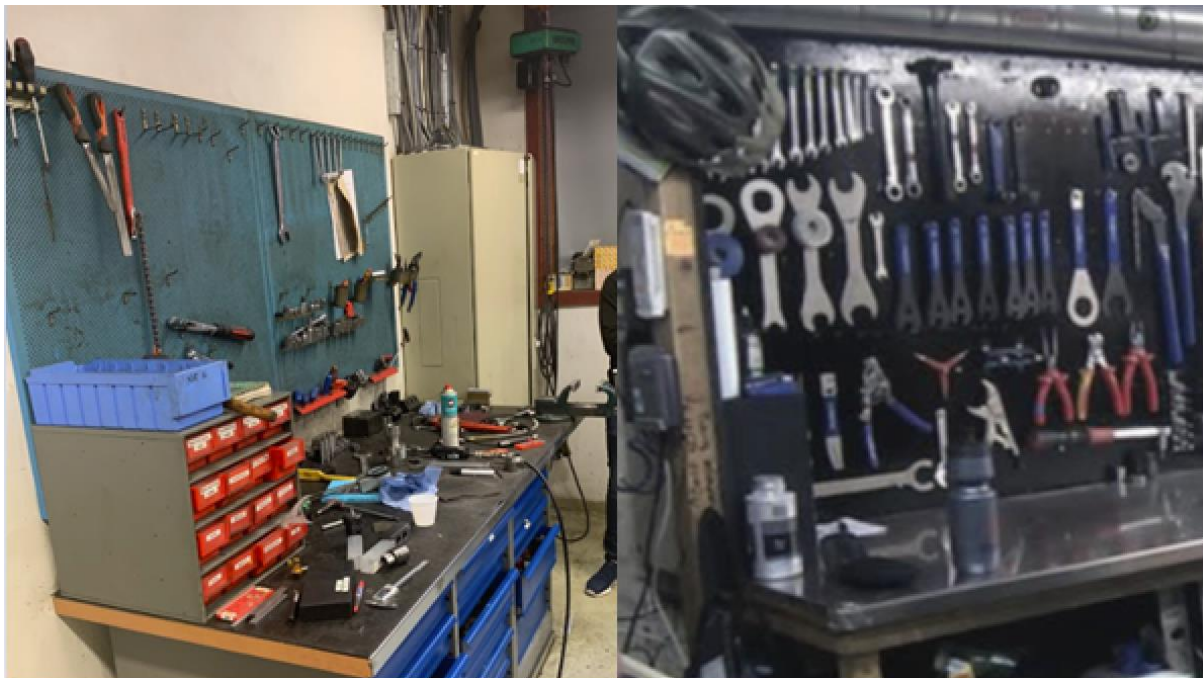
5S - hold bedriften ryddig

Jankos har tidligere vært gjennom en runde med 5S, men vi tror likevel det er mer å hente her. Det er ikke nødvendig å gå på detaljnivå, men vi påpeker at det er essensen som er viktig. Sortering og systematisering av alt verktøy og utstyr er veien å gå. Det bør være enkelt og intuitivt å finne frem til alt som trengs i løpet av en arbeidsdag.



Figur 7 - 1 Bilde av verktøy-skuff i avdeling Snillfjord

På et av våre besøk observerte vi en operatør som brukte fem minutter på å finne frem til passende “chuck” (festemekanisme for deler i maskiner) i skuffen vist i figur 7.1. Dette er et godt eksempel på noe som burde sorteres slik at man raskt og enkelt finner det man trenger. Alle skal kunne finne fram det man behøver i hvilken som helst arbeidsstasjon. Det er en nøkkelegenskap for å utnytte en multi-skilled workforce.



