

Norges miljø- og biovitenskapelige
universitet
Fakultet for samfunnsvitenskap
Handelshøyskolen ved NMBU

Masteroppgave 2014
30 stp

Produksjonsplanlegging i en papirfabrikk.

Manufacturing planning in a papermill.

Vigaile Gelzinyte

Sammendrag

Papirindustri er gammel industri med dype tradisjoner både i Norge og i verden. Papiret er et produkt som brukes mer og mer når velstanden øker. Papir er laget av fornybare ressurser, nærmere sett treverk. I tillegg kan det gjenvinnes.

Nordic Paper AS er en virksomhet som består av fire fabrikker i Norge og i Sverige. I denne oppgaven er det blitt foretatt analyser av produksjonen og produksjonsplanlegging i en av deres fabrikker i Norge. Fokus er satt på en papirmaskin.

Hovedproblemstilling i oppgaven er basert på faktorene som påvirker aktivitetene i produksjons planleggingsprosess, nærmere sett om det produktspesifikke egenskaper som har størst innvirkning i hvordan produksjonen skal planlegges.

Det er funnet relevante teorier i litteraturen som beskriver produksjonsprosessen trin for trin og gir innblikk i hva planleggere skal sette størst vekt på.

Etter å ha sett på ulike teoretiske tilnærminger og analysert datamaterialet fra virksomheten er det mulig å konkludere at det er faktisk produktegenskapene og produksjonsteknologi som har stor betydning i hvordan produksjonen skal planlegges.

Summary

Paper industry is an old industry with deep roots both in Norway and rest of the world. Paper is used more and more since prosperity in some countries is increasing. Paper is made of renewable materials, that is wood. In addition, paper can be reused.

Nordic Paper AS is a company that is based in Norway and Sweden with its four production plants. This thesis focuses on production planning in one of their factories that is in Norway and one paper machine.

Main problem that is being analyzed in this thesis is what is the main reasons that influence production planning in the plant and if product qualities influence planning most.

There were reviewed some theories about production planning and control that describes the processes in detail and gives production planners an idea of how production should be planned.

After reviewing relevant theories and analyzed data from the company in question, it was concluded in this thesis that production planning is highly influenced by product qualities and production technologies.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Summary	2
Innledning	5
Problemstilling	6
Metode.....	7
Casestudie.....	7
Validitet og reliabilitet.....	8
Datainnsamling	8
Papirproduksjon	9
Ulike typer papir	9
Produksjonsprosess.....	9
Teoretisk tilnærming	11
Forsyningskjede.....	11
Produksjonsplanlegging.....	11
Planlegging og kontroll	13
Tidsperspektiv	13
Aktiviteter.....	14
Loading	16
Kapasitetstyring	16
Sequencing	18
Johnson's rule	19
Scheduling.....	19
Monitoring and controll (Oppfølging og kontroll)	20
Caset	22
Nordic Paper	22
Konkurransfordel	23
Råvarer.....	23
Produkter	24
Kapasitet	25
Ordrene	25
Produksjon.....	27
Produksjonsplanlegging.....	28
Kostnader.....	28

Modellering	31
Master production scheduling	32
Ferdigvarelager	34
Konklusjon	36
Avgrensninger og muligheter for videre arbeid	37
Referanser.....	39

Innledning

Papirproduksjon er en gammel industri. I Norge var den første papirfabrikken startet i 1698 (snl.no). Dagens industrivirksomheter i Norge blir mer og mer konkurranseutsatt. Dette skyldes flere faktorer, blant annet politisk situasjon, lover og regler og økte kostnader. Norge er en høykostland der både menneskelige og materielle ressurser er dyre, samtidig er alt regulert av strenge arbeidsmiljølover, miljøkrav og lignende. Tatt i betraktning dagens situasjon er det ikke enkelt å drive en tradisjonell industrivirksomhet. Derfor er flere virksomheter nødt til å optimalisere produksjon og endre sine gamle rutiner.

Papirforbruket øker med økt velstand i verden. Papir er et produkt som lages av fornybare ressurser (treverk), samtidig er det mulig å gjenvinne. Det er observert positiv relasjon mellom økt brutto nasjonalprodukt og papirforbruk per person (snl.no). Derfor er det mulig å anta at papirindustri ikke kommer til å avvikles i nærmeste tidene og derfor er det relevant å se på problemstillingene knyttet til papirproduksjon.

