

Den skjulte fabrikk i sagbruk

Inge Bolme

Produktutvikling og produksjon

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Per Schjølberg, IPK

Medveileder: Ola Haukdal, Kjeldstad Trelast, avd Støren

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk

INGE BOLME
MASTEROPPGAVE
Våren 2015

Tittel: Den skjulte fabrikk i sagbruk

Sagbruksnæringen har en lang tradisjon i Norge. For å oppnå tilstrekkelig overskudd er en avhengig å effektivisere vedlikeholdet og å redusere den skjulte fabrikk.

I denne oppgaven skal kandidaten:

- ✓ Diskutere nytteverdien av PLI i sagbruksnæringen.
- ✓ Utvikle en PLI modell for Kjeldstad Trelast, avd. Støren.
- ✓ Anvende modellen på et utvalgt system (saglinjen).
- ✓ Utarbeide forbedringsforslag basert på PLI analysen og simuleringer i PLI modell.

I tillegg skal kandidaten utarbeide 5—8 slides som skal benyttes som en presentasjon av arbeidet. Slidene skal være en del av besvarelsen.

Faglærer og veileder: Per Schjølberg, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, NTNU

Samarbeidsbedrift: Kjeldstad Bruk, Støren trelast

Kontaktperson og veileder i bedriften: Ola Haukdal

Forord

Etter tre år ved HiST, fulgt av to år ved NTNU, synes en mastergrad i ingeniørfag å være innen rekkevidde. Utdanningsløpet fullføres med denne masteroppgaven, gjennomført ved institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) i samarbeid med Kjeldstad Trelast, avdeling Støren (Støren Trelast, ST).

Arbeid med ressursutnyttelse og produktivitetsforbedring interesserer meg. Særlig dersom dette kombineres med en forutsetning om at endringer ikke skal skje på bekostning av arbeidsmiljøet. Det har derfor vært givende å jobbe med en oppgave rettet mot taps- og ytelsesindikatoren Profit Loss Indicator (PLI). Forhåpentligvis vil arbeidet også være av nytte og interesse for de øvrige interessentene.

Jeg vil gjerne takke samboer, foreldre og svigerforeldre, som alle på ulikt vis har bidratt til at det var mulig for meg å starte på denne utdanningen etter femten år som yrkesaktiv.

Jeg vil også rette en takk til Roald Lilletvedt, Terje Skarlo, Per I. Bye (HiST), Harald Rødseth og Per Schjølberg (NTNU). Ressurspersoner hvis holdninger og væremåte har vært til særlig inspirasjon opp gjennom utdanningsløpet.

Sist, men ikke minst vil jeg takke alle de jeg har vært i befatning med ved Støren Trelast. Takk for samarbeid, tid og vennlig mottakelse!

Soknedal i juni 2015

Inge Bolme

Sammendrag

I denne masteroppgave har det blitt arbeidet med taps- og ytelsesindikatoren Profit Loss Indicator. Arbeidet har vært rettet mot sagbruksindustrien, og for en stor del bestått i å utvikle en modell som tallfester bidragsyttere til "den skjulte fabrikk".

PLI framstår som en kraftfull indikator. Gitt en modell som gjenspeiler virkeligheten vil indikatoren kunne stimuler og forenkle forbedringsarbeid. PLI forenkler også prioritering og synliggjør potensialer. Dog framstår det som ressurskrevende, komplekst og krevende å utvikle bedriftsspesifikke modeller i kompleks produksjonsindustri.

De identifiserte potensialer synes å være store. Dette synes å følge naturlig av de store kostnadene forbundet med dagens produksjonsindustri.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag	4
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Problemstilling.....	7
1.3 Målsetninger.....	8
2 Profit Loss Indicator (PLI)	8
2.1 Key Performance Indicators (KPI).....	8
2.2 Waste.....	9
2.3 Den skjulte fabrikk.....	10
2.4 Introduksjon til PLI.....	11
2.5 Grunnlaget for PLI.....	11
2.5.1 Salgsinntekter.....	12
2.5.2 Produksjonskostnader.....	12
2.6 Utgangspunkt for PLI	13
2.7 Framgangsmåten ved beregning av PLI.....	14
2.7.1 Grunnelementer.....	14
2.7.2 Matematiske sammenhenger	15
2.7.3 Oppsummert – PLI.....	16
3 PLI i sagbruk	16
3.1 Verdikjeden.....	16
3.2 Sentrale elementer i trelastproduksjon	18
3.3 Typiske tap i sagbruk	19
3.3.1 Tap i verdikjeden	19
3.3.2 Tap i selve sagbruksproduksjonen	20
3.4 Nytteverdien av PLI i sagbruksnæringen.....	21
3.4.1 Behovsbetraktninger knyttet til PLI i sagbruk.....	21
3.4.2 Oppnåelige fordeler	22
3.4.3 Hensyn som påvirker nytteverdien	22
3.4.4 Oppsummert – PLI i sagbruk	23
4 PLI modell for Kjeldstad Trelast, avd. Støren.....	24

4.1	Støren Trelast	24
4.1.1	Historikk.....	24
4.2	Fra oppetid til PLI – vektlagte hensyn ved utvikling av PLI modellen	25
4.3	Analyse av eksisterende produksjonsdata	26
4.3.1	Salgstall for 2014	26
4.3.2	Produksjonssortiment	29
4.3.3	Kapasitetsfastsettelse for sentrale dimensjoner i produksjonssortimentet	31
4.4	Kvalitetstap i produksjonen	32
4.4.1	PLI modellen	32
5	Om anvendelse av modellen og simuleringer	35
6	Forslag til forbedringer	37
7	Konklusjon.....	37
8	Referanseliste.....	38
	Vedlegg 1 – Særlig betydningsfulle dimensjoner:.....	40
	Vedlegg 2 – Teoretisk produksjonsskap. (R_i) for sentrale dimensjoner	41
	Vedlegg 3 – Forstudierapport:	43

1 Innledning

Arbeidet i denne masteroppgave har vært rettet mot taps- og ytelsesindikatoren Profit Loss Indicator (PLI). Etter ett års introduksjon til bransjen, framstår sagbruksvirksomhet som kompleks. Arbeidet har derfor vært krevende, men interessant. En betydelig del av innsatsen har gått med til å utvikle en PLI modell som tallfester bidrag fra *den skjulte fabrikk i sagbruksvirksomhet*.

I dette kapitlet presenteres bakgrunnen for temaene i oppgaven, problemstilling og målsetningene for arbeidet.

1.1 Bakgrunn

Investeringer i industriell produksjon vil som hovedregel være motivert av ønsket om avkastning og verdiskapning. Avkastning forutsetter at salgsinntektene overstiger produksjonskostnadene. Internett og effektive transportløsninger bidrar til at konkurransen i stadig økende grad blir global. Dette fører til prispress. Avkastning og lønnsom drift er derfor i økende grad avhengig av kostnadskontroll og fokus på produktivitet.

Betalbare kostnader er godt synlige da de framgår av bedriftens regnskap. Skjulte kostnader derimot framgår ikke direkte av regnskapet. De skjulte kostnadene vil ofte være betydelige og følger av tapt produksjon, unødvendige operasjoner, kvalitetsfeil med mer.

Tradisjonelt har gjerne de betalbare kostnader blitt vektlagt. Dette følger naturlig av kostnadenes synlighet. Samtidig vil det ofte være en sammenheng mellom skjulte og synlige kostnader. Så er gjerne tilfelle for kostnadene forbundet med vedlikehold og mangelfullt vedlikehold. En økning i de betalbare vedlikeholdskostnadene kan føre til reduksjon fra tap som følger av mangelfullt vedlikehold.

Begrepet *den skjulte fabrikk* benyttes som et bilde på *fabrikken i fabrikk*. Denne "fabrikken" forbruker ressurser uten å bidra til verdiskapning. Tvert i mot så følger tapt profitt og skjulte kostnader av "arbeidet" i den skjulte fabrikk. Dårlig utnyttelse av produksjonskapasiteten er et eksempel på bidragsytere til den skjulte fabrikk.

Profit loss indicator utvikles for å bidra til tallfesting av den skjulte fabrikk. PLI søker å beskrive forhold knyttet til både produktivitet og skjulte kostnader. Skjulte kostnader beskrives ved hjelp av betalbare størrelser. Dette bidrar til at effekten av endringer, og sammenhenger mellom skjulte og synlige kostnader kan evalueres og monitoreres.

1.2 Problemstilling

Etter avtale med hovedveileder skal følgende problemer besvares i denne masteroppgave:

- ✓ Diskutere nytteverdien av PLI i sagbruksnæringen.
- ✓ Utvikle en PLI modell for Kjeldstad Trelast, avd. Støren.
- ✓ Anvende modellen på et utvalgt system (saglinjen).
- ✓ Utarbeide forbedringsforslag basert på PLI analysen og simuleringer i PLI modell.

1.3 Målsetninger

Effektmål:

Det er en målsetning å utvikle PLI modellen slik at den blir benyttet og på sikt bidrar til bedre ressursutnyttelse ved Støren Trelast. Kvantifisering av profittapene vil stimulere til innsats for å redusere tapene. Innførsel av en taps- og ytelsesindikator gjør det også enklere å evaluere effekten av ulike tiltak.

Det er også en målsetning å tilegne seg erfaring gjennom arbeidet som er relevant for framtidige jobbsituasjoner. Med andre ord ønsker en at arbeidet skal ha reell nytteverdi for alle involverte parter.

Resultatmål:

- ✓ Utvikle en PLI modell som:
 - kvantifiserer de viktigste tapsleddene
 - beskriver virkeligheten på en måte som framstår som realistisk
- ✓ Identifisere viktige forbedringspotensialer og skissere en strategi for hvordan disse potensialer kan realiseres.
- ✓ Arbeidet som utføres i forbindelse med masteroppgaven skal minst tilfredsstillende til karakteren C.

2 Profit Loss Indicator (PLI)

Ifølge Kjølsseth (2014) er profit loss indicator en "relativt ny" og "ikke endelig definert" indikator. I denne oppgave vil *fortjeneste* bli bruk synonymt med profitt. *Indikator* benyttes om modeller og måltall, tiltenkt bruk i styringsøyemed, hvis hensikt består i å gi en indikasjon på tilstand eller endring i tilstand. Profit loss indicator utvikles for at produksjonstap skal kunne framstilles i pengeverdi. Dette vil gi en indikator som identifiserer ulike tapsledds betydning for bedrifters økonomiske resultat, forenkler prioritering og gir gjennomslagskraft for arbeid med produktivetsforbedringer.

I dette kapitlet presenteres taps- og ytelsesindikatoren PLI. Først vil det bli gitt en kort introduksjon til temaene: *KPI*, *waste* og *hidden factory*. Dette synes å være av betydning for forståelsen, og for å forstå tankegangen bak arbeidet med denne oppgave. Deretter presenteres selve indikatoren, dens grunnlag og matematisk fremgangsmåte ved beregning av PLI.

2.1 Key Performance Indicators (KPI)

En indikator er ment å skulle gi en pekepinn, en indikasjon, på tilstand eller endring i tilstand. Betegnelsen key performance indicator (KPI) benyttes gjerne om indikatorer som brukes til å vurdere suksess, med tanke på oppnåelse av viktige bedriftsmessige målsetninger. KPI'er benyttes derfor i styringsøyemed og presenteres som en tallmessig verdi. Profit loss indicator er et eksempel på en KPI.

Det eksisterer en lang rekke KPI'er, utviklet for ulike bruksområder. KPI'er brukes til å evaluere for eksempel finansiell eller økonomisk ytelse, kundetilfredshet, markedssituasjon, effekten av markedsføringstiltak, produksjonsytelse og arbeidsmiljø (2).

Driftsresultat og totalrentabilitet benyttes gjerne for å vurdere finansiell ytelse, mens Overall Equipment Effectiveness (OEE) er en klassisk KPI i tilknytning til produksjonsytelse.

Driftsresultatet kan være bra selv om produktiviteten er dårlig. Konkurransesituasjonen i en bransje er av betydning i så måte. Foruten målinger, i form av en indikator, vil det gjerne være vanskelig å si noe om for eksempel produksjonsytelsen eller effekten av markedsføringstiltak. Informasjon fra ulike indikatorer også ofte sammenholdes for å kunne vurdere ytelsen på ulike områder.

Noen aspekter som kan påpekes ved utvikling og bruk av indikatorer er følgende (3), (4) og(5):

- ✓ Produksjonssituasjonen vil ofte være kompleks og uoversiktlig. Indikatormodeller er gjerne utviklet gjennom forenkling og tilpasning til virkeligheten.
- ✓ Indikatorer bør velges og utformes slik at ensidighet unngås. Ensidighet, ufullstendige modeller eller feilaktige målinger kan føre til upassende mottiltak, fokus på feil områder og aspekter som ikke blir tilstrekkelig vektlagt.
- ✓ Indikatormodeller bør gjenspeile virkeligheten, foruten at ethvert aspekt må ivaretas.
- ✓ Modellene bør være så grove som mulig og samtidig nøyaktig nok. Dette bidrar til fleksibilitet og brukervennlighet.
- ✓ Indikatorer kan være utviklet for spesifikke behov og ulike tidshorisonter. Basert på strategier og hva som søkes oppnådd kan indikatormodeller for eksempel være utformet for å bidra til rask respons og leveranse i rett tid med minimale lagre.
- ✓ Parametrene som inngår må settes slik at resultatet blir realistisk.
- ✓ Det må påregnes at indikatorer kan gi motstridene signaler. I tillegg vil de kunne påvirkes av andre ledd i verdikjeden.

2.2 Waste

Konseptet waste, eller sløsing, er nært knyttet til PLI. All sløsing fører til profitttap og redusert sløsing må kunne sies å være et hovedformål med indikatoren.

Kundefokus gjør at sløsing i dag gjerne relateres til begrepet *tilført verdi*. Alt annet enn det som for kunden tilfører produktet verdi betraktes som sløsing. Verdi for den enkelte kunde vil igjen være bestemt en *avveining mellom pris og kvalitet* (7) og (8).

Sløsing relatert til kvalitet medfører at sløsing vil avhenge av individuelle preferanser. Dette fordi betraktninger knyttet til kvalitet varierer fra person til person. I tillegg vil oppfatningen av kvalitet kunne endre seg over tid. Atkinson (1999) har en interessant tilnærming til begrepet og betrakter kvalitet som "a phenomenon".

Tørking av trelast tiltenkt palleproduksjon vil innebære sløsing siden kunden ikke etterspør tørket virke. Tørking er ikke nødvendig for at virket skal yte som tiltenkt og vil kun medføre overprosessering, jfr. tabell 2.1 nedenfor. Omfattende bearbeiding med fres på høvleriet, utover det som er funksjonelt nødvendig, innebære ikke sløsing dersom estetisk utforming er viktig for kunden.

Synet på sløsing og hvordan en kan redusere denne vil også endre seg over tid. Teknologiske begrensinger og teknologisk utvikling er eksempler på faktorer av betydning i så måte. Godt nok eller riktig i dag, kan innebære sløsing i morgen. Dette gjør fleksibilitet, endringsvillighet og tilpasningsdyktighet til avgjørende stikkord ved reduksjon av sløsing og tap.

2.3 Den skjulte fabrikk

Den skjulte fabrikk (hidden factory) framstiles gjerne som en "fabrikk i fabrikk" og refererer til forhold i en bedrift som resulterer i tapt profitt eller tapte ressurser. Som betegnelsen indikerer, refererer den skjulte fabrikk til forhold som ikke er direkte åpenbare. Indikatorer benyttes derfor i et forsøk på å tallfeste "fabrikkens" størrelse eller betydning. OEE har tradisjonelt vært mye benyttet til nettopp dette. Tanken er at PLI skal ta tallfesting av den skjulte fabrikk et steg videre.

Den skjulte fabrikk må kunne sies å være beslektet med konseptet waste, i den forstand at waste inngår i den skjulte fabrikk eller følger som en konsekvens av den skjulte fabrikk. Kanskje kan en si at forskjellen består i at waste relateres til verdi, mens den skjulte fabrikk i større grad relateres til de aktiviteter og forhold som resulterer i waste.

Kilder til sløsing og tap vil derfor bidragsyter til den skjulte fabrikk. Noen klassiske bidragsytere i så måte, kjent fra blant annet lean produksjon, er listet opp i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Noen bidragsytere til den skjulte fabrikk (6).

Kilder til sløsing	
Store serier	Fraværende eller mangelfulle strategier
Lang omstillingstid	Manglende fokus, neglisjering og holdninger
Prognosestyrt produksjon	Manglende rutiner/standardisering
Ustabile prosesser	Produksjon av vrak, feil på produkter
Ineffektive prosedyrer	Uutnyttet menneskelig potensiale
Overproduksjon	Dårlig styring og koordinering
Overprosessering	Venting, leting, innstilling
Håndtering, transport	Hastighetstap, "reduert speed"
Lagerhold	Lite hensiktsmessig layout
Dårlig ytelse og havari	Påvirkning fra andre ledd i verdikjeden
Kapitalbinding	Endringer i produksjonskontekst

2.4 Introduksjon til PLI

OEE (total produksjonseffektivitet) er en velkjent indikator i produksjonssammenheng. PLI bygger på OEE, men adressere identifiserte svakheter ved OEE. I tillegg kan PLI ta opp i seg produksjonstap som ikke er inkludert i OEE. PLI tallfester de økonomiske konsekvensene av ulike OEE tap så vel som de øvrige inkluderte tapsledd. Tap som følge av lagerhold er et mulig eksempel i så måte.

En komplett PLI modell gir informasjon om produksjonseffektiviteten (OEE), i tillegg til å beskrive hvordan ulike tapsledd påvirker bedriftens økonomiske resultat. Profit loss indikator kan derfor sies å representere en *videreutvikling og utvidelse* av OEE konseptet.

Kostnadene varierer for de ulike steg i produksjonsprosessen. Det samme gjør tilførselen av verdi. Produktivitetstap vil derfor ha ulik økonomisk betydning i en sammensatt produksjonsprosess. OEE tapet for en enhet eller avdeling kan være tilsynelatende stort, uten at de økonomiske konsekvensene blir signifikante. Profit loss indicator handler essensielt om å tallfeste verdien av *tapte innsatsfaktorer og tapt fortjeneste for tapte enheter*, enheter som kunne vært solgt. PLI tar hensyn til at verdien forbundet med ulike tap varierer gjennom produksjonsprosessen og gir en *verdijustert* eller *verdikorrigert* fremstilling av produksjonstapene.

Profit loss indicator forutsetter identifikasjon og tallfesting av tapsledd i produksjonen. Likedan må det være mulig å beskrive hvordan produksjonsprosessen påvirker både salgsinntekter og produksjonskostnader. Salgsinntektene og produksjonskostnadene vil variere mye og påvirke hverandre. For eksempel vil tapt salg og tapte salgsinntekter gi redusert dekningsbidrag for faste kostnader. I realiteten øker da produksjonskostnadene. Kostnadselementene er ikke konstante, hvilket er utfordrende med tanke på det indikerte profitttap som skal følge av PLI.