Figur 7 - 2 Bilde av en arbeidsbenk hos Jankos (venstre), og en Lean 5S bedrift (høyre) (11, s.529)

Figur 7-2 ovenfor er et godt eksempel hva som er status i Jankos i dag. Verktøybenken til høyre i figur 7-2 viser hvordan det kan se ut i fremtiden. Vi understreker at 5S egentlig ikke er et prosjekt i den forstand at det er tidsavgrenset. 5S krever kontinuerlig arbeid mot forbedring, der rutiner og vaner for å opprettholde forbedringene er fokusområdet. Det handler altså om å bygge en kultur rundt struktur, stabilitet og kontinuerlig forbedring.

Reduksjon av omstillingstid

Å redusere tiden brukt på oppspenning og omstilling vil være nyttig for enhver bedrift, inkludert Jankos. Enhver tid brukt på slike prosesser koster penger og produserer ingenting. Altså en “non-value-added” aktivitet (7, s.147). Oppspenning og omstilling er tid brukt på å forberede neste aktivitet. Å redusere tiden brukt på disse prosessene vil dermed kunne føre til reduserte kostnader og potensielt lavere ledetid for Jankos. Arbeidere gjør ofte færre feil når de følger enklere prosedyrer (7, s.149). Dermed vil kvaliteten på produktene til Jankos også

kunne forbedres, noe som vil føre til reduserte kostnader i form av minimering av scrap/rework. En annen fordel ved reduserte oppspennings- og omstillingstider er økt fleksibilitet. Hvis tiden det tar å omstille en maskin til en ny operasjon er kort, vil en kunne fatte avgjørelser om å bytte produkt på kort tid. Å ha høy grad av fleksibilitet er noe Jankos har som en konkurransefordel allerede i dag. Dersom denne fordelene kan bli enda større, er det noe Jankos kan dra enda mer nytte av. Men hvordan kan man oppnå reduksjon av oppstilling- og omstillingstid?

SMED (Single-Minute Exchange of Dies) handler om å redusere den totale oppspennings-/omstillingstiden ved å redusere, fjerne eller optimalisere steg i prosessen (7, s.150). Dette kan for eksempel være å gjøre to ting samtidig, istedenfor etter hverandre. Stegene deles inn i to kategorier; Interne og eksterne steg. Interne steg er de oppgavene en må gjøre når maskinen eller prosessen er stoppet, altså nedetid i produksjonen. Et eksempel kan være å bytte et verktøy i maskinen. Eksterne steg er oppgavene en kan gjøre mens maskinen/prosessen pågår. Eksempelvis å hente verktøy til neste operasjon. SMED-prosessen foregår over fire steg (7, s.151).

1. Identifisere de interne og eksterne stegene i prosessen.
2. Reduser den interne oppstillings-/omstillingsprosessen ved å endre interne oppgaver til eksterne oppgaver.
3. Forbedre alle aspekter ved oppstillings-/omstillingsprosessen, ved å minimere/eliminere eksterne oppgaver. Her inngår 5S og kontinuerlig forbedring av alle tilknyttede prosesser, som for eksempel plassering av verktøy involvert i en omstilling. I figur 7-3 nedenfor er et flyttbart skap utviklet av operatøren som selv bruker det, til blant annet omstilling.



Figur 7 - 3 Bilde av mobilt verktøyskap (12)

Jankos har til nå ingen form for tidsregistrering av omstillingstid. Vi mener en slik tidsregistrering er viktig for å kunne få mest ut av omstillingsprosjekter og validering av resultatene. Vi forstår at det er vanskelig å måle resultater når tiden brukt i en omstilling er avhengig av hva som ble produsert før omstillingen. Likevel mener vi at det kan gjøres ved å se på statistikken over en lengre periode. Går gjennomsnittlig tid brukt på omstilling ned? Minsker standardavviket? Selv om det kan være vanskelig for Jankos å se den direkte nytten av å gjennomføre slike kaizen- og SMED-prosesser basert på data-registreringen, vil det i lengden gi resultater og ny innsikt i egne operasjoner.