I denne oppgaven settes det fokus på produksjonsplanlegging i en papirfabrikk, nærmere sett en papirmaskin. Analysene er stor grad rettet mot en bedrift som var villig til å samarbeide og gi nødvendig informasjon.

Problemstilling

I denne oppgaven er det tenkt å analysere problemstillinger knyttet til planlegging av papirproduksjon i en fabrikk. Produksjonsplanlegging er mye omtalt i litteraturen og det finnes flere synsvinkler man kan se på hvordan produksjonen planlegges i en fabrikk. Hovedproblemet knyttet til produksjonen av papir er at man må ta hensyn til teknologien papirmaskinen er basert på og produkttegenskapene til papiret. Derfra er utledet en problemstilling som oppgaven er basert på:

- Er det egenskapene til produktene og produksjonsteknologi som har størst betydning i planlegging av produksjonsprosessen i en papirfabrikk?

For å kunne formulere problemstilling er det viktig å ha i tankene hva man skal undersøke. Derfor i denne oppgaven er det satt stor vekt på stikkordene produkttegenskaper og produksjonsplanlegging.

Fra problemstillingen er det mulig å utlede noen hypoteser.

- Hovedhypotese (H0): Det er produkttegenskapene som har størst betydning når det gjelder produksjonsplanlegging i en papirfabrikk.
- Mothypotese: Det er ikke produkttegenskapene som er det viktigste å ta hensyn til når produksjonen i en papirfabrikk skal planlegges.

Metode

En viktig del av forskningsarbeid er å kunne bruke de riktige forskningsmetodene. Arbeidet i denne oppgaven er basert på samfunnsvitenskapelig metode, som "dreier seg om hvordan vi skal gå fram for å få informasjon om den sosiale virkeligheten" (Johannessen et al., 2011, s.33). I tillegg påpeker Johannessen: "Metodelæren dreier seg blant annet om hvordan vi kan gå fram for så langt som mulig å undersøke om våre antakelser er i overensstemmelse med virkeligheten eller ikke" (Johannessen et al., 2011, s.33). Å kunne bruke riktig metode ved undersøkelse av samfunnsvitenskapelige problemer er som å bruke riktige måleverktøy i naturvitenskap. Man kan ikke måle høyde av et objekt ved å veie det.

Det skilles i litteraturen mellom kvalitativ og kvantitativ metode. Det er ikke alltid like lett å skille mellom de to. Basert på Silverman (Silverman, 2011), finnes det slike forskjeller:

- Kvalitativ forskning bruker ord, mens kvantitativ tall.
- Kvalitativ forskning er opptatt med meninger, mens kvantitativ med oppførsel.
- Kvalitativ metode brukes for case studier, mens kvantitativ generaliserer funnene.

Etter å ha sett på disse forskjellene kan man konkludere at kvalitativ tilnærming passer best for å brukes i denne oppgaven. For det første, utføres det analyse av et case, nærmere en bestemt bedrift. For å kunne hevde at funnene kan generaliseres skal man se på flere enheter enn kun en fabrikk. Mer, så er brukt lite tallmateriale i oppgaven. Det kommer til å brukes kvantitativ metode for å kunne analysere tallene for å kunne støtte oppgaven med konkret tallmateriale og statistikk.

Casestudie

Casestudier, ifølge Johannessen, skal være "mer eller mindre eksplorative" (Johannessen et al., 2011, s.221). Det vil si at man skal observere fenomener i virkelighet uten å ha klare forhåndsbestemte meninger om hva man kommer til å finne. En casestudie skal baseres på teori for å avgrense problemstillinger og eventuelt finne "konkurrerende teorier".(Johannessen et al., 2011, s.221) Casestudie kan utformes med en eller flere analyseenheter (eller informanter). I denne oppgaven er det brukt flere analyseenheter. Oppgaven kan kvalifiseres som en casestudie også fordi forskningen er utformet rundt en enkel bedrift og en bestemt problemstilling. Funnene kan ikke generaliseres og er kun aktuelle i en bestemt situasjon. Det vil si at det betyr ikke at det som blir funnet om en fabrikk skal være gyldig i en annen.