Det komplette bildet i forbindelse med PLI blir gjerne komplekst. Ulike motstridende hensyn ønskes gjerne i varetatt. Eksempler i så måte kan være ønsket om en PLI modell som indikere et realistisk potensiale. Samtidig ønsker en gjerne at målinger skal være sammenlignbare. Med kostnadselementer som ikke er statiske vil dette vanskelig la seg gjøre. Flexibilitet kan være ønskelig for enkel tilpasning til endringer. Forenklinger gir gjerne flexibilitet, men typisk på bekostning av riktighet og realisme.

2.5 Grunnlaget for PLI

Profit loss indicator skal indikere all tapt fortjeneste i produksjonsprosesser. Profitt, eller fortjeneste, svarer til differansen mellom penger inn og penger ut. Litt mer formalisert kan dette framstilles ved formel 2.1 (1) og (10).

$$\text{Profitt (fortjeneste)} = \text{Salgsinntekter} - \text{Produksjonskostnader} \quad (2.1)$$

Det framgår av formel (2.1) at reduserte salgsinntekter og økte produksjonskostnader påvirker profittsituasjonen negativt. Tapt salg, redusert verdi, uutnyttede potensialer og tapte innsatsfaktorer er eksempler på forhold som vil føre til tapt fortjeneste.

Bedriftens fortjeneste påvirkes også av *øvrige ledd i verdikjeden* og oppnådd produksjonsmengde. Tap kan være introdusert av andre ledd i verdikjeden, mens produksjonsmengden er av betydning for enhetskostnadene ved produksjon.

2.5.1 Salgsinntekter

Tapt salg oppstår for de enheter som kunne vært produsert med 100% OEE. Redusert verdi følger av kvalitetsforringelser, produksjonsfeil og prosessering til et alternativt produkt. Profittap som følge av uutnyttede potensialer kan være relatert til menneskelige ressurser, alternativ utnyttelse av kapasitet samt anlegg eller verdier som ikke forvaltes optimalt. Tapte innsatsfaktorer inkluderer her alle tap som følge av tilførte ressurser, nødvendige som unødvendige.

2.5.2 Produksjonskostnader

Et mulig utgangspunkt for klassifisering av produksjonskostnader kan være å skille mellom synlige og skjulte kostnader. Synlige kostnader følger direkte av forbrukte ressurser og ender opp som en post i regnskapet.

Skjulte kostnader kan ikke tallfestes direkte som følge av forbrukte ressurser. De framgår ikke av regnskapet, og følger av tap i produksjonen som ikke er forbundet med en transaksjon. Det vil være usikkerhet knyttet til den reelle størrelsen ved slike skjulte kostnader, men alle bidrar til å redusere lønnsomheten.

Direkte vedlikeholdskostnader er et eksempel på synlige produksjonskostnader. Kostnader ved nedetid, tapt produksjon, dårlig kvalitet og redusert teknisk levetid er noen skjulte kostnader som følge av manglende vedlikehold (11).

Vedlikeholdseksempelet synliggjør at det gjerne vil være en sammenheng mellom synlige og noen tilhørende skjulte kostnader. PLI tallfester og synliggjør effekten av skjulte kostnader. Dette gjør det enklere å studere hvordan en økning i synlige kostnader påvirker de skjulte.

Synlige kostnader klassifiseres gjerne i faste og variable, direkte og indirekte. I tillegg benyttes kalkulatoriske kostnader, for et mest mulig reelt bilde av driftens lønnsomhet. Basert på Banken og Nyhuus (1999) defineres disse som i tabell 2.2 nedenfor. Tapsledd i sagbruk vil senere bli klassifisert på lignende vis.

Tabell 2.2: Klassifisering av kostnader.

Kostnadstype:	Forklaring/definisjon:	Eksempler:
Faste, FK	Kostnad som ikke varierer med produksjonsmengden. De faste kostnadene vil avta per produserte enhet	Renter Forsikringer Husleie

	med økende produksjon. Kan være:	Tomtegrunn
	- Sprangvis FK	Anleggsmidler
	- Reversible FK	Oppvarming
	- Irreversible FK	Avskrivninger
	- Driftsuavhengige	Fastlønn
	- Driftsavhengige	Igangkjøring
Variable, VK	Kostnad som varierer med produksjonsmengden. Variable kostnader vil normalt være konstant per produserte enhet. Kan deles inn i:	Variabel lønn Vedlikehold Energiforbruk
	- Proporsjonale VK	Råvarer
	- Overproporsjonale VK	Overtid
	- Underproporsjonale VK	Kvantumsrabatt
Direkte	Kostnad som kan relateres direkte til den ordre eller det produkt som forårsaket kostnaden. Direkte kostnader er variable.	Direkte lønn Direkte materialer
Indirekte	Kostnad som vedrører flere produkter eller produksjonen i alminnelighet (felleskostnader). Kan ikke relateres direkte til et enkelt produkt eller ordre og fordeles gjerne på produktene ved hjelp av fordelingsnøkler. Indirekte kostnader kan være faste og variable.	Formannslønn Hjelpematerialer Renter Kontorkostnader Lønn til vedlikehold Avskrivninger
Kalkulatoriske	Kostnad beregnet med ulikt beløp i det interne og det offisielle regnskapet (omfattet av regnskapsloven). Ikke betalbar kostnad som inkluderes for å gi et mer reelt bilde av lønnsomheten.	Egenkapital renter Eierlønn Tap på fordringer Husleie
Skjulte	Ikke betalbar kostnad som følger av tap i produksjonen. Skjulte kostnader framgår ikke direkte av regnskapet, men resulterer i tapt profitt. Skjulte kostnader kan følge av for eksempel manglende vedlikehold, unødig lagerhold og håndtering.	Tapt produksjon Kapitalbinding Dårlig kvalitet Forsinket levering Redusert salgsverdi

2.6 Utgangspunkt for PLI

Kjølseth (2014) har etablert et utgangspunkt for PLI. Det vises til formel 2.2 nedenfor.

$$PLI = \text{Tapet produksjonsmengde} \cdot \text{Enhetsverdi for tapt produksjon} \quad (2.2)$$

Kjølseth foreslår også at tapene som inngår i PLI kan klassifiseres i direkte og indirekte tap. Tap som fremgår av OEE betraktes som direkte tap, mens indirekte tap vil være "diverse tap i produksjonen". Lagerhold, vedlikeholdskostnader og overforbruk nevnes som eksempler på indirekte tap.

Den tilnærming til PLI som følger av formel 2.2 gjør det nødvendig å relatere alle tap i produksjonen til en tapt produksjonsmengde. Tapt fortjeneste som følge av indirekte tap må i så fall fordeles gjennom produksjonen.

En alternativ tilnærming vil være å tallfeste indirekte tap individuelt der dette er mulig og hensiktsmessig. Dette kan virke fordelaktig med tanke på å synliggjøre effekten av tapsledds betydning. Særlig kan dette synes aktuelt for sentrale tap i henhold til "konseptet waste", for eksempel lagertap, transport- og håndteringstap.

Kjølseth (2014) beregner profittapet ut ifra 100% OEE. Tallfesting av tapene i pengeverdi gjør at PLI framstår som en kraftfull indikator. Synliggjøring av økonomiske potensialer vil trolig kunne spore til iverksettelse av tiltak. I dette ligger en mulig fare, gitt at de identifiserte potensialer ikke er realistiske. Profittap basert på 100% OEE vil indikere et potensiale som vanskelig kan realiseres.

En mulig tilnærming til dette problemet kan være at PLI avstemmes mot verdensklasse OEE. 85% OEE regnes som en realistisk verdensklasseverdi. Dersom en slik tankegang inkorporeres vil det innebære at tapt fortjeneste for direkte tap går mot null når OEE går mot 85%.

En slik tilnærming vil være forbundet med både fordeler og ulemper. Disse vil til dels være avhengig av hvordan indikatoren tenkes brukt. Ved bruk i prioriteringsøyemed vil størrelsen på selve profittapet kunne være av underordnet betydning. Et forholdsmessig korrekt bilde av virkeligheten vil gjerne være tilstrekkelig. Dersom det indikerte profittapet benyttes i kost-/nyttevurderinger ved iverksetting av tapsreducerende tiltak, kan størrelsen være avgjørende.

2.7 Framgangsmåten ved beregning av PLI

Framgangsmåten ved beregning av tapt profitt framgår av påfølgende to avsnitt. Først presenteres de grunnleggende parametere og elementer som inngår i beregningen. Deretter den matematiske framgangsmåte ved selve beregningen.

Framgangsmåten er basert på Kjølseth (2014), med noen tillegg og endringer. For eksempel er det tillagt ledd som identifiserer betydningen av lagerhold og håndtering. Endringene vil bli mer utførlig omtalt i forbindelse med PLI modell for Støren Trelast (kapitlet 4).

2.7.1 Grunnelementer

Tabell 2.3 og 2.4 nedenfor viser hvilke parametere og elementer som inngår i beregningen av PLI. Tabellene angir også hvilke sammenhenger som foreligger mellom disse. Tabellene ansees for selvforklarende og blir derfor ikke kommentert ytterligere.

Tabell 2.3: De grunnleggende variabler og parametere, nødvendig for å beregne PLI.

Symbol:	Forklaring:	Sammenhenger:	Enhet:
L_{niv}	Lagernivå		m^3

$L_{n\ddot{o}d}$	Nødvendig (akseptert) lagernivå		m^3
V_i	Inngående vareverdi		kr/m^3
DT_i	Planlagt driftstid		T
DT_r	Faktisk driftstid (oppnådd driftstid)		T
R_i	Maksimal (ideell) produksjonsrate		m^3/T
P_i	Maksimal (ideell) produksjonsmengde	$DT_i \cdot R_i$	m^3
P_t	Tilgjengelig produksjonsmengde i DT_r	$DT_r \cdot R_i$	m^3
P_r	Faktisk produksjonsmengde		m^3
P_v	Ikke godkjent produksjonsmengde		m^3
T (OEE _T)	Tilgjengelighetsparameter i OEE	DT_r / DT_i	-
Y (OEE _Y)	Ytelsesparameter i OEE	$P_r / P_t = P_r / (DT_r \cdot R_i)$	-
K (OEE _K)	Kvalitetsparameter i OEE	P_v / P_r	-
OEE	Overall Equipment Effectiveness	$T \cdot Y \cdot K$	-

Tabell 2.4: De grunnleggende elementer i selve PLI modellen.

Symbol:	Forklaring:	Sammenhenger:	Enhet:
K_L	Lagerkostnad		kr/m^3
K_{T-H}	Håndteringstilgjengelighet		kr/m^3
K_{P-H}	Produksjonshåndtering		kr/m^3
K_T	Tilgjengelighetskostnad	K_{T-H} inngår i K_T	kr/m^3
K_P	Produksjonskostnad	K_{P-H} inngår i K_P	kr/m^3
ΔP	Oppnådd eller tilført profitt		kr/m^3
L-tap	Overflødig lager	$L_{niv} - L_{n\ddot{o}d}$	m^3
T-tap	Tilgjengelighetstap	$DT_i \cdot R_i \cdot (1 - OEE_T) = P_i - P_t$	m^3
Y-tap	Ytelsestap	$DT_i \cdot R_i \cdot OEE_T \cdot (1 - OEE_Y) = P_i - P_t$	m^3
K-tap	Kvalitetstap	$DT_i \cdot R_i \cdot OEE_T \cdot OEE_Y \cdot (1 - OEE_K) = P_v$	m^3
L-verdi	Lagerverdi	$K_L + \Delta P$	kr/m^3
T-verdi	Tilgjengelighetsverdi	$((K_T + \Delta P) \cdot OEE_Y \cdot OEE_K)$	kr/m^3
P-verdi	Produksjonsverdi	$(K_T + K_P + \Delta P) \cdot OEE_K$	kr/m^3
V-verdi	Vareverdi	$V_i + K_T + K_P + \Delta P$	kr/m^3
PLI_L	Profittap, lagerhold	L-tap \cdot L-verdi	kr
PLI_T	Profittap, tapt tilgjengelighet	T-tap \cdot T-verdi	kr
PLI_Y	Profittap, uutnyttet kapasitet	Y-tap \cdot P-verdi	kr
PLI_K	Profittap, kvalitetstap	K-tap \cdot V-verdi	kr
PLI_{TOT}	Samlet profittap	$PLI_L + PLI_T + PLI_Y + PLI_K + \dots$	kr

2.7.2 Matematiske sammenhenger

Formlene 2.3 – 2.7 viser den valgte fremgangsmåte ved beregning av tapt profitt.

Fremgangsmåten skiller seg fra Kjølseth (2014) sin tilnærming ved at beregningen av T-, Y- og K-verdi ikke inkluderer maksimal (ideell) produksjonsrate, R_i . Også dette vil en komme tilbake til i kapittel 4.

$$PLI_L = [L_{niv} - L_{n\ddot{o}d}] \cdot [K_L + \Delta P] \quad (2.3)$$

$$PLI_T = [DT_i \cdot R_i \cdot (1 - OEE_T)] \cdot [(K_T + \Delta P) \cdot OEE_Y \cdot OEE_K] \quad (2.4)$$

$$PLI_Y = [DT_i \cdot R_i \cdot OEE_T \cdot (1 - OEE_Y)] \cdot [(K_T + K_P + \Delta P) \cdot OEE_K] \quad (2.5)$$

$$PLI_K = [DT_i \cdot R_i \cdot OEE_T \cdot OEE_Y \cdot (1 - OEE_K)] \cdot [V_i + K_T + K_P + \Delta P] \quad (2.6)$$

$$PLI_{TOT} = PLI_L + PLI_T + PLI_Y + PLI_K + \dots \quad (2.7)$$

2.7.3 Oppsummert – PLI

KPI'er benyttes i styringsøyemed og skal gi en indikasjon på tilstand eller endring i tilstand. PLI er en ny slik indikator som utvikles for å tallfeste produksjonstap i pengeverdi.

PLI bygger på den mye brukte produksjonsindikatoren OEE, men representerer en videreutvikling og utvidelse fra dette konseptet. PLI presenterer produksjonstapene verdikorrigert. Dette gjør det enklere å vurdere de ulike taps betydning for bedriftens økonomiske resultat.

Tapt profitt for en prosess beregnes ved å multiplisere den tapte produksjonsmengde med enhetsverdien til den tapte produksjonsmengde. Totalt profittap beregnes så ved å addere bidragene fra enkelt prosesser.

3 PLI i sagbruk

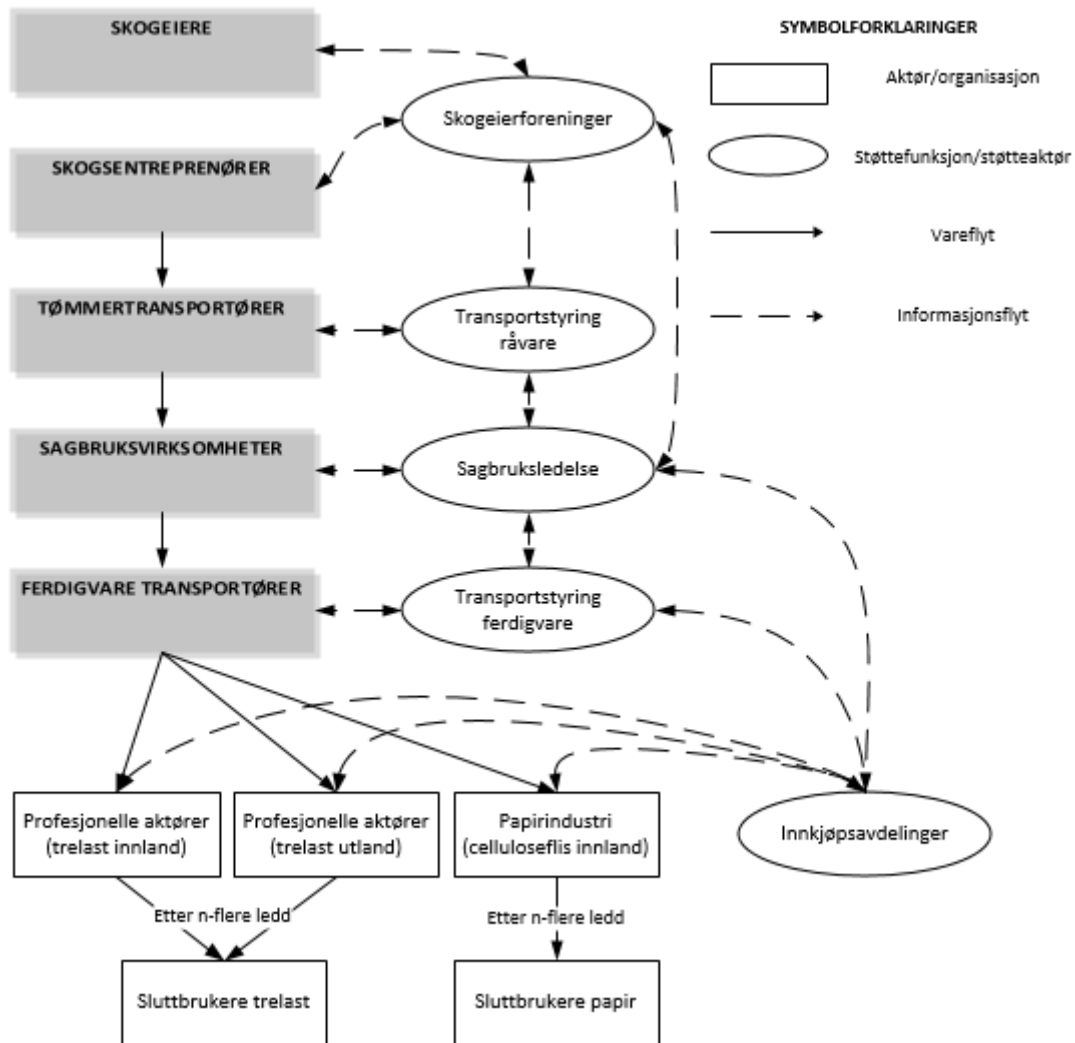
Dette kapitlet starter med en kort presentasjon av verdikjeden. Deretter følger en oversikt over noen sentrale aspekter i tilknytning til trelastproduksjon. Basert på dette presenteres en del typiske bidragsyttere til tap, i verdikjeden og selve sagbruksproduksjonen. Kapitlet avsluttes med en gjennomgang av nytteverdien til PLI i sagbruk.

3.1 Verdikjeden

Skogeiere, gjennom skogeierforeninger, skogsentreprenører, tømmertransportører og transportstyringsenheter er typiske aktører forut for sagbruket. I etterkant av sagbruket følger transportorganisasjoner og profesjonelle kunder i inn og utland, før varen ender opp hos sluttbruker.