Operatørinvolvering

For å få gjennomført prosjektene nevnt over er det viktig at man får med seg alle de ansatte. Det må gjøres tydelig fra ledelsen at dette er viktig for hele bedriften. Enkle incentiver for å underbygge slik tankegang er å gi skryt og oppmerksomhet til ansatte som har funnet en forbedring eller tenkt ut en løsning som kan gjøre arbeidsdagen enklere. Samtidig er det viktig å oppfordre operatørene til å komme med slike tiltak jevnlig. Dette kan for eksempel trekkes frem på morgenmøtene, for å underbygge at det er viktig og at det blir satt pris på. Ikke minst er det viktig å påpeke at ingen forbedring er for liten eller ubetydelig.

Drift av Orkanger

I oppgaven skriver vi at Orkanger kan driftes som Toyota dersom singel-op/multi-op-strategien blir tatt i bruk. Dette legger grunnlaget for flere omfattende prosjekter, for å utarbeide hvilke verktøy fra TPS som kan anvendes i Orkanger. Avdelingen vil da kunne dra stor nytte av tradisjonelle lean-verktøy, beskrevet som “tools to avoid” i tabell 2.1. Dette vil være et tidkrevende prosjekt med mange kaizen-prosesser, for å finne hvilke verktøy som passer og hvilke løsninger som kan ta produksjonen til nye høyder.

7.2 Veien mot Industri 4.0

Vi har lagt merke til tre trender under våre undersøkelser rundt bransjen Jankos operer i. Trendene vi trekker frem er trender som er i full fart inn i alle industrier, men som kanskje henger noe etter i Job Shop-bransjen på grunn av kompleksiteten. Vi tror ikke nødvendigvis at å henge seg på disse trendene vil gi gevinst på kort sikt, men de som ikke gjør det i løpet av de neste 10 årene vil risikere å bli utkonkurrert.

Automatisering

Automatisering av CNC maskiner er kommet for å bli. Det finnes allerede maskiner som er kapable til å kjøre serier med forskjellige deler i flere døgn uten menneskelig involvering. I videoen (13) kan vi se et eksempel på et automatisert maskinsenter som er “designet rundt en økonomisk batch størrelse på 1”. Hvis dette fungerer i praksis, vil en slik maskin være det perfekte valget for en typisk HMLV produsent. Vi ser for oss at inntoget av slike maskiner kommer til å bli en “game changer” i en typisk Job Shop. Disse maskinene krever langt mindre menneskelige ressurser og er en mulighet til å ekspandere produksjonen uten en proporsjonal økning av personalet.

Det tar tid å opparbeide kompetanse til å kjøre slike maskiner siden de styres på en annen måte enn tradisjonelle CNC maskiner. Innkjøp av en slik maskin er ikke nødvendigvis noe som må gjøres med en gang, men vi tror de som er tidlig ute med å bygge kompetanse på dette feltet vil få et konkurransefortrinn i fremtiden.

3D-printing i metall

3D-printing vil ikke kunne erstatte CNC maskinering. Dette er fordi *economy of scale* ikke fungerer på samme måte for 3D-printing som for de fleste andre produksjonsmetoder. Enkelt forklart, tid pr enhet går ikke nødvendigvis ned med økende antall enheter som skal produseres. På en annen side er det denne egenskapen kombinert med at det ikke kreves så mye menneskelig involvering som gjør det attraktivt. Skal man produsere svært avanserte deler i et lavt kvantum vil regnestykket på 3D-printing bli attraktivt. Dette gjør metoden ypperlig for utvikling av komplekse prototyper. Vi skal heller ikke glemme at 3D printing kan brukes til å produsere design CNC maskiner ikke har mulighet til.