Validitet og reliabilitet

Reliabilitet og validitet er to viktige begreper i forskningsprosessen. Reliabilitet handler om hvor pålitelig innsamlet informasjon er med tanke på tilfeldighetene. Det vil si om man får samme resultatene om man samler samme data på nytt. Ifølge Johannessen, er det vanskelig å teste reliabilitet i kvalitativ forskning da "det vil være umulig for andre forskere å duplisere en kvalitativ forskers forskning".(Johannessen et al., 2011, s.243)

Validitet betyr at studie faktisk analyserer det forskeren sier at den skal analysere. Begrepet kalles i tillegg begrepsvaliditet og ser på om det finnes sammenheng mellom data man samler inn og det man ønsker å undersøke.

Ekstern validitet, som også kalles overførbarhet (Johannessen et al., 2011), viser til om det er mulig å bruke funnene av studie til en videre forskning. I denne oppgaven er det analysert et bestemt case, ikke utviklet en generell teori. Men det kan være interessant for andre som skal analysere lignende fenomener å se på funnene og sammenligne. I tillegg finnes det en kapittel om mulighet til videre arbeid med caset, som gir rom for andre forskere å fortsette arbeidet og eventuelt få andre resultater enn det er fått i denne oppgaven.

Datainnsamling

Datainnsamling til oppgaven består av flere forskjellige kilder. Det er tenkt å bruke en del tallmateriale som produktkalkyler og lignende. I tillegg er det å gjennomført samtaler med aktuelle personer i bedriften. Det er brukt ikke-strukturerte intervju uten lydopptak og naturlig forekommende data som uformelle samtaler mellom medarbeidere, eller observasjon. For å øke pålitelighet av innsamlet informasjon, er det foretatt åpne intervju, eller samtaler med personer fra ulike arbeidsstasjoner i bedriften. Dette visste seg å være nyttig siden ulike personer hadde ulik informasjon å tilføre basert på kunnskap stillingen deres i bedriften gir.

Papirproduksjon

Ulike typer papir

Papirproduksjon er en prosess der "fibrer i trevirke og andre råstoffer" (snl.no) ved hjelp av mekaniske og kjemiske prosesser gjøres om til sammenhengende papirark.

Ved å variere bruken av råstoffene, tilsetningsstoffene og produksjonsmetoder oppnås det forskjellige typer papir. Ifølge SNL (snl.no) kan man skille mellom tre hovedtyper, eller kvaliteter av papir basert på bruksområdene:

- Papir for formidling av informasjon, som skrivepapir
- Papir for emballasje
- Hygiene og husholdningspapir

Papiret som det fokuseres om i denne oppgaven er av gruppen emballasjepapir. Ved å anvende ulike produksjonsmetoder kan produseres det mange ulike typer emballasjepapir. Kraftpapir er en type papir egnet til pakking av mat, byggematerialer og andre industriprodukter.