Figur 3.1 nedenfor gir en forenklet framstilling av verdikjeden. I realiteten vil bildet være mye mer komplekst. Skogsentreprenørene avvirker teiger over et stort område. Driftsforholdene og tømmerkvaliteten vil variere fra teig til teig. Transportlengde og veistandard vil også variere. For en gitt mengde utstyr vil transport- og avvirkingskapasiteten derfor være variabel.

I tillegg innebærer selve sagbruksvirksomheten en lang rekke operasjoner som ikke framgår av figur 3.1. Interesserte henvises i så måte til Bolme (2014) for en mer utførlig framstilling av sagbruksoperasjonene. På ferdigvaresiden vil variasjoner i salget særlig bidra til tap og utfordringer i verdikjeden.



Figur 3.1: De mest sentrale aktørene i verdikjeden.

Noen aspekter ved verdikjeden er av særlig betydning for profittap og utvikling av en PLI modell for sagbruk. Dette er nærmere behandlet i avsnitt 3.3. Følgende aspekter er identifisert:

- ✓ **Sesongvariasjon** i råvaretilgang, ferdigvare etterspørsel og produksjonsytelse.
- ✓ **Råvaretilgangen** påvirkes av forhold som vinterstengte veier, teleløsning og perioder med regn, samt driftsforholdene og tømmerkvaliteten i området som skal avvirkes. Ledetiden vil være både sesongavhengig og variabel, mens råvareuttaket i praksis er forholdsvis konstant.
- ✓ **Råvarekvaliteten** varierer. Faktorer som krok, avsmalning, diameter og mengde kvist påvirker både produksjonsytelsen og oppnåelig profitt. Varierende råvarekvalitet fører til varierende produksjonsytelse. Særlig vil dette være tilfelle for saglinjen.
- ✓ **Samarbeids- og koordineringsbehov** mellom gjensidig avhengige aktører. Ved kjøp og salg av tømmer har kjøper og selger få alternative foretningspartnere. Det vil derfor være i aktørenes interesse å koordinere avvirkingen slik at den i størst mulig grad svarer til det virkelige behovet.

- ✓ **Kompleksitet** som følge av sammensatt produksjon og samarbeid mellom ulike organisasjoner.

3.2 Sentrale elementer i trelastproduksjon

Typiske elementer i forbindelse med selve trelastproduksjonen er listet opp nedenfor. Det vises igjen til avsnitt 3.3 med tanke på betydningen for profittap i sagbruk.

- ✓ **Lagerhold**
 - Råvarelager for innkjøpt tømmer
 - Mellomlagre for WIP (varer i arbeid)
 - Ferdigvarelager for plukking og leveranse
- ✓ **Håndtering/transport**
 - Til og fra produksjonsavdelingene
 - Med truck og hjullaster
- ✓ **Produksjonsavdelinger**
 - Saglinje
 - Tørke
 - Tørrsortering
 - Høvleri
 - Fyringsanlegg
- ✓ **Produktspekter**
 - Bark, flis og skurlast
 - Ulike dimensjoner fra saglinjen basert på råvareutnyttelse og behov.
 - Like/lignende dimensjoner (tykkelse) inn til tørking.
 - Et utall mulige produktvarianter fra høvleri basert på kundebehov og råvareutnyttelse.
- ✓ **Støttefunksjoner**
 - Vedlikehold
 - Sliperom (for særskilt vedlikehold av skjæreutstyr)
 - Administrasjon (salg, regnskap, produksjonsledelse)

Selve tømmerforedlingen skjer i produksjonsavdelingene. Det er her produktene tilføres verdi. Saglinjen er mest kompleks og involverer mye teknisk utstyr. Anleggs- og mannskapskostnadene vil typisk være store her.

Tørkeprosessen forbruker store mengder energi og er viktig med tanke på kvalitetsforringelse. Tørka tilføres varme fra fyringsanlegget som produserer varme av bark, for intern og ekstern bruk. En stor del av varmen forbrukes i tørkeprosessen. Begge disse prosessene er forbundet med potensialer. Økt eksterne leveransen, kombinert med varmegjenvinning av tørkevarme kan muliggjøre bedre utnyttelse av fyringsanleggets kapasitet i gjennom året.

Ved tørrsorteringen blir tørket skurlast sortert. Det kan sorteres etter både lengde og kvalitet. Tørrsorteringen er betydelig mindre kompleks og mannskapskrevende enn saglinjen. I høvleriet blir deler av skurlasten justert og videreforedlet til ferdigvare så som konstruksjonsvirke og utvendig kledning. Feil i denne prosessen fører gjerne til kvalitetstap og redusert pris.

3.3 Typiske tap i sagbruk

Noen tap i sagbruksvirksomhet vil ha sitt naturlige opphav i andre deler av verdikjeden. Atter andre følger mer direkte av forhold i selve sagbruksproduksjonen.

3.3.1 Tap i verdikjeden

Typiske tap som kan relateres til verdikjeden er utfordringer knyttet til råvareforsyning og råvarekvalitet. *Råvareforsyningen* i sagbruk vil være under *stokastisk og sesongavhengig* ledetid, med *konstant uttak og tilfeldig ledetid* i stedet for den mer vanlige med *tilfeldig uttak og konstant ledetid*.

For sagbruk vil *råvarekvaliteten* være inhomogen og påvirket av forhold som vekstvilkår og væreforhold gjennom vekstperioden. Som en følge av dette og påvirkning fra *sesongmessige variasjoner* vil produksjonskapasiteten være variabel. Særlig for saglinjen vil det være mulig å betrakte produksjonskapasiteten som en *tilfeldig (random) variabel*. Tap følger av tapt produksjon, redusert pris og større utfordringer forbundet med lagerstyring og produksjonsplanlegging (12) og (13).

Produksjonen baseres gjerne på usikre prognoser over framtidige salg og produksjonsbehov. Avvik fra prognosen skaper store utfordringer og har en tendens til å ville forplante seg gjennom verdikjeden. Lange og variable ledetider, varierende etterspørsel, prognosestyrt produksjon og variabel produksjonskapasitet er eksempler på faktorer som bidrar til å gjøre produksjon og produksjonsstyringen kompleks.

I tillegg kan det nok være en utfordring dersom aktørene på råvaresiden fokuserer på egne interesser i for stor grad. Manglende eller utilstrekkelig "kundefokus" vil ikke gagne aktørene på sikt. For eksempel blir det i forhandlingsteori ofte framholdt at begge parter gjerne vil være tjent med samarbeid og ivaretagelse av hverandres interesser. Samarbeid om reduksjon av tapene gir økt fortjeneste. "Utvidelse av kaken" er et bilde som brukes på dette. Når kaken blir større blir det mer å fordele på aktørene i verdikjeden (14).

Utfordringer knyttet til behovsstyrt avvikling av tømmer kan være et eksempel i så måte. Samarbeid om "just-in-time" styring av råvaretilførselen vil bidra til at "kaken utvides". Utstrakt samarbeid og integrering vil for aktørene på råvaresiden trolig være den beste måten å ivareta egne interesser på.

Kompleksitet og utfordringer knyttet til *samarbeid og koordinering* er derfor andre kilder til tap i sagbruk, som kan relateres til verdikjeden. Summen av usikre ledd i industriell produksjon gjør produksjonsbildet komplekst og uoversiktlig. Kompleksitet bidrar sterkt til

tap i gjennom verdikjeden. Forenkling og alternative arbeidsmåter er en måte å møte problemet på. Eksempler på tap som følge av dette kan være kostnader ved lagerhold, redusert pris fra kvalitetsforringelse og stadig replanlegging av produksjonen (15).

3.3.2 Tap i selve sagbruksproduksjonen

Typiske tap som mer direkte kan relateres til selve sagbruksproduksjonen vil gjerne følge av de bidragsytere til den skjulte fabrikk som ble omtalt i tabell 2.1.

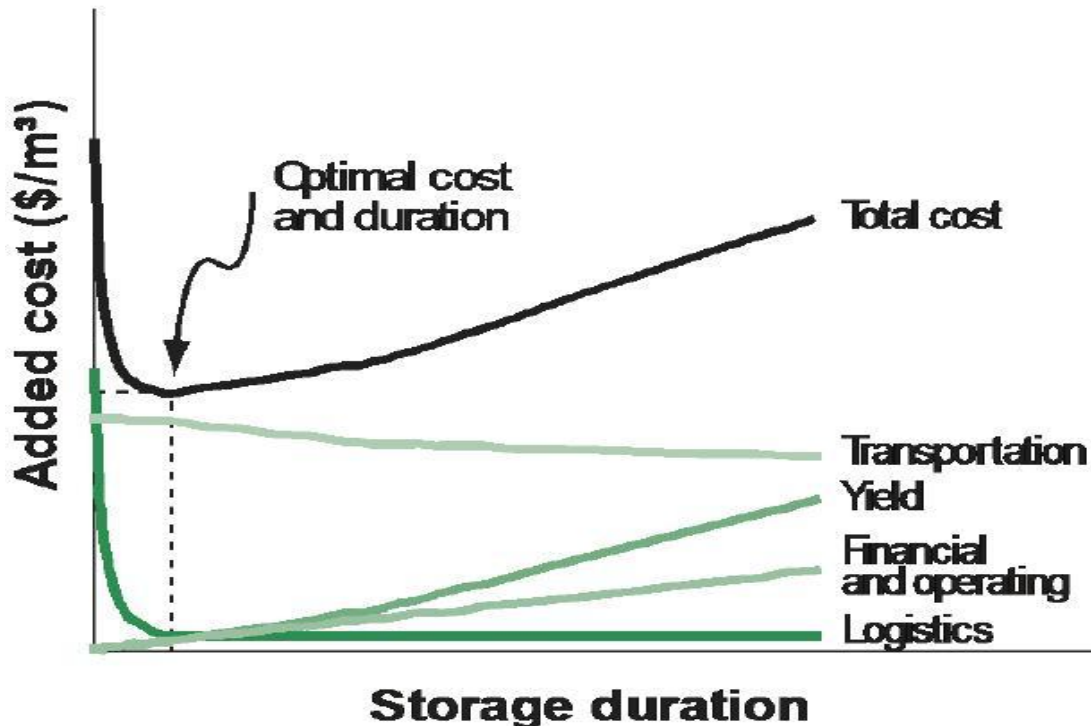
For eksempel vil nok tap fra *lagring og håndtering* kunne sies å være vanlig i trelastproduksjon. Tørkeprosessen og bredden i produktspekteret er av betydning i så måte. Tørking gjennomføres tradisjonelt i *store serier*, noe som per i dag gjerne anses for å bidra til tap. Seriestørrelsen påvirker sagbrukets mengde av *varer i arbeid* (WIP). En type lageroppbygging som forverres med økende bredde i produktspekteret.

Lagerhold vil medføre kapitalutgifter for både lagerverdi og lagerareal. Ved lagring under tak vil anleggskostnader påløpe. I tillegg vil håndteringskostnadene øke med økende lagernivå, som følge av lengre transport, leting og skader. Ifølge Janiga (2005) blir lagerkostnadene gjerne estimert i størrelsesorden 18-25 % over lagret vareverdi.

Lagring fører også til verditap for tømmer og skurlast. Jonsson (2006) refererer en eldre finsk studie (1977) der verditapet var henholdsvis 3% og 6% etter 4 og 6 ukers lagringstid. Vanning på sagbrukstomta beskytter tømmeret mot kvalitetsforringelse, gitt at tømmeret ikke blir liggende i skogen. Dette synliggjør behovet for fokus på "just-in-time" lagerstyring.

Vanning vil også medføre vanningskostnader og økt tørkekostnad. I følge Jonsson (2006) økte fuktighetsinnholdet fra 47% til 51% i løpet av de første seks ukene. Etter dette avtok vanninnholdet noe igjen. Lagringstid vil også være av betydning for strømforbruk og flyt i produksjonen. I Gingras (2006) presenteres en oversikt over hvordan noen kostnader påvirkes av lagringstid. Det vises til figur 3.2.

Logistikkostnadene avtar som følge av at kostnadene forbundet med tomgang avtar. Redusert fuktighetsinnhold og enklere kapasitetsutnyttelse bidrar til reduserte transportkostnader. Økte problemer i produksjonen, kvalitetstap og lagerkostnader påvirker driftskostnadene negativt (19) og (20).



Figur 3.2: Lagringstids påvirkning på noen kostnadskategorier (19).

Utover de tap som følger av lagerhold og håndtering vil også *de tradisjonelle tap* i industriell produksjon være en del av bildet innen sagbruksvirksomhet. Typiske tap vil være relatert til *verktøyhavari, utstyrsfeil, omstilling, innstilling, vedlikehold, manglende vedlikehold, styringselektronikk, manglende personell, manglende fokus, slitasje, småstopp, redusert flyt, ukjent kapasitet, vrak med mer.*

3.4 Nytteverdien av PLI i sagbruksnæringen

Nytte kan relateres til både fordel og behov. Verdi innebærer at noe har betydning eller oppfattes som fordelaktig. Nytteverdi kan synes å foreligge dersom noe fordelaktig blir oppnådd og gevinsten rettferdiggjør innsatsen. Nytteverdi kan kanskje sies å følge med noe en har bruk for, noe som kan benyttes videre.

3.4.1 Behovsbetraktninger knyttet til PLI i sagbruk

Verdiskapning og best mulig avkastning fra anlegg og verdier, er gjerne en hovedmålsetning i industriell produksjon. Selv om målet er klart vil veien fram være fylt av hindringer. Stadige endringer i markedet og produksjonsprosessen gjør styring nødvendig for at en skal kunne nå målsetningene. Aktiv styring forutsetter kunnskap om nåsituasjon, samt at endringer eller avvik fra ønsket kurs kan identifiseres.

Konkurransen og endringer som nevnt over, bidrar til at det stadig foreligger et behov for forbedringer. I så måte vil det være nødvendig å kunne overvåke effekten av ulike forbedringstiltak. I tillegg vil ressurstilgangen aldri vil være ubegrenset. Ressursene må fordeles, og helst slik at utbyttet maksimeres. Ved prioritering av ressurser foreligger det derfor et behov for å kunne vurdere ulike alternativets potensiale.

Kompleksitet og enkeltprosessers betydning for resultatet i sammensatte prosesser, kan også framholdes som argumenter for å styrke styringsgrunnlaget med en indikator som PLI. Indikatorer kan gi en forenklet framstilling av virkeligheten, og synliggjøre følgene av viktige trekk ved produksjonen. Foruten målinger, vil det være vanskelig å ha en klar formening om retning og hvordan de ulike delene av produksjonssystemet påvirker resultatet. Man kan ane eller ha en formening, men det vil være vanskelig å vite.

Sagbruksproduksjon framstår som utfordrende og kompleks. Behovet for en indikator som PLI synes derfor å være tilstede. Samtidig vil nok også utfordringene forbundet med nettopp kompleksitet bidra til å redusere nytteverdien. Oppnåelige fordeler og forhold som påvirker nytteverdien behandles i de påfølgende to avsnitt.

3.4.2 Oppnåelige fordeler

PLI søker å tallfeste ulike produksjonstap i pengeverdi. Dette vil synliggjøre potensialer og betydningen av ulike tap for bedriftens økonomiske resultat. Tallfesting i pengeverdi gjør tapene sammenlignbare og indikerer hvilket ressursforbruk som kan forsvares for en gitt forbedring. Dette forenkler prioritering slik at innsatsen kan fokuseres der potensialet er størst.

Tallfesting av skjulte kostnader muliggjør optimalisering. Gitt en sammenheng mellom skjulte og synlige kostnader, kan en se for seg at det vil være mulig å overvåke effekten på skjulte kostnader dersom de synlige kostnadene økes. Utviklingen for tilgjengelighetstap kan eksempelvis studeres gitt en økning i vedlikeholdsinnsatsen.

Tallfesting av tapene i pengeverdi vil kunne gi enklere aksept i styrende organer og forhandlingsstyrke ved tildeling av ressurser. En slik gjennomslagskraft med tanke på forbedringstiltak og endringer gjør at indikatoren framstår som kraftfull. Indikatoren vil også kunne bidra til bevisstgjøring og spore til forbedringsinnsats.

PLI kan utvikles for å ivareta bedriftsspesifikk forhold. Det er også mulig å inkludere tapsledd utover det som følger av tapt utstyrskapasitet (OEE). For eksempel kan effekten av tap som følge av lagerhold eller forhold i verdikjeden modelleres. Dette gjør PLI til en fleksibel indikator som kan tilpasses endrede behov.

PLI vil også kunne identifisere ulike avdelingers betydning for det økonomiske resultatet. Likedan vil indikatoren kunne benyttes til å studere mulige effekter av endringer i en avdeling på øvrige avdelinger.

Beslutningsgrunnlag utover det en oppnår med oppetid og OEE, forenklet prioritering og gjennomslagskraft er viktige fordeler som bidrar til å gi PLI nytteverdi.

3.4.3 Hensyn som påvirker nytteverdien

Utvikling av modeller vil gjerne innebære forenkling, antakelser og balansering av hensyn. Produksjonskompleksiteten gjør det vanskelig å inkludere ethvert aspekt. Avveininger

knyttet til brukervennlighet, fleksibilitet, oppnådd korrekthet og hva som bør inkluderes vil være nødvendig.

Modeller kan også være utviklet i henhold til en bestemt strategi. For eksempel kan modellen være utformet slik lagerhold belastes utover de reelle kostnader, for å stimulere til lagerreduksjon. En slik strategi vil kunne gjøre modellen mindre egnet ved bruk i prioriteringsøyemed da den ikke reflekterer de reelle potensialer.

Indikatoren vil kunne gi feilaktig informasjon dersom forutsetningene endres. Dette følger av motsetningsforholdet som eksisterer mellom en dataassistert modell og virkelighetens produksjonssituasjon. Datamodeller fordrer stabilitet, de vil være sårbare for endringer. De kan kun presentere det bildet av virkeligheten som de er programmert til.

Produksjonssituasjonen vil gjerne være stikk motsatt, med stadige endringer og kontinuerlig forandring (16).

I hvilken grad modellen klarer å gjenspeile de sentrale trekk ved produksjonen er derfor av stor betydning for nytteverdien. Med en utdatert eller uhensiktsmessig modell følger potensiell villedningsfare. For sagbruk kan det se ut som om produksjonskapasitet (R_i) og kvalitetstap er særlig utfordrende å beskrive slik at modellen gir et realistisk bilde. Produksjonskapasiteten vil variere gjennom dagen, avhengig av dimensjon og type ferdigvare. Det vil påvirke nytteverdien dersom modellen ikke fanger opp slike variasjoner. I så tilfelle vil de identifiserte ytelsestap variere som en følge av at modellen ikke gjenspeiler de faktiske forhold. Samtidig vil økende detaljgrad føre til merarbeid og redusert brukervennlighet, fra økt arbeid med registrering og plotting av data.