3D-printing i metall er på vei inn i industrien, men fortsatt er det noen problemer med at produktet svekkes raskere enn produkter produsert med tradisjonelle metoder. Dette forklares i denne videoen (14). Likevel er det utviklet metoder for å gjøre metallet sterkt nok til at det i dag er brukt i Formel 1-biler, fly og menneskelig implantater (15). 3D-printing kommer bare til å bli bedre og mer økonomisk for hvert eneste år som går fremover.

Bruk av egen produksjonsdata

Alle har hørt om big data i dag. Bedrifter henter inn og analyserer i økende grad intern og ekstern data. Vi mener ikke at Jankos nødvendigvis må tildele masse ressurser på big data, maskinlæring og lignende i nær framtid. Vi tror dog at Jankos absolutt bør legge til rette for stadig økende innsamling og bruk av egen produksjonsdata for å ta beslutninger. Morgendagens vinnere er de som klarer å bruke dataene til verdifull innsikt for å fatte beslutninger.

Referanseliste

- (1) European Commission. Mechanical Engineering [Internett]. [Hentet 12. April 2021]
Tilgjengelig fra: https://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering_en
- (2) Irani SA. Job Shop Lean: An industrial engineering approach to implementing Lean in high-mix low-volume production systems. 1. Utg. New York: Taylor and Francis; 2020. 716 s.
- (3) Jankos Mek. Verksted AS. Historien om Jankos [Internett]. [Hentet 12. februar 2021].
Tilgjengelig fra: <https://jankos.no/om-jankos/>
- (4) P Keller, T Pyzdek. Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, And Managers At All Levels. 2. Utg. McGraw-Hill Co: New York. 720 s.
- (5) Toyota. Toyota Production System [Internett]. [Hentet 06. mai 2021]. Tilgjengelig fra: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>
- (6) Sgetti[®] [Internett]. [Hentet 09. mai 2021]. Tilgjengelig fra: <https://sgetti.com/>
- (7) Nicholas JM. Lean production for competitive advantage: A comprehensive guide to lean methods and management practices. 2. utg. Boca Raton: CRC Press; 2018. 575 s.
- (8) Tersine, Richard J, Hummingbird, Edward A. Lead-time reduction: the search for competitive advantage. International journal of operations & production management. 1995;15(2):8–18.
- (9) Suri R. Beyond Lean: It's About Time! Madison (USA): Center for Quick Response Manufacturing, University of Wisconsin-Madison, 2011. Lest [29.04.2021] Tilgjengelig fra: <https://quickresponse-enterprise.fr/wp-content/uploads/2019/08/Beyond-Lean-it-is-about-time-eng.pdf>
- (10) Tomkins JA, White JA, Bozer YA, Tanchoco MA. Facilities planning. 4. Utg. 2010. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons. 864 s.
- (11) Irani SA. Appendix 2, Introducing Job Shop Lean at Hardy Machine & Design Inc. Job Shop Lean: An industrial engineering approach to implementing Lean in high-mix low-volume production systems. 1. Utg. New York: Taylor and Francis; 2020. s.490-573.
Tilgjengelig fra: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/s3-euw1-ap-pe-ws4-cws-documents.ri-prod/9781498740692/9781498740692_Appendix.pdf
- (12) NYC CNC. Ultimate Machine Shop Toolbox and & Organization [Video]. 2016.
Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=OfgJxOGsyrU>. [Hentet 07.05.2021]
- (13) MTDCNC. Matsuura MAM72 35v for the unmanned run at Wiltshire subcontractor [Video]. 2017. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=48X8wiz8YhM>. [Hentet 07.05.2021]

- (14) Real Engineering. The Material Science of Metal 3D Printing [Video]. 2019.
Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYSiyxjI>. [Hentet 07.05.2021]
- (15) Hubs. Metal 3D Printing - What Is It And How Does It Work? [Video]. 2019.
Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=XsEPGVD1qdY>. [Hentet 07.05.2021]

Vedlegg og figurer

Vedlegg 1 – Excel, produksjonshistorikk og analyse

Vedlegg 2 – Forprosjekt