Produksjonskostnadene vil heller ikke være statiske, men avhenge av produksjonsvolum. Dersom kostnadsverdiene som inngår i PLI sette fast, vil det gi et resultat som er sammenlignbart, mens det indikerte profittap kan være langt fra korrekt.

Dette kan synes som en svalhet ved PLI, og gjør muligens indikatoren mindre egnet til benchmarking. Dette kan løses gjennom dobbel PLI beregning med både kortsiktige og langsiktige kostnadsverdier i modellen. OEE verdiene som inngår i modellen vil også utgjøre et støttegrunnlag i så måte. Ved benchmarking kan det muligens også være en fordel om det samlede profittap framstilles relativt, da det totale profittap til en viss grad vil kunne avhenge av størrelsen på organisasjonen.

I tillegg kan det nok framholdes som både utfordrende og ressurskrevende å utvikle en bedriftsspesifikk modell. Utviklingskostnad vil også kunne anees for å være av betydning for nytteverdien.

3.4.4 Oppsummert – PLI i sagbruk

Avkastning er en hovedmålsetning i industriell produksjon. Det vil derfor være av interesse å redusere alle tap i produksjonsprosessen. Som en naturlig konsekvens av dette, følger et

behov for identifisering og tallfesting av tapene. Det synes derfor klart at det foreligger et behov for indikatorer som PLI, også i sagbruk.

Sagbruksvirksomhet framstår som krevende, kompleks og utfordrende. En rekke faktorer påvirker produksjonen og tapsbildet. Produksjonskapasiteten vil kunne variere, påvirket av råvarekvalitet og dimensjon som bearbeides. Stor bredde i produktspekteret påvirker mengden varer i arbeid. Likedan framstår det som utfordrende å skulle beskrive kvalitetstap gjennom produksjonen.

En godt tilpasset PLI modell vil kunne forenkle produksjonsstyringen, bedre beslutningsgrunnlaget og bidra til bevisstgjøring. Samtidig vil forhold som nevnt over bidra til utfordringer med PLI i sagbruk. Nytteverdien av PLI i sagbruk vil i stor grad være påvirket av modellens evne til å gjenspeile virkeligheten.

4 PLI modell for Kjeldstad Trelast, avd. Støren

Denne del av besvarelsen starter med en kort beskrivelse av Støren Trelast. Deretter presenteres noen hensyn som er særlig vektlagt ved utvikling av modellen. Kjennskap til produksjonsdata har vært viktig for å kunne foreslå et utgangspunkt for modell parametere og utvikle selve modellen. Resultater fra analyse av produksjonsdata er derfor inntatt. Til slutt presenteres inntatte taps- og kostnadsledd og selve modellen i grove trekk.

4.1 Støren Trelast

Støren Trelast har siden 2008 vært en del av Kjeldstad Trelast AS. Bedriften foredler årlig omkring 60 000 m³ tømmer og sysselsetter knapt 32 årsverk. I 2014 ble det omsatt varer for mer enn 75 millioner kroner samtidig som driften resulterte i et resultat før skatt på over 15 %.

4.1.1 Historikk

Støren Trelast ble stiftet som et andelssagbruk i 1953. Det opprinnelige navnet var den gang Støren Andelssagbruk A/L. Skogeiere i distriktet, gjennom skogeierforeningen, stod bak ideen og sørget for oppstartskapital, i den hensikt å fremme tømmeret og bidra til at verdiskapningen i større grad falt tilbake til skogeierne.

Siden oppstarten har samfunnsutviklingen bidratt til behov for endringer. Midt på 60 – tallet ble Singsås Andelssagbruk slått sammen med Støren Andelssagbruk og navnet endret til Støren Sag og Høvleri. Sammenslåingen muliggjorde utvidelse av produksjonen på Støren til også å omfatte høvlet skurlast. Andelslaget Støren Sag og Høvleri erstattes av aksjeselskapet Støren Trelast i forbindelse med ytterligere utbygging og utvidelser av produksjonen i 1972.

Kjeldstad Trelast kommer inn på eiersiden i 2008 da skogeierforeningen blir tvunget til å selge sine aksjer i ST etter feilslåtte aksjespekulasjoner i Norske Skog (3).

4.2 Fra oppetid til PLI – vektlagte hensyn ved utvikling av PLI modellen

Per i dag registreres produksjonsavdelingenes oppetid. En eventuell innføring av PLI vil derfor føre med seg endringer i form av nye oppgaver og rutiner. For eksempel vil modellen måtte oppdateres, data plottes og bearbeides. Utvikling av PLI modellen innebærer også stillingstaken til hvordan OEE elementer som produksjonskapasitet og kvalitetstap skal beskrives.

Driftsleder Haukdal ved Støren Trelast har kommet med innspill til hensyn som bedriften anser for viktige. I tillegg har erfaringer fra fordypningsprosjektet, forut for denne masteroppgave, blitt vektlagt.

Følgende hensyn er derfor særlig vektlagt i forbindelse med utvikling av PLI modellen:

✓ **Strategi**

Modellen skal synliggjøre effekten av de store bidragsyterne til tapt fortjeneste. Herunder bidrag fra viktige tapsledd så som lagerhold og håndtering. Modellen skal også kunne benyttet til simulering for å identifisere potensialer og påvirkningskraften til enkelte ledd.

Tap forbundet med lagerhold er derfor modellert som et eget PLI ledd i modellen. Håndteringstap virket det derimot mer hensiktsmessig å inkludere sammen med tap som følger direkte av OEE. Håndteringstap som *følge av redusert OEE* blir med dette inkludert i PLI. Tapene framkommer ikke som et eget PLI ledd, men blir synliggjort i beregningsgrunnlaget som leder fram mot PLI.

✓ **Brukervennlighet, fleksibilitet og realisme**

Ved utvikling av en bedriftsspesifikk PLI modell vil hensyn måtte balanseres. Brukervennlighet, fleksibilitet og realisme er tre aspekter som henger sammen og påvirker hverandre.

Det er lagt vekt på at modellen skal være oversiktlig og enkel å bruke. Forenklinger bidrar til brukervennlighet og fleksibilitet, men slår gjerne negativt ut med tanke på modellens samsvar med virkeligheten. Modellens evne til å beskrive virkeligheten på en realistisk måte påvirkes også av hvordan ulike parametere blir definert.

Forenkling er oppnådd ved å identifisere de sentrale dimensjoner i produksjonen. Av samme årsak har en valgt å hente kostnadsvariabler til modellen fra resultatrapporten. Sistnevnte medfører at profittapet kan beregnes med oppdaterte kostnadsverdier, selv om PLI verdiene dermed ikke blir direkte sammenlignbare for ulike perioder.

4.3 Analyse av eksisterende produksjonsdata

For å kunne beregne OEE og PLI må verdien til enkelte produksjonsparametere fastsettes. Dette vil være tilfelle for eksempelvis parametere som maksimal produksjonskapasitet (R_i) og nødvendig lagernivå ($L_{n\ddot{o}d}$).

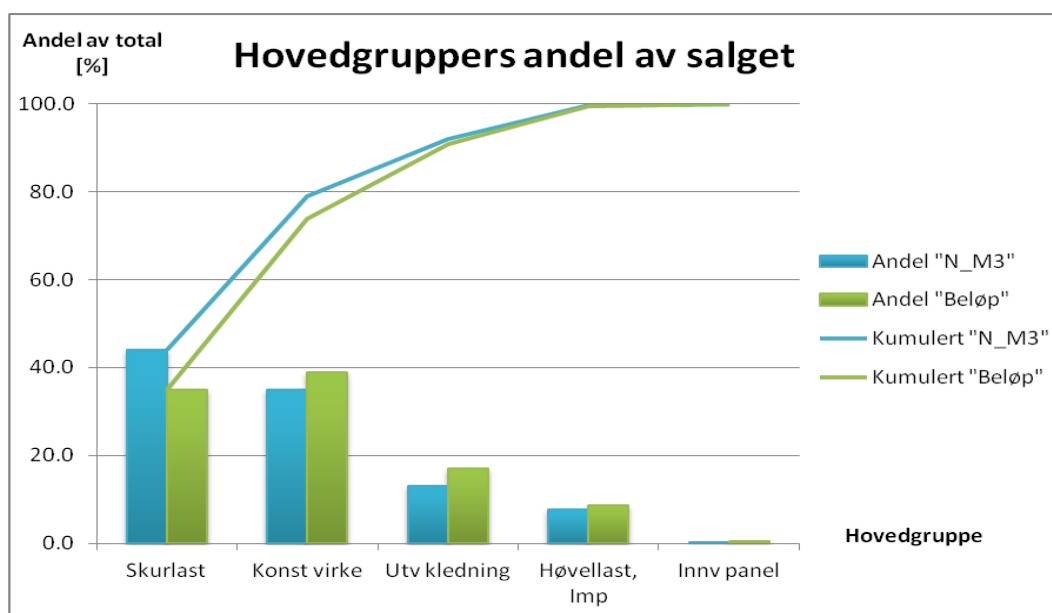
Den virkelige verdien til R_i for en gitt prosess, vil i realiteten være ukjent. Verdien vil for sagbruk også påvirkes av faktorer som råvarekvalitet, råvaredimensjon, og type ferdigvare som produseres. Det nivå av lagerhold som tillates (nødvendig lagernivå) påvirkes av forhold som variasjoner i salg, produktspekter og ferieavvikling ved sagbruket.

Analyse av eksisterende produksjonsdata har blitt gjennomført for å kunne forenkle og foreslå setpunkt for modellparametrene. Utgangspunktet har vært salgstall for 2014, basert på en tankegang om at kundefokus og behov gjerne bør styre produksjonen. Analysen har blant annet søkt å klarlegge bredden i produksjonsspekteret, hvilke artikler og dimensjoner som utpeker seg som vesentlige og hvordan salget fordeler seg gjennom året.

4.3.1 Salgstall for 2014

I salgsdata for Støren Trelast blir ferdigvare klassifisert i hovedgruppene: skurlast, konstruksjonsvirke, utvendig kledning, innvendig panel og høvellast/impregnert. Hver hovedgruppe består av undergrupper. For eksempel splittes utvendig kledning i rektangulær og profilkledning, med egne grupper for impregnerte kledning. Det følger av dette at ikke alt impregnert virke er samlet i hovedgruppen høvellast/impregnert.

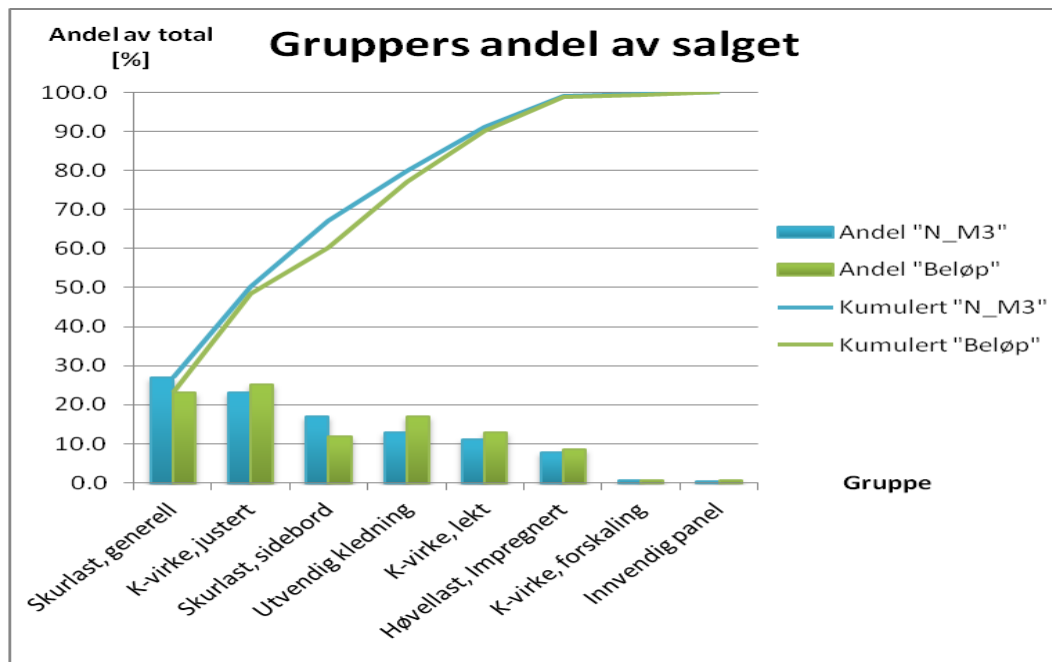
Figur 4.1 nedenfor viser hovedgruppenes andel av det totale salget. Skurlast står for den største andel av produksjonsvolumet mens tilført verdi gjennom økt foredling gjør at konstruksjonsvirket er av større betydning med tanke på omsetning. Det synes også klart at produksjonen av innvendig panel er neglisjerbar.



Figur 4.1: Hovedgruppenes andel av produksjonsvolum og omsetning.

Hovedgruppene skurlast og konstruksjonsvirke inneholder flest ulike artikler og dimensjoner. Variasjonen i produktspekteret er også størst innen disse hovedgruppene. Dimensjon, kvalitetskrav og grad av bearbeiding påvirker produksjonskapasiteten og bør fanges opp i PLI modellen.

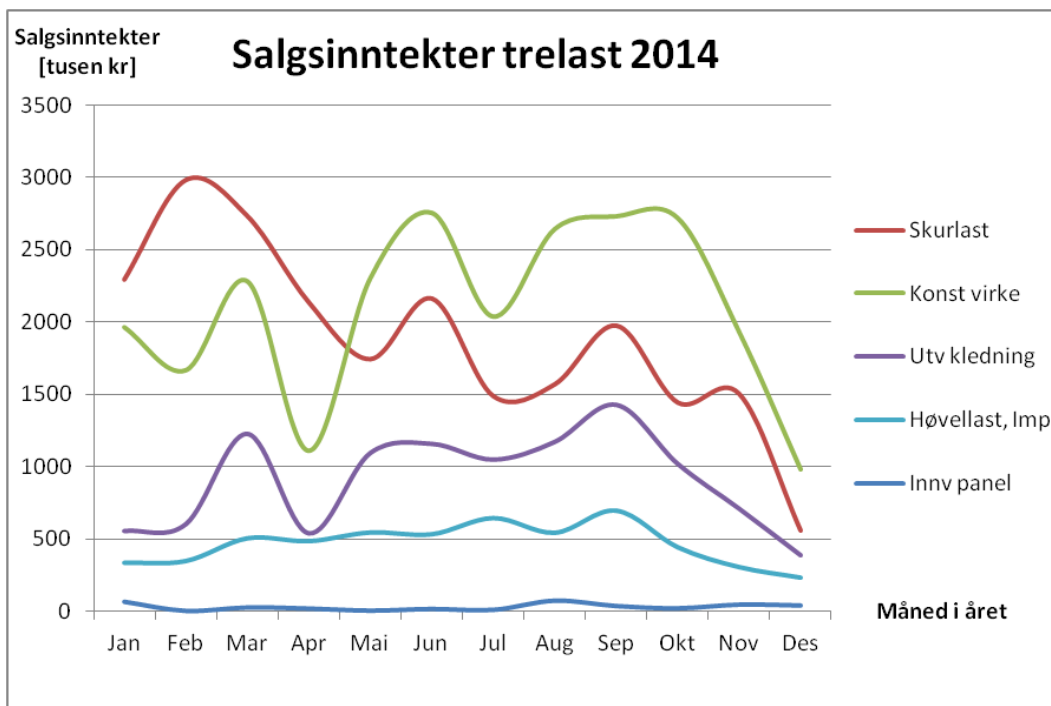
En splitting av skurlast og konstruksjonsvirke i undergrupper gir et bilde som i figur 4.2. Utvendig kledning og høvellast/impregnert behandles fortsatt under ett da produktvariasjonene i disse hovedgruppene ikke framstår som like betydningsfull.



Figur 4.2: Fordeling av produksjonsvolum og omsetning på grupper og hovedgrupper.

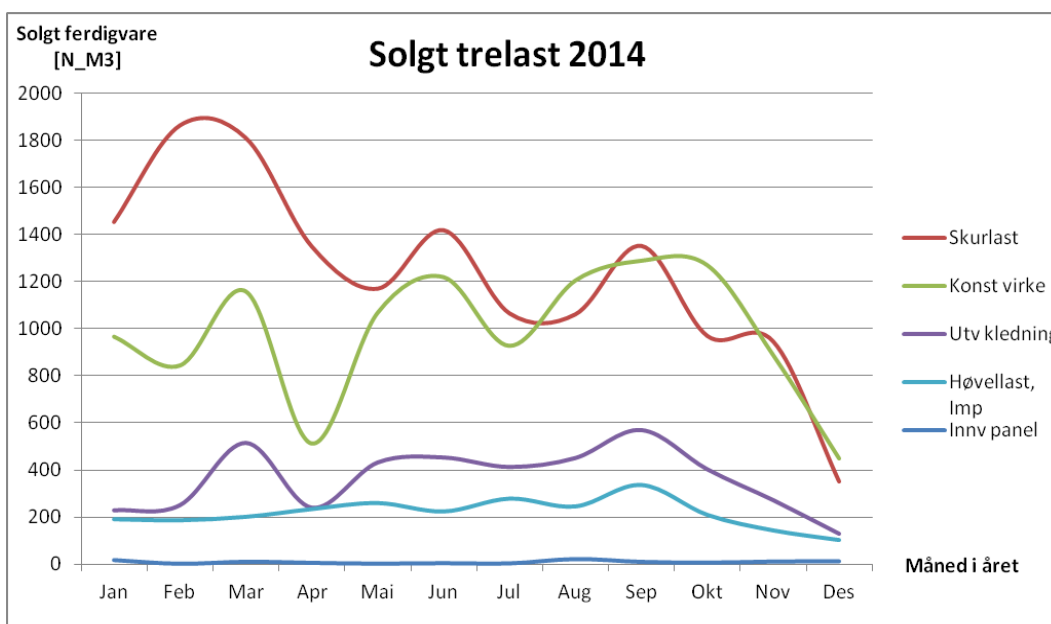
Salgsinntekter, salgsvolum og svingninger i salget framgår av figurene 4.3 – 4.5 nedenfor. I det stablede diagrammet adderes bidragene fra hver gruppe slik at totalt salg for bedriften vil svare til den øverste linjen i diagrammet.

Salget vil nok variere fra år til år. I dette arbeidet har en kun sett på data for ett år og det er derfor usikkert om det bildet som her presenteres vil være representativt. Noe informasjon kan en nok like fullt trekke ut av disse tre figurene.



Figur 4.3: Salgsinntekter for hovedgruppene gjennom året.

Figur 4.3 og 4.4 illustrerer for eksempel effekten av foredling på salgsinntektene. I tillegg ser det ut for at salget av utvendig kledning og høvellast/impregnert er mindre utsatt for svingninger. Den salgsvariasjon som foreligger innenfor disse hovedgruppene ser også ut til å følge endringene i salget for konstruksjonsvirke, hvilket virker rimelig.

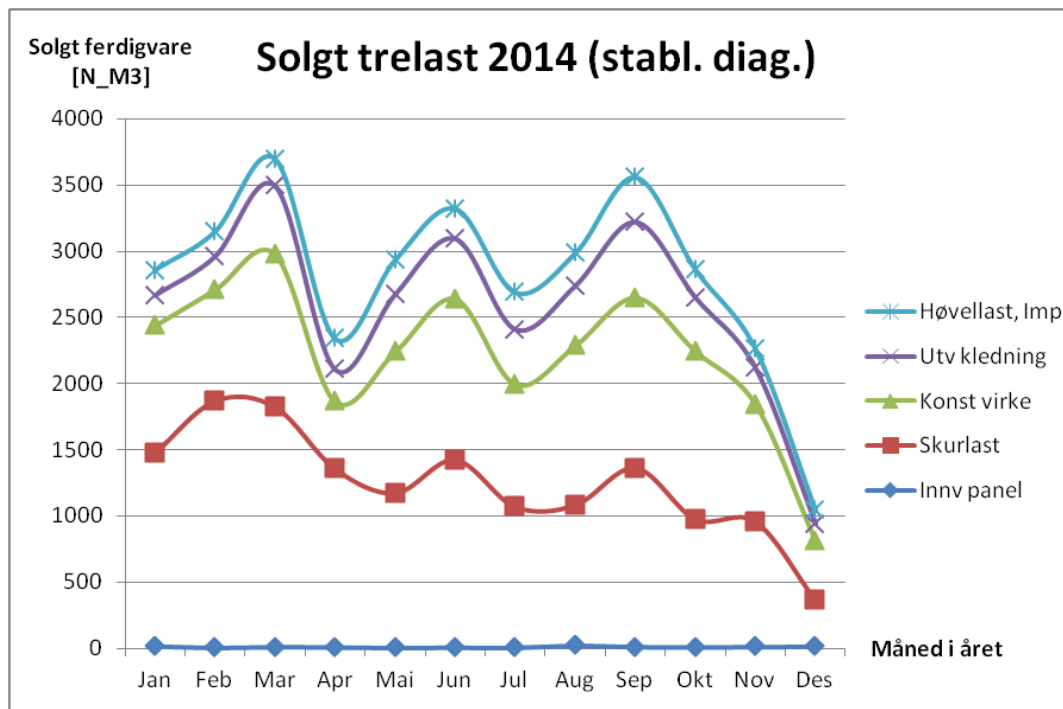


Figur 4.4: Salgsmengde for hovedgruppene gjennom året.

Figur 4.4 og 4.5 indikerer at det totale salget svinger mye, samt at salget gjerne avtar utover høsten og går mot et minimum til jul. For 2014 viser figur 4.5 at solgt mengde ferdigvare på

det meste lå omkring 3500 m³ per måned. Salget avtok brått utover høsten og var i desember redusert til cirka 1000 m³.

Trolig kan en anta at salget typisk vil være stort en tid forut for ferieavviklingen om sommeren. Salget avtar inn mot og igjennom ferietiden før ettersommeren og høsten vil være en periode med stort salg. En slik tendens ser en i figur 4.5, mens det er mer usikkert om salget i mars dette året kan anses for å gi et representativt bilde for normalsalg av trelast.



Figur 4.5: Svingninger i salget presentert i et stablet diagram.

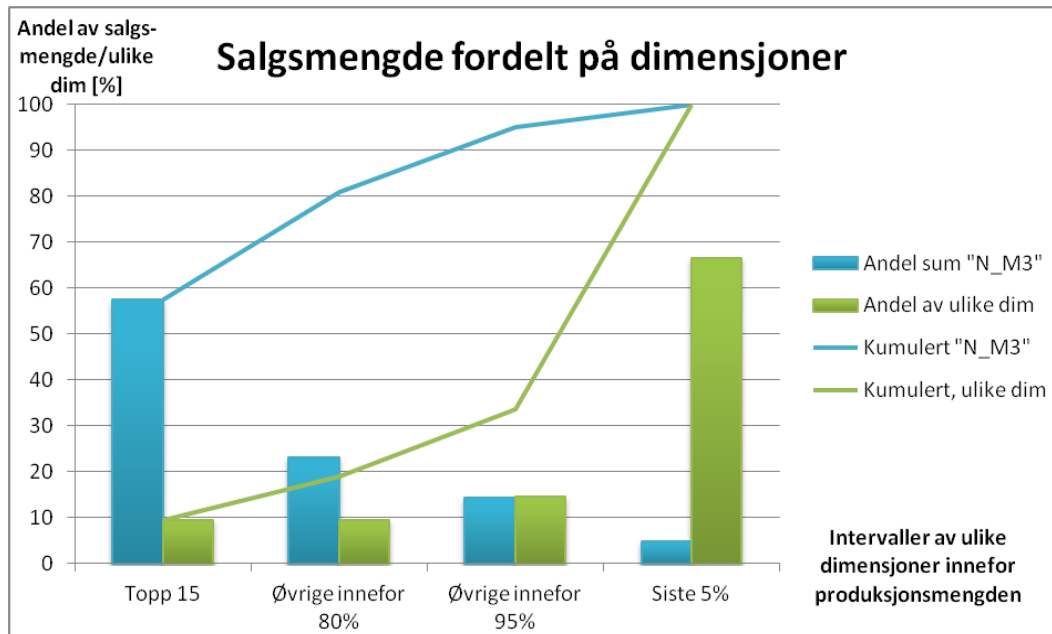
Oppsummert gir dette at salget vil variere mye gjennom året. Dette vil ha betydning for det lagernivå som tillates. Svingningene ser ut til å være størst for konstruksjonsvirke og skurlast. Salget av utvendig kledning og høvellast/impregnert varierer mindre, men synes å følge utviklingen for konstruksjonsvirke. Dette forenkler produksjons- og lagerstyringen for produktene i disse hovedgruppene.

4.3.2 Produksjonssortiment

I salgstillene for 2014 er det så vidt en har kunnet bringe på det rene minst 438 ulike artikkelnummer. Hver dimensjon som produseres vil gjerne være forbundet med flere artikkelnummer på grunn av kvalitetssortering og lengdekapping i fot.

Med tanke på kapasitetsparametere til PLI modellen vil den samlede produksjon for like dimensjoner være av størst interesse. Dersom like dimensjoner for de 438 artikkelnumrene slås sammen står en igjen med et produktsortiment bestående av 158 dimensjoner. Den videre analyse av disse 158 dimensjoner resulterte i et bilde som presentert i figurene 4.6-4.8.

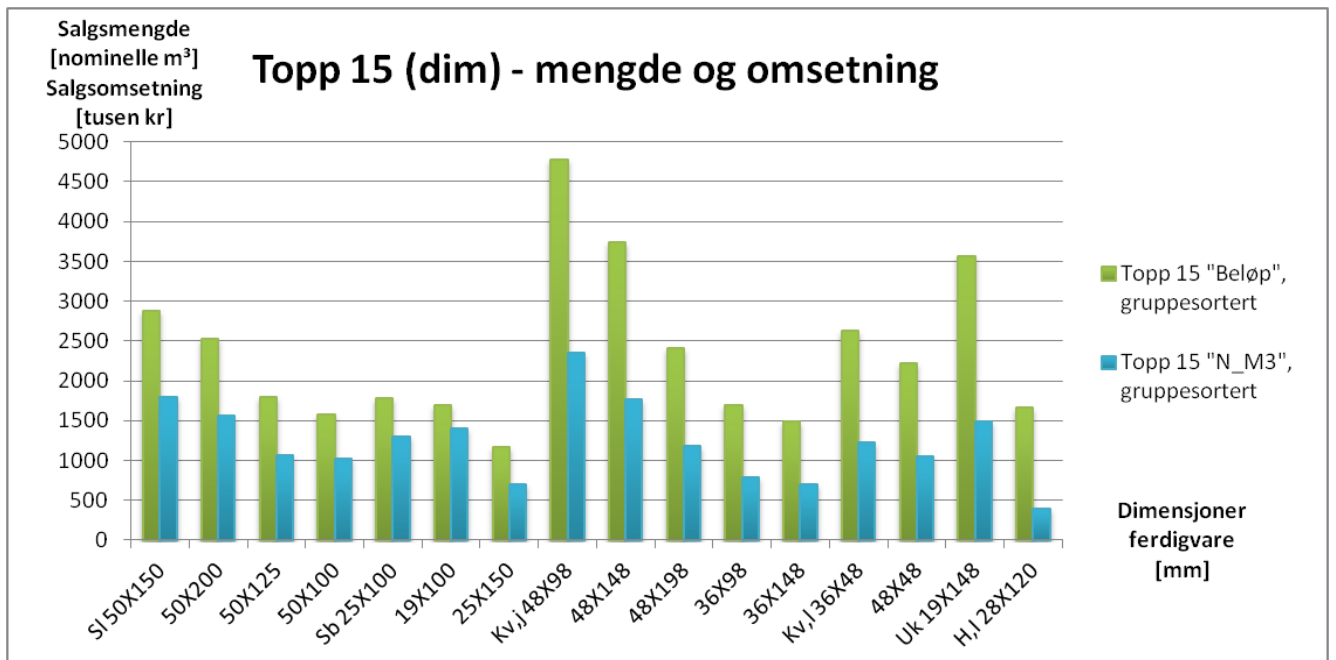
Figur 4.6 viser hvilken andel av salgsmengden som inkluderes for en gitt andel av dimensjonene. Femten dimensjoner (10%) står for knapt 60% av salgsmengden. De neste 10% av dimensjonene står for ytterligere 20% av salgs-/produksjonsmengden. 80% av all produsert trelast ved ST vil derfor være fordelt på omkring tretti dimensjoner. Ellers ser en at omkring 2/3 av dimensjonene står for mindre enn 5% av salgsmengden. Dette svaret til drøyt 100 dimensjoner som kan betraktes som marginale.



Figur 4.6: Grupper av dimensjoners andel av salgs-/produksjonsvolumet.

Figur 4.7 viser de femten (egentlig 16) mest betydningsfulle dimensjonene. Dimensjonene er sortert i grupper, og etter salgssomsetning i avtagende rekkefølge. Ulike varianter av 48mm (tykkelse) justert konstruksjonsvirke sees å være av stor betydning. Det samme gjelder for 36/48x48 lekt og 19x148 utvendig kledning. For skurlast (generell) kan en kanskje si at varianter av 50mm utpeker seg, mens det samme med tanke på sidebord er dimensjonene 19x100 og 25x100/150. Terrassebord (28x120 høvellast/impregnerert) er den dimensjonen som forholdsmessig ser ut til å bidra sterkest til salgssomsetningen.

Her bør det dog bemerkes at profitt ved salg ikke er inkludert i disse betraktningene. Resultatet som oppnås kan naturlig nok være like bra på tross av lavere salgsverdi da dimensjonene ikke er tilført ressurser i like stor grad. For øvrig vises til vedlegg 1 for en alternativ presentasjon av figur 4.7.



Figur 4.7: De femten mest betydningsfulle dimensjonene, sortert etter gruppe og salgsumsetning.

4.3.3 Kapasitetsfastsettelse for sentrale dimensjoner i produksjonsortimentet

Produksjonskapasiteten ved saglinjen vil variere med råvarevariasjoner. For perioder, så som ulike produksjonsdager, vil mer eller mindre tilfeldige variasjoner kunne utligne hverandre. Gitt at saglinjen tilføres en miks av varierende råvare, vil det være mulig å betrakte produksjonskapasiteten som konstant. I samråd med driftssjef Haukdal er denne tilnærmingen er valgt for saglinjen ved ST.

Typisk tørketid er 3 – 7 dager, avhengig av virkets tykkelse. Mengden strø (luft) i pakkene påvirker trelastvolumet i en tørkeserie. Selve tørkeforløpet styres etter tørkeskjemaer som skal optimalisere resultatet. Alt dette gjør det vanskeligere å tallfeste produksjonsytelsen for tørkeprosessen. Ytelsesparameteren i OEE for tørkeprosessen er derfor gjort avhengig av tid som benyttes til innfylling og tømning av tørka. Tilgjengelighetstap baseres på tapt volum av tørket trelast for den gitte kombinasjon av dimensjoner i tørkene.

For tørrsorteringen og høvleriet er den teoretiske (ideelle) ytelsesparameteren fastsatt basert på plottning av produksjonsdata for tre måneder. Disse verdiene må anses som et utgangspunkt da mengden plottet data gjerne skulle vært større. Bruk av modellen kan resultere i at det vil være nødvendig å endre disse verdiene. For eksempel vil dette være tilfelle dersom oppnådd produksjon overstiger det som skulle vært mulig for den gitte R_i .

Vedlegg 2 gir en samlet framstilling med tanke på foreslått produksjonskapasitet for dimensjoner som inngår i 95% av salgsmengden. Marginale dimensjoner er derfor utelatt. Dette bidrar til forenkling da antallet dimensjoner reduseres til en tredjedel.

4.4 Kvalitetstap i produksjonen

Det framstår som utfordrende å måle kvalitetstap i sagbruk. Tap kan følge av selve produksjonen eller være introdusert med råvaren. Spørsmålet blir da om en skal inkludere tap som skyldes råvaren eller begrense modellen til tap som følger av produksjonen. Likedan kan tap være introdusert i tidligere avdelinger, men først komme til syne i påfølgende avdelinger flere uker senere. Dette gjør det vanskeligere å tilbakeføre tap til respektivt tapssted.

I flere henseende vil også de egentlige kvalitetstap i produksjonen forbli en ukjent størrelse. Mulig nedklassifisering som følge av lagringstid (råvare) kan være et eksempel i så måte. Kvalitetstap som følge av tørkeprosessen et annet. Etter tørking vrakes lite virke, men tap fra kvalitetsfeil følger ved salg av nedklassifisert virke. Hvilke tap kunne vært unngått med råvarestyring rett fra rot til sag? Har valgte tørkeforløp bidratt til unødig sprekk eller deformasjon? Hvordan påvirker seriestørrelsen ved tørking kvalitetstapene? Dette er spørsmål som muligens kan besvares gjennom forsøk.

Avhengig av perspektiv kan kilde og tilbakeføring til reelt tapssted ansees for underordnet. I så tilfelle vil det ikke være problematisk om høvleriet belastes for tap som egentlig ble introdusert i forbindelse med tørkeprosessen. Det samme gjelder for tap på grunn av råvarekvalitet som belastes saglinjen. Identifisering av tapene synliggjør effekten og muliggjør arbeid med forbedringer.

Basert på tankegangen som følger av ovenstående avsnitt, har en valgt å inkludere alle identifiserte kvalitetstap. Uavhengig av om tapet kan tilskrives produksjonen eller ei. Likedan har en ikke vektlagt at tapene skal tilordnes den avdeling hvor tapet oppstod. En stor del av hensikten med PLI modellen består i å identifisere tapene og overvåke effekten av ulike forbedringstiltak. Ved mistanke om at tap i høvleriet skyldes tørkeprosessen, vil effekten av endringer i tørkeprosessen gjenspeile utviklingen for høvleriet.

For høvleri og saglinje, benyttes i modellen registrert vrakmengde eller prosessvinn. Med tanke på tørkeprosessen og fyringsanlegget har en valgt å forenkle og satt kvalitetsparameteren lik en. For tørrsorteringen kan muligens den resulterende mengde tørr grovflis benyttes til å måle kvalitetstap og prosessvinn.

4.4.1 PLI modellen

Modellen er utviklet i Excel og tar utgangspunkt i kostnadselementer fra resultatrapporten. Dette ble valgt for å ha mulighet til å kunne beregne tapt profitt basert på oppdaterte kostnadsverdier. I modellen blir det foreslått å legge inn verdier fra forrige periode samt en langtidsverdi. I tillegg er det inkludert en egen kolonne som kan benyttes til simulering. Denne kolonnen kan benyttes selvstendig eller for å addere et bidrag. Figur 4.8 viser et utsnitt av utgangspunktet for modellen. Effekten av ulike ledd i modellen kan inkluderes eller ekskluderes ved å velge henholdsvis 1 eller 0 i de oransje cellene. For øvrig er det *kun* i celler med fargene grønt, oransje eller rødt at endringer utføres.

		Grunnleggende elementer til PLI - modell					
Nr:			Forrige periode	Langtidsverdi (oppn 2014)		Egendefinert (tillegg/simul)	Enhet:
1	Fra resultatrapport:	I/O	0	1	I/O	0	
1.1	Produksjon						
1.1.1	Forbrukt tømmer	1	4721	61406	0	0	m ³
1.1.2	Produsert mengde	1	2533	33276	0	0	"
1.1.3	Solgt mengde (sum salg)	1	2277	33662	0	0	"
1.2	Salgsinntekter						
1.2.1	Sum ferdigvaresalg	1	1919	1872	0	0	kr/m ³ ₁
1.2.2	Sagflis	1	50	55	0	0	kr/m ³ ₂
1.2.3	Celluloseflis	1	198	204	0	0	"
1.2.4	Tørrflis	1	0	0	0	0	"

Figur 4.8: Utgangspunkt for kostnadselementer i PLI modellen.

Tabell 4.1 viser hvilke taps- og kostnadselementer er inkludert i den utviklede PLI modellen.

Tabell 4.1: Sentrale kostnadsledd i sagbruksvirksomhet.

Kostnadstype:	Kostnadselement:	Eksempel/kommentar/konsekvens:
Faste, indirekte	Lønn o.a. personalkostnader Anlegg Leasing Forsikringer Kontingenter og lisenser IT-kostnader Administrasjon Avskrivninger Opplæring, HR aktiviteter	Administrasjon og VH personell en større andel Avskrivninger, husleie, kapitalkostnader Ofte langsiktig, belast tilhørende kostnadssted Fordel ihht investert kapital eller gulvareal Belastes administrasjon Belastes administrasjon Fordeles på produksjonsavdelingene Fordel ihht investert kapital eller gulvareal Nyansettelse, kurs, spesifikke prosjekter
Variable, indirekte	Transportmidler Strøm/energiutgifter Kjøp av tjenester/utstyr Garanti/reklamasjoner Reparasjon og vedlikehold Finanskostnader	Fordeles basert på anskaffelseskost. Forbruk ved tomgang vs. full produksjon Fordeles på produksjonsavdelingene Belastes Høvleriavdelingen Fordeles på produksjonsavdelingene Belastes administrasjon
Variable, direkte	Direkte/variabel lønn Tømmer og trelastforbruk Hjelpstoffer	Ikke for administrasjon og VH personell Største betalbare kostnad Impregnering
Kalkulatoriske	Oppvarming Tørkevarme	Tilfører ressurser til ferdig vare Synliggjør kostnader og potensialer
Skjulte	Tapt salg Tapt produksjon Tapte innsatsfaktorer Lagertap Håndteringstap Økt håndteringskostnad Uutnyttede potensialer	Tomgang, tapt produksjon, leieinntekter Trelast, flis, varme Råvare, lønn, strøm, varme Kapitalkostnader, kvalitetsforringelse, vanning Synliggjør bidragene fra håndtering Øker med økende lager, betales alt per i dag Varmesalg, utnyttet bygningsmasse

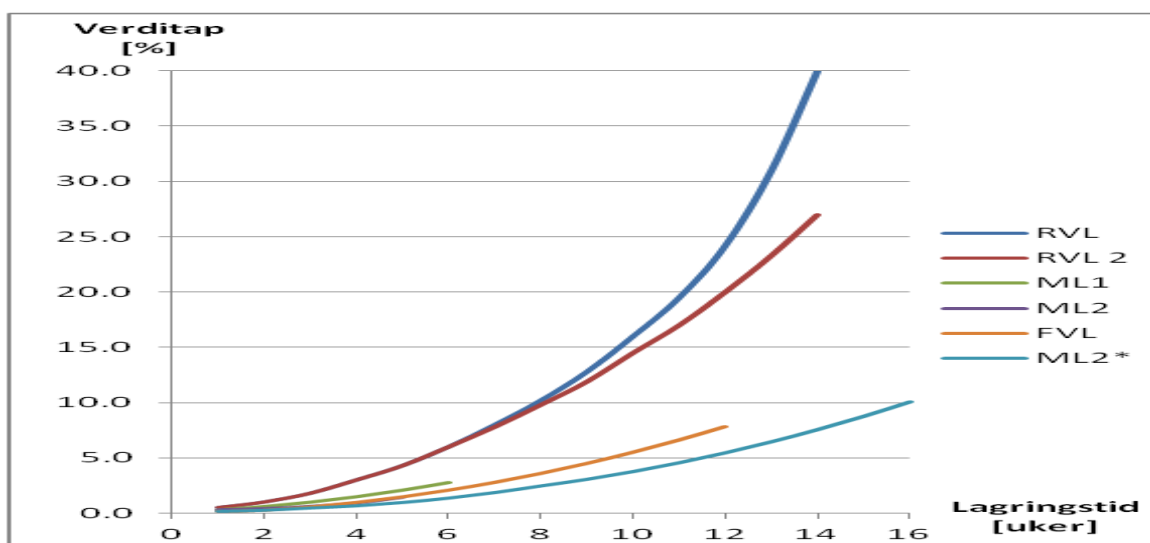
Kostnadselementene er delvis fordelt ved hjelp av ulike fordelingsnøkler. I tillegg er det utviklet "submodeller" basert på litteraturstudier og analysen av produksjonsdata. For eksempel så er kvalitetstap som følge av lagringstid modellert ut ifra funn i litteraturen. Modellen tillater også en mengde lager foruten at dette "staffes" med profittap. Denne mengde er basert på analysen av salget for 2014. det vises til figur 4.9 og 4.10 nedenfor.

Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW
f _x =5*\$AV\$9																		Nødv. areal	Lagerkap.	Daglig uttak			
Areal- og lagerbehov:																		[-]	[-]	[-]			
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des								
	RVL			1092	1092	1365	1365	1092	546	273	273	546	546	546	819		1150		8100			272.9	
	ML 1			565.9	565.9	565.9	565.9	565.9	565.9	565.9	724	724	724	724	565.9		300		2670			158.0	
	ML 2			929	929	929	929	929	929	429	1072	1072	1072	1072	929	m ³	445	m ²	1433	m ³		143.0	
	ML 2*			951	1046	1237	1523	1619	1714	1619	1468	1278	1182	1087	951		526		11835			135.9	
	FVL			168	325	639	1110	1267	1424	1267	880	566	408	251	168		741		1540			83.8	
Kapitalbinding lagerhold:																							
	RVL	ML 1	ML 2	ML 2*	FVL						RVL	ML 1	ML 2	ML 2*	FVL								
	Gj.snittlig mengde i perioden	5382	1300	1200	7200	3995	m ³				5000	1105	500	5400	1800	m ²						Inkludert volum i/til tørking!	
	Nødvendig mengde (lager/areal)	1092	566	929	1619	1267	"				1150	300	445	526	741	"							
	Overflødig mengde	4290	734	271	5581	2728	"				3850	804	55	4874	1059	"							
	Vareverdi/arealverdi	563	1458	1584	1776	2076	kr/m ³				300	400	400	400	550	kr/m ²							
	Bundet kapital	2415	1070	429	9912	5664	10 ³ kr				1155	322	22	1950	582	10 ³ kr							

Figur 4.9: Utdrag fra modellen for å illustrere tankegangen.

Figuren over er inntatt for å illustrere tankegangen bak "Aksepterte lager". "Daglig uttak" av ferdigvare styrer hvilken mengde som tillates på lager. Lageroppbygning tillates for råvare og ferdigvare som følge av sesongvariasjoner. I formellinjen ser en at råvarelageret for april tillates lik fem ganger daglige uttaket. Dette innebærer lager for en ukes produksjon.

Figur 4.10 under viser et modellert forløp for verditap som følge av lagringstid. Ulike forløp kan modelleres for å studere påvirkningen på tapt profitt. For råvarelageret (RVL) har en her modellert to ulike forløp, henholdsvis RVL1 og RVL2 i figuren.



Figur 4.10: Modellert forløp for verditap som følge av lagringstid.

I modellen har en også forsøk å inkludere effekten av omdanning til sekundærprodukt ved vraking, se figur 4.11. Kvalitetstapet vil ikke svare til vareverdien for det opprinnelige produkt. Her er dog ikke inkludert tap som følge av omdanningen. Øverst i tabellen framgår den beregnede vareverdi ut fra produksjonsavdeling. Denne inngår i beregningen av for eksempel lagertap. Nedre del av tabellen viser verdien (som tapes) når for eksempel rå skurlast vrakes og omdannes til celluloseflis.

		S	T	TS	H	[-]
		Fra Innkj tømmer	Rå skurlast	Tørr skurlast	TS skurlast	
11	Verdiutvikling produkter:	Til Rå skurlast	Tørr skurlast	TS skurlast	Ferdigvare	
11.1.1	Råvareverdi/inngående verdi, V_i	1111	1458	1584	1776	kr/m ³ ₂
11.1.2	Tilførte ressurser i produksjonen	296	88	129	225	"
11.1.3	Andel av tilført profitt	0.2	0.15	0.25	0.3	-
11.1.4	Tilført profitt, ΔP	50	38	63	76	"
11.1.5	Vareverdi (utgående verdi)	1458	1584	1776	2076	"
		Fra Rå skurlast		TS skurlast	Ferdigvare	
		Til Celluloseflis		Råstoff fjernvarme		
11.2.1	Råvareverdi (inngående verdi)	1458		1776	2076	"
11.2.2	Verdi som alternativ vare (til verdi)	204		368	368	"
11.2.4	Endring i vareverdi	1254		1408	1708	"
11.2.5	Andel av tilført profitt	0.08		0.02	0.02	-
11.2.6	Tilført profitt	20		5	5	"
11.2.7	Endring i profitt	30		58	71	"
11.2.8	Vareverdi, V-verdi (utgående verdi)	1284	1584	1466	1779	"

Figur 4.11: Vareverdi og endring i vareverdi som følge av omdanning fra skurlast til sekundærprodukt.

Modellen er utviklet med tanke på beregning av PLI per produksjonsdag eller produksjonsuke. Bidrag til tapt profitt fra lager beregnes direkte da dette framsto som mulig og hensiktsmessig. Håndteringskostnader og tap som følge av dette er synliggjort og så fordelt på produksjonsavdelingen. Tap fra håndtering og øvrige indirekte tap vil måtte dekkes av den respektive produksjonsavdeling. Bidrag fra vedlikehold og administrasjon er fordelt på samme måte.

Et siste aspekt bør kommenteres. Kostnader hentet fra resultatrapporten vil muligens innebære at tapene beregnes med verdier inkludert tap. Dette vil i så fall innebære at modellen overestimerer profitttapet.

Hvis jeg har forstått det riktig vil dette muligens unngås med den tilnærming som følger av Kjøseth (2014). Kjøseth (2014) foreslo en tilnærming der kostnadene beskrives i kr/T og bruk av R_i for å utvikle enhetsverdier i kr/m³. Fordeler og ulemper vil trolig følge av begge tilnærminger og temaet forfølges ikke videre.

5 Om anvendelse av modellen og simuleringer

Grunnet tidsnød blir det ikke tid til å gjennomføre særlige PLI analyser. Modellen er utviklet med tanke på simulering, men det er bare å erkjenne at tiden ikke strekker til. Arbeidet med

modellen har vært krevende og komplekst. Nå på tampen har det kun blitt tid til å plote noe data for mai måned. Resultatene er inntatt i figurene 4.12 og 4.13. Figur 4.12 viser at modellen indikerer OEE for saglinjen i størrelsesorden 70%.

Saglinjen scorer høyt i modellen både på ytelse og kvalitet. Trolig bør ideell produksjonskapasitet for saglinjen settes noen høyere. Dette vil en kunne vurdere etter noe tids bruk av modellen. Dette vil også bidra til verifisering av modellen. I hvilke grad ytelsesparameteren er satt fornuftig vites ikke av dette spede materiale. Dog kan det nevnes at saglinjen opprinnelig var bygd for 40.000 m³ i året, mens oppnådd sagkvantum de senere år har oversteget 60.000 m³. Kanskje kan dette tale for at ytelsen ved bruket er god.

Uke/Dato	Registrert stopptid (nedetid)			Stopp tid	Avdeling	Lager	Ltid [p.dag]	Endringsvariabler lagernivå og OEE						OEE grunnelementer			OEE [%]	I/O	WC OEE			L-tap [m ³]	L-verdi [kr/m ³]		
	tt	mm	ss					T	Lniv [m ³]	Ri [m ³ /T]	DTi [T]	DTr [T]	Pt [m ³]	Pr [m ³]	Pv [m ³]	T [-]			Y [-]	K [-]	T [-]			Y [-]	K [-]
19	8	24	28	8.41	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	37.5	29.1	1512.8	1417.0	10.541	0.776	0.937	0.993	72.1	1	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	
20	4	33	44	4.56	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	22.5	17.9	932.8	859.2	7.356	0.797	0.921	0.991	72.8	1	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	
21	2	32	38	2.54	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	37.5	35.0	1817.7	1515.6	10.807	0.932	0.834	0.993	77.2	1	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	
22	8	7	13	8.12	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	30.0	21.9	1137.7	1060.3	7.056	0.729	0.932	0.993	67.5	1	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	
19	8	24	28	8.41	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	37.5	29.1	1512.8	1417.0	10.541	0.776	0.937	0.993	72.1	0	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	
20	4	33	44	4.56	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	22.5	17.9	932.8	859.2	7.356	0.797	0.921	0.991	72.8	0	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	
21	2	32	38	2.54	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	37.5	35.0	1817.7	1515.6	10.807	0.932	0.834	0.993	77.2	0	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	
22	8	7	13	8.12	Saglinje	RVL	20	5382	52.00	30.0	21.9	1137.7	1060.3	7.056	0.729	0.932	0.993	67.5	0	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	

Figur 4.12: Første del av selve PLI beregningsmodellen.

Figur 4.13 viser at avstemming mot verdensklasse parametre innebærer noen negative konsekvenser. Indikert profittap blir negativt dersom OEE parametrene overstiger de satte verdensklasse verdier.

Dog ser en effekten av slik avstemming. Modellen indikerer et samlet profittap for saglinjen i løpet av fire uker omkring 640.000 kr dersom en ikke inkluderer fratrukk for tap utover verdensklasse OEE. I motsatt fall indikerer modellen et profittap omkring 360.000. Av disse beløpene står råvarelageret for knapt 170.000 kr i begge tilfeller.

Her skulle en gjerne gjennomført simuleringer i modellen for å evaluere effekten av lagertapene. Særlig vil verdireduksjonen forbundet med lagerholdet være usikker. Muligens "straffer" modellen lagerhold noe for hardt slik som disse parametrene er satt.

OEE [%]	I/O	WC OEE			L-tap [m ³]	L-verdi [kr/m ³]	PLIL [kr]	T-tap		PLIT [kr]	P-verdi		PLIY [kr]	V-verdi		PLIK [kr]	PLITOT [kr]
		T [-]	Y [-]	K [-]				T-tap [m ³]	T-verdi [kr/m ³]		Y-tap [m ³]	P-verdi [kr/m ³]		K-tap [m ³]	V-verdi [kr/m ³]		
72.1	1	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	65732	187.90	302.41	56823	15.64	312.30	4883	-2.82	1286	-3622	123817
72.8	1	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	18215	95.86	301.03	28856	21.47	312.30	6704	-0.99	1284	-1265	52509
77.2	1	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	65732	-58.46	302.41	-17680	196.87	312.30	61481	-4.05	1286	-5216	104317
67.5	1	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	18215	194.19	301.03	58456	15.01	312.30	4687	-2.59	1284	-3321	78036
72.1	0	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	65732	339.18	302.41	102572	74.32	312.30	23209	8.18	1286	10520	202033
72.8	0	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	18215	189.13	301.03	56935	58.65	312.30	18316	5.86	1284	7529	100995
77.2	0	0.90	0.95	0.99	4290	15.32	65732	123.31	302.41	37290	281.59	312.30	87939	10.07	1286	12959	203920
67.5	0	0.90	0.95	0.99	4290	4.25	18215	307.96	301.03	92706	56.50	312.30	17644	5.15	1284	6607	135171

Figur 4.13: Indikert profittap for saglinjen i fire uker av mai.

Modellen er slik utformet at lagertapene vil gå mot null når lagernivået går mot det aksepterte nivå. I så måte trenger en ikke å gjennomføre simuleringer for å kunne uttale seg

om effekten av lagerholdet. Ut over profittap som følge lagerhold ser potensialet for forbedring ut til å være størst med tanke på arbeid for å redusere nedetiden. Dog vil resultatet være påvirket av om parametrene er fornuftig satt.

6 Forslag til forbedringer

De indikerte profittap kan synes å bekrefte antakelsen om at fokus på råvarestyring er et mulig satsingsområde for Støren Trelast. Trolig vil lagerstyring generelt i bedriften kunne bidra til betydelig bedret resultat.

Videre arbeid med vedlikeholdsforbedring ser også ut til å kunne være et satsingsområde. Dagens tilgjengelighet ligger i størrelsesorden 80%. Dette kan godt ansees for bra, samtidig innebærer det også at saglinjen i gjennomsnitt er nede en produksjonsdag per uke. Tilgjengelighet vil også få økende betydning dersom lagernivåene skal reduseres.

7 Konklusjon

PLI framstår som en kraftfull indikator. Dog vil utvikling av bedriftsspesifikke modeller være til dels ressurskrevende og komplisert. Kompleksitet i produksjonen og behovet for antakelser bidrar til dette.

De første resultatene fra den utviklede modell indikerer et stort potensiale. Dagens produksjonsindustri er forbundet med store kostnader, kanskje bør det derfor ikke vær overraskende at de identifiserte potensialer synes store.

Reduksjon av lager synes å være et fornuftig satsingsområde for Støren Trelast i tiden framover. Det indikerte profittap som følge av råvarelageret beløp seg til omkring 170.00 kroner for mai måned. Utover dette syntes de største tapene å følge av tapt tilgjengelighet.

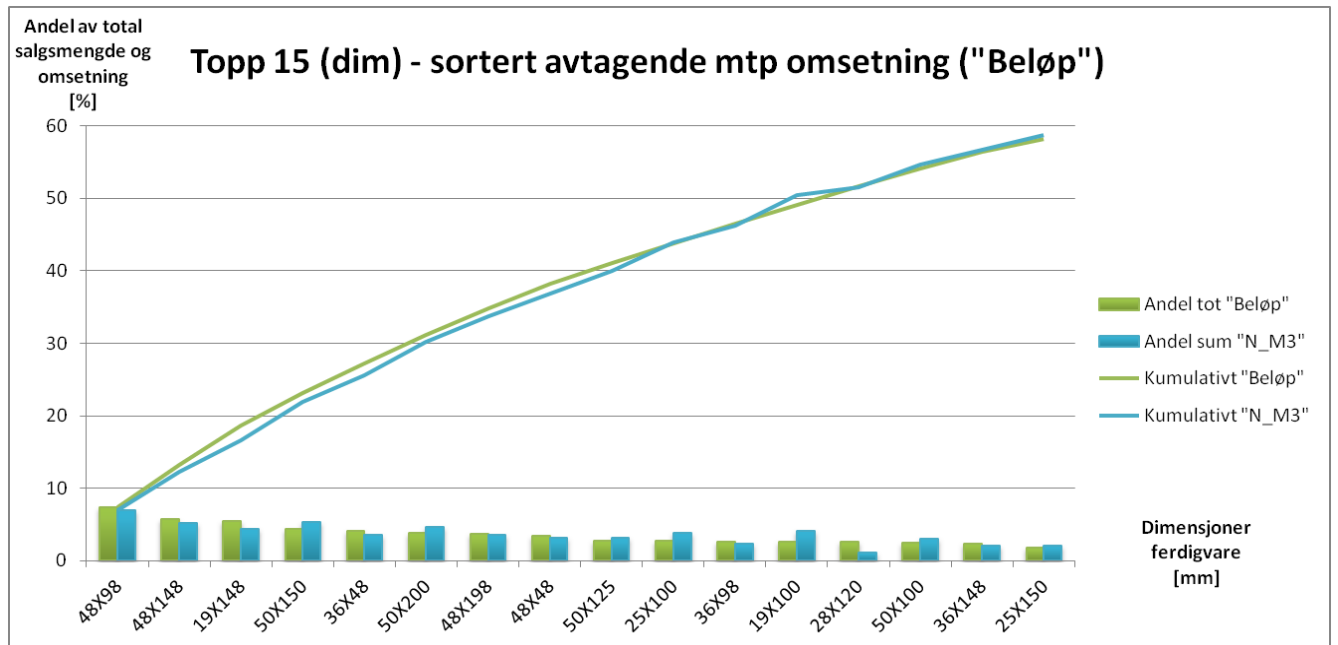
8 Referanseliste

- (1) Kjørseth, K.B., 2014, "OEE og PLI", Masteroppgave, IPK, NTNU.
- (2) <https://www.linkedin.com/pulse/20130905053105-64875646-the-75-kpis-every-manager-needs-to-know> [hentet: 11.022015].
- (3) Ahmad, M.M., Dhafr, N., 2002, "Establishing and improving manufacturing performance measures", Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18 (2002) 171–176.
- (4) Cruz Machado, V., Pereira, A., 2008, "Modelling Lean Performance", Proceedings of the 2008 IEEE ICMIT.
- (5) Oechsner, R., Pfeffer, M., Pfitzner, L., Binder, H., Muller, E., Vonderstrass, T., 2003, "From overall equipment efficiency(OEE) to overall Fab effectiveness (OFE)", Materials Science in Semiconductor Processing 5 (2003) 333–339.
- (6) Bolme, I., 2014, "Vedlikehold og PLI", Prosjektrapport (TPK 4550 Fordypningsprosjekt), IPK, NTNU.
- (7) Nicholas, J., 2009, "Lean Production for Competitive Advantage", CRC Press, New York.
- (8) Kompendieforlaget, 2012, "Kvalitetssystemer og internkontroll", Kompendium HiST.
- (9) Atkinson, R., 1999, "Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria", International Journal of Project Management, vol. 17, no. 6, pp. 337-342, 1999.
- (10) Banken, K., Nyhuus, E.M., 1999, "Innføring i Bedriftsøkonomi", Cappelen Akademisk Forlag.
- (11) Bye, P. I., 2009, "Vedlikehold og Driftssikkerhet", Kompendium HiST.
- (12) Zanjani, M.K., Ait-Kadi, D., Nourelfath, M., 2010, "Robust production planning in a manufacturing environment with random yield: A case in sawmill production planning", European Journal of Operational Research 201 (2010) 882–891.
- (13) Silver, E.A., Zufferey, N., 2007, "Inventory control of raw materials under stochastic and seasonal lead times", International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 24, 15 December 2005, 5161–5179.
- (14) Fisher, R., Ury, W., Patton, B., 2011, "Getting to YES", Random House Business Books.
- (15) <http://www.handsongroup.com/lean-manufacturing-topic-of-the-day-the-high-cost-of-complexity/> [hentet: 19.04.15].
- (16) James-Moore, M., 2006, "ERP Implementation and Maintenance in a Lean Envoirment (The Importance of People and Process)", IET.
- (17) Janiga, D., 2005, "Five keys to effective inventory management", Plant Engineering; Jun 2005; 59, 6; ABI/INFORM Complete pg. 36.
- (18) Jonsson, M., 2006, "Storage of debarked *Picea abies* saw logs in Sweden", Forestry Studies|Metsanduslikud Uurimused 45, 142–149, 2006.

- (19) Gingras, J.F., 2006, "Maximum value throughout the wood supply chain: the RAID concept", 29th Council on Forest Engineering Conference. Coeur d'Alene, Idaho, July 30-August 2, 2006, pp. 483-492.
- (20) Favreau, J., 2007, "Taking stock: Feric measures wood storage effects", Pulp and Paper Canada, v 108, n 1, p 24-26, January 2007.
- (21) Koch, A., 2003, "OEE Industry Standard", Version 2.0 August 2003, Blom Consultancy.
- (22) Anderson, J.O., Westerlund, L., 2013, "Improved energy efficiency in sawmill drying system", Applied Energy 113 (2014) 891–901.

Vedlegg 1 – Særlig betydningsfulle dimensjoner:

Figuren viser de mest betydningsfulle dimensjoner sortert i stigende rekkefølge etter andel av salgsinntektene.



Vedlegg 2 – Teoretisk produksjonskap. (R_i) for sentrale dimensjoner

Avdeling	Gruppe	Dim [mm]	R_i [m^3/T]
Saglinje	Tømmer	Tilfeldig/variabel	52.00
Tørke	Skurlast	Kombinasjoner	-
Tørrsortering	Skurlast	16x75	13.50
		16x100	13.50
		19x75	13.50
		19x100	22.50
		25x75	12.00
		25x100	33.00
		25x125	42.50
		25x150	33.50
		38x100	34.50
		38x125	42.00
		38x150	53.00
		44x150	69.50
		50x75	34.50
		50x100	39.00
		50x125	66.00
		50x150	69.00
		50x175	67.50
50x200	66.00		
Høvleri	K-virke, just	36x98	21.00
		36x123	20.00
		36x148	26.00
		36x198	29.00
		48x73	21.00
		48x98	25.50
		48x148	31.00
		48x198	32.50
	K-virke, lekt	23x48	20.50
		30x48	20.50
		36x48	20.50
		36x68	25.50
		48x48	24.00
		48x68	21.00
Utv kled, rekt	16x98	8.50	
	19x98	17.50	
	19x123	13.00	
	19x148	16.00	

		19x173	23.50
		22x98	10.50
		22x123	14.50
		22x148	15.50
		22x173	15.00
		22x198	17.00
	Utv kled, profil	19x148	16.00
		19x173	23.50
		22x123	14.50
		22x148	15.50
		22x198	17.00
	Høvellast (underpanel)	15x120	9.00
		18x120	13.50
		18x145	14.00
		21x120	13.50
	Impregnert (terrassebord)	21x95	10.50
		28x120	15.00
Fyringsanlegg			3.00 [MW]

Vedlegg 3 – Forstudierapport:



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk

Forstudierapport

TPK 4950 Masteroppgave:
PLI i sagbruk

30.01.2015

Inge Bolme

1. Forord

Denne forstudien er en av arbeidsoppgavene som inngår i masteroppgaven (TPK4950) ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) våren 2015. Forstudien gjennomføres for å skaffe seg oversikt over oppgavens problemstillinger og planlegge selve gjennomføringen. Arbeidet med forstudien resulterer derfor i et styringsgrunnlag til bruk i den videre gjennomføringen av masteroppgaven.

Erfaringer fra fordypningsprosjektet (TPK 4550) som ble gjennomført høsten 2014 har vært nyttige for arbeidet med denne forstudie. Emnet ble også administrert av ansvarlig veileder på en måte som har vært til inspirasjon. Takk til Per Schjølborg ved IPK for denne erfaring og inspirasjon.

Forstudien er gjennomført av stud. tekn. Inge Bolme ved IPK, NTNU.

Støren, 30. januar 2015

Inge Bolme

Innholdsfortegnelse

1. Forord.....	44
2. Innledning	46
3. Oppgavebeskrivelse	46
4. Oppgaver.....	46
5. Målsetning	46
6. Gjennomføring, styring og oppfølging av prosjektet.....	47
7. Begrensninger	48
8. Foreløpig litteratur.....	48
Vedlegg 1 – WBS:.....	50
Vedlegg 2 – Gantt:.....	51
Vedlegg 3 – Timefordelingsestimat:.....	52
Vedlegg 4 – KTR skjema:.....	53

2. Innledning

Siste semester av mastergradsutdanningen ved NTNU er i sin helhet viet til selvstendig arbeid med en oppgave. Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng og gjennomføres i løpet av 20 uker. Oppgaven skal gi ferdigheter innen gjennomføring av forsknings- og utviklingsprosjekter, i tillegg til å gi trening i selvstendig arbeid, analyse av komplekse problemer, kommunikasjon og presentasjon.

Oppgaven er formulert av veileder ved NTNU, førsteamanuensis Per Schjølberg, i samarbeid med Kjelstad Trelast AS. Den er relatert til Profit Loss Indicator (PLI) og representerer en videreføring av arbeidet som ble utført i fordypningsprosjektet høsten 2014. Oppgavens tittel er fastsatt til: *"PLI i sagbruk"*.

3. Oppgavebeskrivelse

I denne oppgave skal det fokuseres på Profit Loss Indicator for sagbruksnæringen. En stor del av arbeidet vil bestå i å utvikle en anvendbar og realistisk PLI – modell for Kjelstad Trelast, avd. Støren (Støren Trelast, ST). I så måte vil en måtte ta stilling til en rekke spørsmål knyttet til produksjonskapasitet og kvantifisering av ulike kvalitetstap. Tallfesting og beskrivelse av ulike kostnadsledd vil også utgjøre en betydelig del av arbeidet.

Oppgaven vil også medføre en del arbeide av mer administrativ karakter så som planlegging, oppfølging og statusrapportering til veileder. Innhenting av nødvendig og relevant informasjon vil være ytterligere en oppgave som fører til ressursforbruk.

4. Oppgaver

Følgende oppgaver er gitt og skal besvares gjennom arbeidet med denne masteroppgave:

- ✓ Diskutere nytteverdien av PLI i sagbruksnæringen.
- ✓ Utvikle en PLI modell for Kjelstad Trelast, avd. Støren.
- ✓ Anvende modellen på et utvalgt system (saglinjen).
- ✓ Gjennomføre/foreta en funksjonsanalyse av et utvalgt system (saglinjen).
- ✓ Utarbeide forbedringsforslag basert på PLI analysen. Herunder inkludert simuleringer i PLI – modellen som viser hva – hvis.

5. Målsetning

Effekt mål:

Det er en målsetning å utvikle PLI modellen slik at den blir benyttet og på sikt bidrar til bedre ressursutnyttelse ved Støren Trelast. Kvantifisering av profittapene vil stimulere til innsats for å redusere tapene. Innførsel av en taps- og ytelsesindikator gjør det også enklere å evaluere effekten av ulike tiltak.

Det er også en målsetning å tilegne seg erfaring gjennom arbeidet som er relevant for framtidige jobbsituasjoner. Med andre ord ønsker en at arbeidet skal ha reell nytteverdi for alle involverte parter.

Resultatmål:

- ✓ Utvikle en PLI modell som:
 - kvantifiserer de viktigste tapsleddene
 - beskriver virkeligheten på en måte som oppfattes som realistisk
- ✓ Identifisere viktige forbedringspotensialer og skissere en strategi for hvordan disse potensialer kan realiseres.
- ✓ Arbeidet som utføres i forbindelse med masteroppgaven skal minst tilfredsstillende kravene til karakteren B.

6. Gjennomføring, styring og oppfølging av prosjektet

Gjennom det planleggingsarbeid som er utført med denne forstudie har en identifisert en del aktiviteter som ansees for nødvendige. Oppgavene er brutt ned i en Work Breakdown Structure (WBS) bestående av 8 arbeidspakker med til sammen 36 arbeidsoppgaver. Det vises til vedlegg 1.

Erfaringer fra fordypningsprosjektet har gjort dette arbeidet enklere. For eksempel vet en om noen av utfordringene knyttet til det å utvikle en PLI – modell for Støren Trelast. Erfaringer fra prosjektet gjør også at en har inkludert en tidsbuffer i framdriftsplanen, jfr. aktivitet 7.2. Denne gangen er det også satt av tid til litteratursøk og innhenting av informasjon gjennom hele perioden.

Gantt – diagrammet i vedlegg 2 viser framdriftsplanen for arbeidet med denne masteroppgave. I tillegg er det utarbeidet en tidsakse som inkluderer planlagte fri- og helligdager. Dette gjør det enklere å ha et bevisst forhold til tilgjengelig tid utover våren. Tilgjengelig tid ble så fordelt på aktivitetene etter beste evne. Det vises til vedlegg 3.

Forhåpentligvis vil den tildelte tid være tilstrekkelig for å løse de ulike oppgavene. Timefordelingsestimater vil bli forsøkt brukt til å styre gjennomføringen av aktiviteter slik at en unngår å komme på etterskudd med oppgaver. Like fullt kan det nok tenkes at en støter på utfordringer som gjør at en ikke greier å opprettholde framdriften i henhold til plan. Tidsbufferen som er inkludert i arbeidspakke 7 (aktivitet 7.2) bidrar til å redusere eventuelle problemer i så måte.

Reelt timeforbruk vil bli registrert og fulgt opp på regelmessig basis. Som det framgår av vedlegg 3 planlegges det å jobbe intensivt i ukene 11, 17 og 23. Dette for å kompensere for tre planlagte fridager sammen med familien. Totalt ser en for seg å bruke en 900 – 950 timer på arbeidet med denne masteroppgave. For øvrig nevnes også at gjennomføringen er planlagt med leveranse til veileder hver tredje uke gjennom hele gjennomføringsperioden.

7. Begrensninger

Mulige vansker med å finne nødvendig litteratur eller informasjon til oppgaven kan utgjøre en begrensning. For eksempel kan en se for seg at det vil bli utfordrende å beskrive hvordan lagringstid for tømmer påvirker profitttapet. I tillegg har en erfart at det er tidkrevende både å finne og studere relevant litteratur. Ved behov vil en søke hjelp hos veilederne som med sin erfaring og kunnskap utgjør en viktig ressurs.

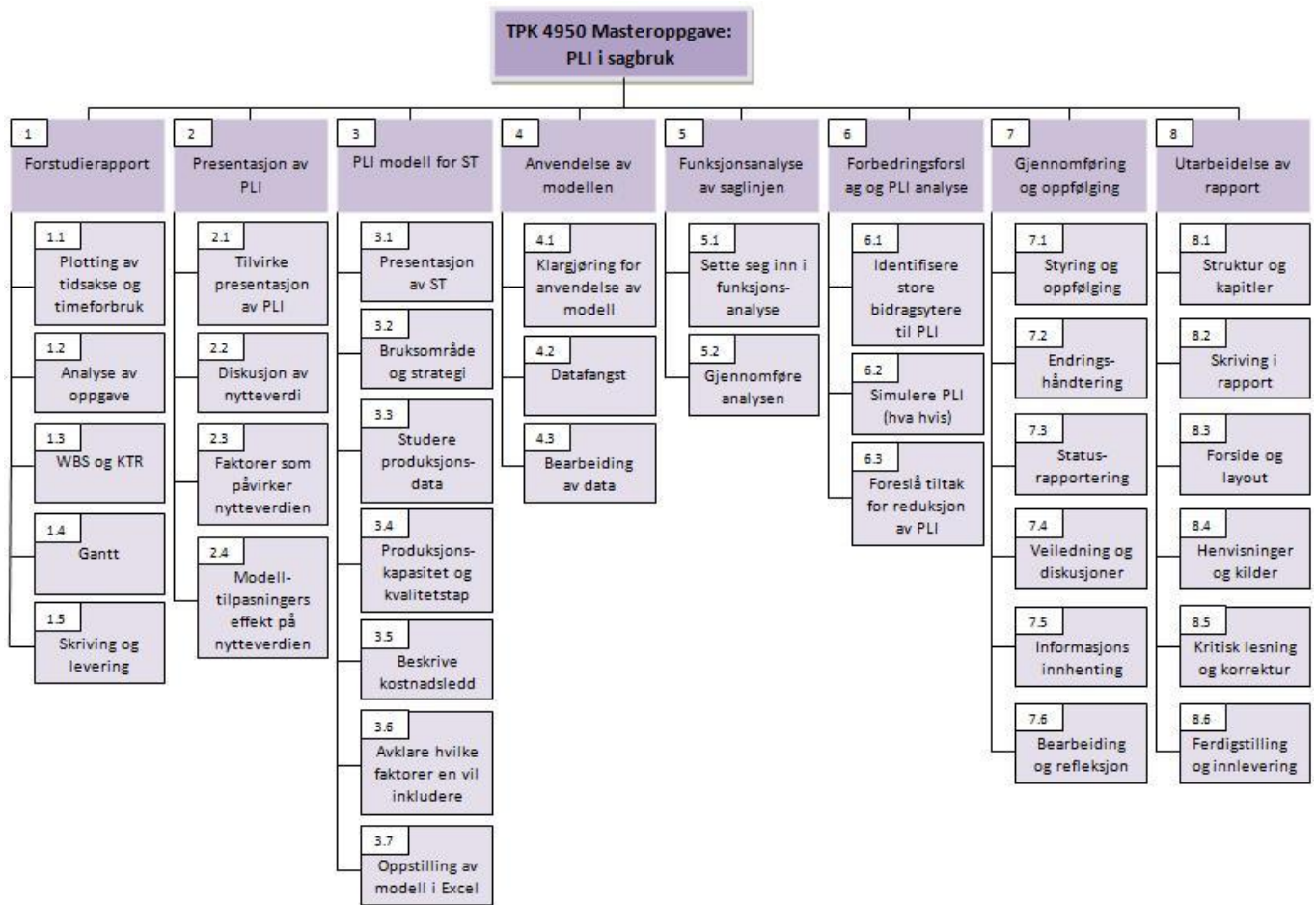
Normert belastning lik 48 timer per uke i 20 uker gjør at arbeidet med masteroppgaven begrenses til 960 timer. Forhåpentligvis unngår en at sykdom eller andre uforutsette hendelser påvirker den tid en har til rådighet.

8. Foreløpig litteratur

- (1) Wilson, A. *Asset Maintenance Management*, Industrial Press INC, New York, (2002).
- (2) Bye, P. I. *Vedlikehold og Driftssikkerhet*, Kompendium HiST, (2009).
- (3) Nicholas J. *Lean Production for Competitive Advantage*, CRC Press, New York, (2009).
- (4) Pinto, Jeffrey K. *Project management; achieving competitive advantage*, 3rd ed. Pearson education limited, (2013).
- (5) Westhagen, H. m.fl. *Prosjektarbeid Utviklings- og endringskompetanse*, Gyldendal Akademisk, (2010).
- (6) Koch, A. *OEE Industry Standard*, Version 2.0 August 2003, Blom Consultancy, (2003).
- (7) Kjøseth, K.B., 2014, "OEE og PLI", Masteroppgave, IPK, NTNU.
- (8) Bolme, I., 2014, "Vedlikehold og PLI", Prosjektrapport (TPK 4550 Fordypningsemne), IPK, NTNU.
- (9) Ahmad, M.M., Dhafr, N., 2002, "Establishing and improving manufacturing performance measures", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18 (2002) 171–176.
- (10) Cruz Machado, V., Pereira, A., 2008, "Modelling Lean Performance", *Proceedings of the 2008 IEEE ICMIT*.
- (11) Oechsner, R., Pfeffer, M., Pfitzner, L., Binder, H., Muller, E., Vonderstrass, T., 2003, "From overall equipment efficiency(OEE) to overall Fab effectiveness (OFE)", *Materials Science in Semiconductor Processing* 5 (2003) 333–339.
- (12) Singh, R., Shah, D.B., Gohil, A.M., Shah, M.H., 2013, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation – Automation through Hardware & Software Development", *Procedia Engineering* 51 (2013) 579 – 584.
- (13) De Ron, A.J., Rooda, J.E., 2005, "Equipment Effectiveness: OEE Revisited", *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, vol. 18, no. 1, Feb. 2005.
- (14) Elustondo, D.M., Oliveira, L., Avramidis, S., 2010, "New methodology to optimize sorting in wood drying", *maderas CIENCIA Y TECNOLOGIA*, 12(2):79-91, 2010
- (15) Anderson, J.O., Westerlund, L., 2013, "Improved energy efficiency in sawmill drying system", *Applied Energy* 113 (2014) 891–901.

(16) Norsk Treteknisk Institutt, *Treteknisk Håndbok*, Strandberg og Nilsen Grafiske as (1991).

Vedlegg 1 – WBS:



Figur 1: Work Breakdown Structure (WBS) for masteroppgaven.

9 Vedlegg 2 – Gantt:

Framdriftsplan (Gantt) TPK 4950 Masteroppgave - PLI i sagbruk

Sist oppdatert: 30. januar 2015

Ansvarlig for alle aktiviteter: Inge Bolme

Nr	Arbeidsoppgave	Milepæl	Merknader	Jan							Feb							Mar							Apr							Mai							Jun							Status
				14-18	19-25	26-01	02-08	09-15	16-22	23-01	02-08	09-15	16-22	23-29	30-05	06-12	13-19	20-26	27-03	04-10	11-17	18-24	25-31	01-07	08-10																					
Uke nr				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																					
0	Uttak av oppgave, masterkontrakt																																													
1	Forstudierapport																																													
1.1	Plottning av tidsakse og timeforbruk																																													
1.2	Arbeid med analyse av oppgave																																													
1.3	WBS og KTR																																													
1.4	Gantt																																													
1.5	Skriving og levering av forstudierapport	Forstudie levert																																												
2	Presentasjon av PLI og indikatorens nytteverdi																																													
2.1	Tilvirke en kort presentasjon av PLI																																													
2.2	Diskutere nytte- og "antingteverdi"																																													
2.3	Faktorer som påvirker nytteverdien																																													
2.4	Modelltilpasningers effekt på nytteverdien																																													
3	Utvikling av PLI modell for ST																																													
3.1	Kort presentasjon av ST																																													
3.2	Spesifisere bruk.som.få.å. og strategi																																													
3.3	Sette seg inn i eksisterende prod.data																																													
3.4	Fastsette prod.kapasitet og kvalitetstap																																													
3.5	Identifisere og beskrive kostnadstred																																													
3.6	Avklare hvilke faktorer som skal inkluderes																																													
3.7	Oppstilling av selve modellen i excel	PLI modell ferdig	OEE og PLI																																											
4	Anvendelse av modellen (saglinjen)																																													
4.1	Klariere for bruk - hvem må bidra, informere																																													
4.4	Sørge for nødvendig datalangst																																													
4.3	Bearbeide og presentere resultatene																																													
5	Funksjonsanalyse av saglinjen																																													
5.1	Sette seg inn i funksjonsanalyse																																													
5.2	Gjennomføre analysen																																													
6	Forbedringsforslag basert på PLI analyse																																													
6.1	Identifisere store bidragsytere til PLI																																													
6.2	Berente modellen til å simulere PLI	PLI analyse gjort	Hva hvis, verifisere																																											
6.3	Forestå tiltak for reduksjon av tapene																																													
7	Gjennomføring og oppfølging																																													
7.1	Styring og oppfølging iht plan																																													
7.2	Endringshåndtering (uforuts. oppg. avvik)																																													
7.3	Statusrapportering/leveranse til veileder																																													
7.4	Veiledning og diskusjoner																																													
7.5	Litteratursøk og innhenting av informasjon																																													
7.6	Bearbeiding og reflektering - observ.dagbok																																													
8	Utarbeidelse av rapport																																													
8.1	Struktur og kapitler																																													
8.2	Skriving i rapport																																													
8.3	Forside og layout																																													
8.4	Henvisninger og kilder																																													
8.5	Kritisk lesing og korrektur																																													
8.6	Ferdigstilling og innlevering av oppgave	Oppg levert i DAAM	Frist 10 juni, kl 2359																																											

Forkortelsesforklaringer:

WBS Work Breakdown Structure

KTR Kostnad, tid og ressurs

ST Støren Trelast

NTI Norsk Treteknisk Institutt

DAAM Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver

F-dag uke der planlagt fridag inngår

H-dag uke der helligdag inngår

I-uke uke der det planlegges å jobbe ekstra (intensivt)

Figur 2: Framdriftsplan for prosjektet (Gantt skjema) med angivelse av milepæler.

10 Vedlegg 3 – Timefordelingsestimat:

Ansvrlig for alle aktiviteter: Inge Bolme		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Sum timer:															
Nr	Arbeidsoppgave	Uke nr	Uke nr	Uke nr	Uke nr	Uke nr	Uke nr	per aktivitet															
0	Uttak av oppgave, masterkontrakt	3						3															
1	Forstudierapport							82															
1.1	Plotting av tidsakse og timeforbruk	6	6					12															
1.2	Arbeid med analyse av oppgave	6	10					16															
1.3	WBS og KTR		14					14															
1.4	Gantt		6					6															
1.5	Skriving og levering av forstudierapport	10	24					34															
2	Presentasjon av PLI og indikatorens nytteverdi							27															
2.1	Tilvirke en kort presentasjon av PLI		4	2				6															
2.2	Diskutere nytte- og "antinytverdi"		5				1	7															
2.3	Faktorer som påvirker nytteverdien		5				1	7															
2.4	Modelltilpasningens effekt på nytteverdien		5				1	7															
3	Utvikling av PLI modell for ST							284.5															
3.1	Kort presentasjon av ST		4	2				6															
3.2	Spesifisere bruksområde og strateg		8	2				10															
3.3	Sette seg inn i eksisterende prod. data		1.5	2.2	10	18	14	65.5															
3.4	Fastsatte prod.kapasitet og kvalitetstap		2	3	6	8	20	14	67														
3.5	Identifisere og beskrive kostnadsledd		2	2	4	6	20	14	8	90													
3.6	Avklare hvilke faktorer som skal inkluderes							2	4	6													
3.7	Oppstilling av selve modellen i excel				3	3	1	4	10	20	40												
4	Anvendelse av modellen (saglinjen)										35												
4.1	Klargjøre for bruk - hvem må bidra, informere							2	4		6												
4.2	Sørge for nødvendig datafangst							2	2	2	2	10											
4.3	Bearbeide og presentere resultatene							5	4	4	3	3	19										
5	Funksjonsanalyse av saglinjen												33										
5.1	Sette seg inn i funksjonsanalyse							4	4				8										
5.2	Gjennomføre analysen							6	15	4			25										
6	Forbedringsforlag basert på PLI analyse												48										
6.1	Identifisere store bidragstypene til PLI								2	6	4		12										
6.2	Benytte modellen til å simulere PLI								12	8			20										
6.3	Foreslå tiltak for reduksjon av tapene								3	3	10		16										
7	Gjennomføring og oppfølging													212.5									
7.1	Skrying og oppfølging iht plan		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30								
7.2	Endringshåndtering (foruts. oppg. avvik)		0.5	1	2	3	3	3	4	4		4	5	5	5	5	4	4	3	2	65.5		
7.3	Statusrapportering/leveranse til veileder				2		2			2		2		2		2				2	12		
7.4	Veiledning og diskusjoner		1.5	1.5	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	2	1	1	1	35		
7.5	Litteratursøk og innhenting av informasjon		1	2	5	5	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	41		
7.6	Bearbeiding og reflektering - observ. dagbok		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	39		
8	Utarbeidelse av rapport																				200		
8.1	Struktur og kapitler			6					2							2					10		
8.2	Skriving i rapport		6	10	6	0	7	9	8	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10	25	8	147	
8.3	Forside og layout																				3		
8.4	Høvisninger og kilder																				2		
8.5	Kritisk lesing og korrektur									6						6				8	2	22	
8.6	Ferdigstilling og innlevering av oppgave																			3	13	16	
Sum timer per uke		15	48	48	48	30	48	48	60	48	48	0	38	48	60	40	48	30	48	38	56	30	
		Totalt (per aktivitet og arbeidspakke)																				925	
		Totalt (timer per uke)																				925	
Plan: 10 T mandag-torsdag, 8 T fredag =>		15	48	48	48	30	48	48	60	48	48	0	38	48	60	40	48	30	48	38	56	30	925
Forkortelsesforklaring:																						Normert timeforbruk: 20 uker a 48 T =	960
F-dag		uke der planlagt fridag inngår																					
H-dag		uke der helligdag inngår																					
I-uke		uke der det planlegges å jobbe ekstra																					

Figur 3: Estimert/fordelt timeforbruk per aktivitet for masteroppgaven.

Vedlegg 4 – KTR skjema:

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt:	Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk		
Ansvarlig:	Inge Bolme		
Dato revidert:	30. jan 2015		
<u>Arbeidspakke:</u>	<u>1. Forstudierapport</u>		
Arbeidsoppgaver:	1.1 Plotting av tidsakse og timeforbruk		
	1.2 Analyse av oppgave	1.4 Gantt	
	1.3 WBS og KTR	1.5 Skrivning og levering	
Avhengig av:	Uttak av oppgave		

Målsetning og hensikt:

Gjennomføre forstudien så grundig at alle vesentlige arbeidsoppgaver er identifisert.

Skaffe seg oversikt over oppgavens problemstillinger. Utarbeide en plan for hvordan oppgavene skal løses som er tilstrekkelig detaljert, men samtidig fleksibel med tanke på endringer.

Antatte arbeidsmetoder:

Bryte ned oppgaven i ulike mindre arbeidsoppgaver. Tilvirke en tidslinje over når de ulike aktivitetene skal gjennomføres. Fordele tilgjengelige timer på de ulike aktivitetene.

Utfordringer:

Usikkerhet knyttet til oppgaveforståelse, hva som vil være nødvendig aktiviteter og tidsbehov reelt tidsbehov.

Resultat:

Plan for gjennomføring og vesentlige aktiviteter identifisert.

Planlagt oppstart:	Uke 3
Planlagt avslutning:	Uke 5
Estimert/planlagt timeforbruk:	82 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt: Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk

Ansvarlig: Inge Bolme

Dato revidert: 30. jan 2015

Arbeidspakke: 2. Presentasjon av PLI

Arbeidsoppgaver:

- 2.1 Tilvirke presentasjon av PLI
- 2.2 Diskusjon av nytteverdi
- 2.3 Faktorer som påvirker nytteverdien
- 2.4 Modelltilpasningers effekt på nytteverdien

Avhengig av: Oppgavedokument og struktur opprettet

Målsetning og hensikt:

Presentere og diskutere de mest relevante aspekter ved PLI.

Skape forståelse hos interessenter uten særlig forkunnskap om PLI. Bygge et fundament for arbeidet med å utvikle PLI modellen.

Antatte arbeidsmetoder:

Bygge på arbeid fra forprosjektet. Diskutere med veiledere og medstudenter. Tenke og resonere.

Utfordringer:

Lite tilgjengelig litteratur knyttet til PLI. Reising for å treffe studenter og veileder tar mye tid.

Resultat:

Utvidet kunnskap om PLI. Mulig bidrag for å skape aksept for en indikator som PLI.

Planlagt oppstart:

Uke 5

Planlagt avslutning:

Uke 6 (revideres uke 18 og 23 (erfaringer))

Estimert/planlagt timeforbruk:

27 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt: Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk

Ansvarlig: Inge Bolme

Dato revidert: 30. jan 2015

Arbeidspakke: **3. PLI modell for ST**

Arbeidsoppgaver: 3.1 Kort presentasjon av ST 3.2 Bruksområde og strategi
3.3 Studere produksjonsdata 3.4 Kapasitet og kvalitetstap
3.5 Beskrive kostnadsledd 3.6 Avklare hva en vil inkludere
3.7 Oppstilling av modell i Excel

Avhengig av: Beskrivelse av ytelse og kvalitet

Målsetning og hensikt:

Utvikle en PLI modell for bedriften som vil bli anvendt og oppfattes som nyttig.

Identifisere store bidragsyttere til tap. Utvikle et verktøy/indikator som kan brukes i forbedringsøyemed både intern og eksternt.

Antatte arbeidsmetoder:

Studere eksisterende produksjonsdata. Søke etter informasjon og eksisterende kunnskap både i og utenfor bedrift. Foreta avveininger mellom ulike behov.

Utfordringer:

Produksjonsytelse og kvalitetstap må fastsettes. Kostnadsledd kan være komplekse.

Resultat:

PLI modell som kvantifiserer de viktigste tapene og muliggjør simuleringer med profitteffekten av ulike forbedringer.

Planlagt opstart:

Uke 6

Planlagt avslutning:

Uke 17

Estimert/planlagt timeforbruk:

284,5 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt:	Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk
Ansvarlig:	Inge Bolme
Dato revidert:	30. jan 2015
Arbeidspakke:	<u>4. Anvendelse av modellen</u>
Arbeidsoppgaver:	4.1 Klargjøre for anvendelse av modellen 4.2 Datafangst 4.3 Bearbeiding av data
Avhengig av:	Modell ferdig og mulig å bruke

Målsetning og hensikt:

Anvende modellen i fire uker av produksjonen.

Tallfeste og bearbeide de beregnede profittap som følger av den utviklede modell. Verifisere om modellen er anvendbar og gir realistiske resultater.

Antatte arbeidsmetoder:

Sørge for nødvendig registrering. Samle inn, plotte og bearbeide data. Samarbeide med operatører der dette eventuelt blir nødvendig.

Utfordringer:

Korrekt registrering og aksept for eventuelt merarbeid i en travel hverdag. Uforutsette feil eller komplikasjoner knyttet til modell eller registreringsopplegget.

Resultat:

Etablert et utgangspunkt i tallfestingen av profitt/produksjonstap. Synliggjort de stor bidragsyterne.

Planlagt oppstart:	Uke 16
Planlagt avslutning:	Uke 22
Estimert/planlagt timeforbruk:	35 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt: Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk

Ansvarlig: Inge Bolme

Dato revidert: 30. jan 2015

Arbeidspakke: **5. Funksjonsanalyse av saglinjen**

Arbeidsoppgaver: 5.1 Sette seg inn i funksjonsanalyse

5.2 Gjennomføre analysen

Avhengig av: Diskusjon med P. Schjølberg

Målsetning og hensikt:

Gjennomføre en funksjonsanalyse i henhold til det som kreves og forventes.

Mest kun en vag formening om hensikten foreløpig. Vil søke råd og veiledning med tanke på denne aktivitet. Hadde ment å reise til Trondheim en dag før forstudien ble avsluttet, men så har ikke blitt tilfelle.

Antatte arbeidsmetoder:

Ta utgangspunkt i den kjennskap en har til saglinjen og analysere de ulike delene av denne.

Utfordringer:

Stor usikkerhet knyttet til planlagt tidsforbruk da en ikke har helt kjennskap til oppgaven som skal gjennomføres. Kan ha underestimert tidsbehovet knyttet til aktivitetene.

Resultat:

Funksjonsanalyse som muligens identifiserer sammenhenger og avslører sårbarhet.

Planlagt oppstart:

Uke 17

Planlagt avslutning:

Uke 20

Estimert/planlagt timeforbruk:

33 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt:	Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk
Ansvarlig:	Inge Bolme
Dato revidert:	30. jan 2015
<u>Arbeidspakke:</u>	<u>6. Forbedringsforslag og PLI analyse</u>
Arbeidsoppgaver:	6.1 Identifisere/verifisere store bidragsytere til PLI 6.2 Simulere PLI (hva skjer ved hvilke endringer) 6.3 Foreslå tiltak for reduksjon av PLI
Avhengig av:	PLI modell ferdig, endringsvariabler

Målsetning og hensikt:

Synliggjøre hvordan profittapet endres ved ulike driftsscenarioer. Foreslå tiltak for reduksjon av de største bidragsyterne til PLI.

Bevisstgjøre og anspore til forbedringsinnsats. Synliggjøre mulige potensialer knyttet til forbedringsarbeid og styringsverktøyet PLI.

Antatte arbeidsmetoder:

Arbeide med modellen i Excel. Samarbeide med produksjonsmedarbeiderne og andre om ideer til problemløsning og forbedringer.

Utfordringer:

Feil i modell slik at denne ikke gir et representativt bilde av virkeligheten. Forbedringstiltak er ofte ikke åpenbare. Hvis så var tilfelle ville de gjerne alt vært innført.

Resultat:

Gjennomføring i henhold til plan og krav. Erfaring i styring av prosjekter.

Planlagt oppstart:	Uke 20
Planlagt avslutning:	Uke 23
Estimert/planlagt timeforbruk:	48 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt:	Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk	
Ansvarlig:	Inge Bolme	
Dato revidert:	30. jan 2015	
<u>Arbeidspakke:</u>	<u>7. Gjennomføring og oppfølging</u>	
Arbeidsoppgaver:	7.1 Styring og oppfølging	7.4 Veiledning og diskusjoner
	7.2 Endringshåndtering	7.5 Informasjonsinnhenting
	7.3 Statusrapportering	7.6 Bearbeiding og refleksjon
Avhengig av:	Veiledere har tid, selvdisiplin og vilje	

Målsetning og hensikt:

Gjennomføre aktivitetene i henhold til den utarbeidede plan. Tilegne seg erfaring knyttet til løsning av en kompleks oppgave.

Sørge for at masteroppgaven gjennomføres i henhold til kravene fra IPK/NTNU. Styre prosessen slik at aktivitetene blir ferdige i tide.

Antatte arbeidsmetoder:

Registrere og plote tidsforbruk. Oppdatere seg på hva som skal gjøres for hver uke. Bearbeide i skriftlig format erfaringene fra hver uke i form av refleksjon.

Utfordringer:

Tidsforbruk og kostnader forbundet med å reise til Trondheim for diskusjoner og veiledning. Finne nødvendig litteratur eller informasjon. Ressurspersoner har begrenset med tid.

Resultat:

Styrt gjennomføring i henhold til plan. Erfaring med ledelse og løsning av en kompleks oppgave.

Planlagt oppstart:	Uke 4
Planlagt avslutning:	Uke 24
Estimert/planlagt timeforbruk:	212,5 timer

Kostnad, tid og ressurs (KTR)

Prosjekt: Masteroppgave 2015 – PLI i sagbruk

Ansvarlig: Inge Bolme

Dato revidert: 30. jan 2015

Arbeidspakke: **8. Utarbeidelse av rapport**

Arbeidsoppgaver:

8.1 Struktur og kapitler	8.4 Henvisninger og kilder
8.2 Skrivning i rapport	8.5 Kritisk lesning og korrektur
8.3 Forside og layout	8.6 Ferdigstilling og innlevering

Avhengig av: Ferdig med forutgående aktiviteter

Målsetning og hensikt:

Produsere en entydig og lettlest rapport som besvarer oppgaven.

Bidra til at det arbeides jevnt med selve besvarelsen gjennom hele perioden. Sørge for at aktiviteter som kan fullføres tidlig ikke må fullføres når leveringsfristen nærmer seg.

Antatte arbeidsmetoder:

Arbeide med dokument på PC.

Utfordringer:

Unødig komplisert språkbruk. Uforutsette oppgaver eller avvik spiser av tilgjengelig tid.

Resultat:

Lettlest og forståelig besvarelse, klar for innlevering i DAIM.

Planlagt oppstart:

Uke 5

Planlagt avslutning:

Uke 24

Estimert/planlagt timeforbruk:

200 timer