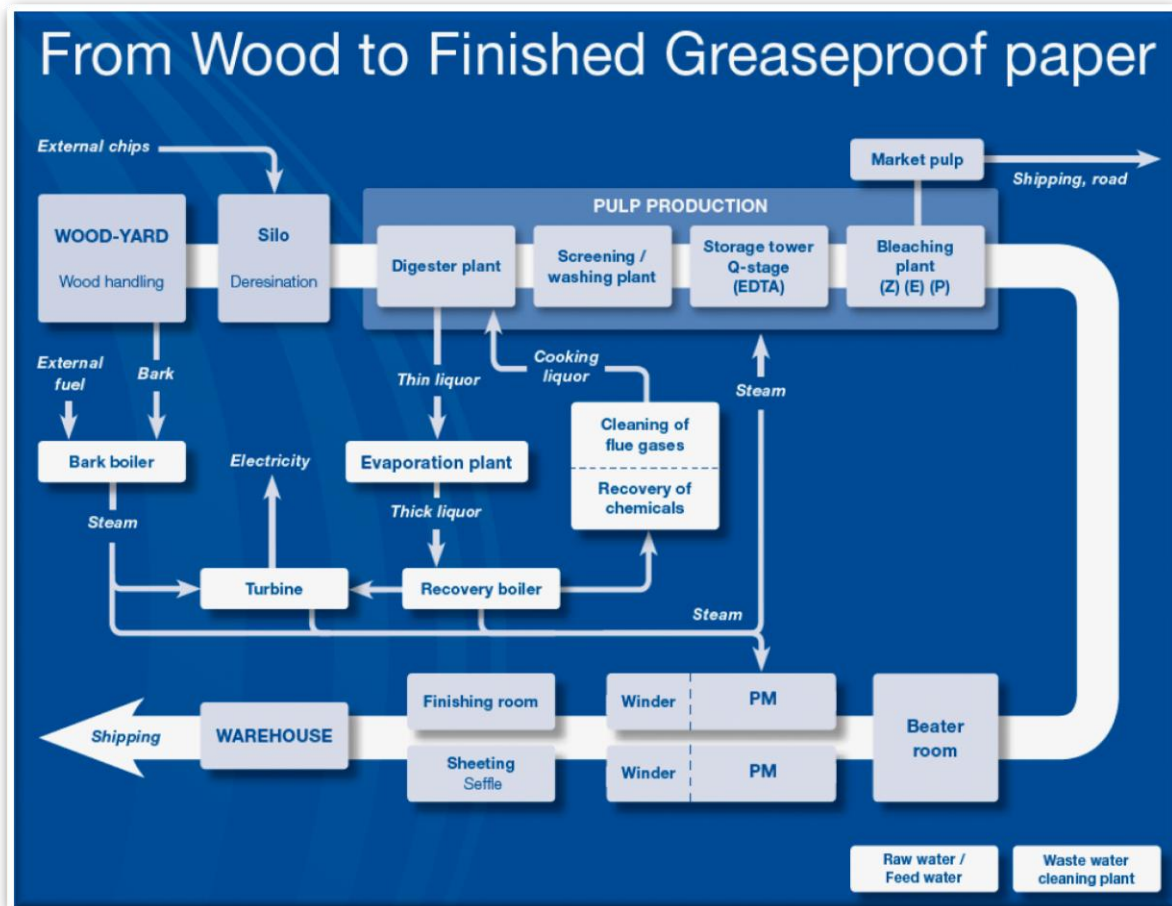
Bakepapir (greaseproof) er en annen type emballasjepapir som brukes i hovedsak i til fremstilling og pakning av matvarer. Det finnes i tillegg flere bruksområder i andre industrier som produksjon av laminat. Grunnen til at i denne oppgaven er det ofte brukt betegnelse Greaseproof istedenfor norske bakepapir eller matpapir er fordi denne type papir har flere bruksområder enn kun baking.

Greaseproof papir er en type papir med unike barriere egenskaper som gir naturlig motstand mot luft, veske og fett (Kjellgren, 2007). Bruken av denne type papir er derfor godt egnet til matproduksjon og lagring.

Produksjonsprosess

Produksjon av papir begynner med råstoff. Dette i hovedsak er tre, mest utbredt type fiber hentes fra nåletrær (snl.no). Ved å kombinere ulike råstoffer oppnås det forskjellige ønskede egenskaper. Fiber fremstilles ved hjelp av en rekke kjemiske og fysiske prosesser, som f.eks. tilsetning av ulike kjemikalier, koketid, koketemperatur. Papirproduksjonprosess kan deles opp i tre hovedtrinn:

- Produksjon av papirmassen, eller cellulose
- Laging av papir
- Behandling



Figur 1. Papirproduksjonsprosess (Nordic Paper, 2013)

Produksjon av papirmassen gjøres ved å blande trefibrer med vann og kjemikalier for å oppnå tynn masse som deretter bearbeides ved hjelp av koking, rensing og tørking. For å oppnå ønskede egenskaper bearbeides papirmassen i ulike måter, som for eks. variasjon i koketid og temperatur. Dette er en naturlig måte å oppnå at matpapir får barriere egenskaper uten å tilsette skadelige stoffer.

Teoretisk tilnærming

Forsyningskjede

Styring av en forsyningskjede (Supply Chain Management) er en koordineringprosess der sluttmålet er å tilfredsstille kundenes behov. Forsyningskjede består av alle direkte og indirekte deltagere og ledd som skal møte kundenes behov (Chopra and Meindl, 2013).

Hele verdikjede til en bestemt vare eller tjeneste kan deles opp i mindre enheter for å kunne analysere egenskapene og eventuelt forbedre hele verdikjeden.

Koordinering av verdiskapningsprosess I en produksjonsbedrift kan beskrives som produksjonsstyring (Manufacturing Planning and Control (MPC)). MPC tar for seg planlegging og kontroll av produksjonsprosess (Vollmann et al., 1997). Dette innebærer materialer, maskiner, mennesker, leverandører (Vollmann et al., 1997).

Ved å dele opp forsyningskjede i mindre segmenter kan man enklere analysere bestemte prosesser og se etter forbedringspotensial.

I oppgaven og videre i caset er det satt fokus på produsent delen av hele forsyningskjede.

Produksjonsplanlegging

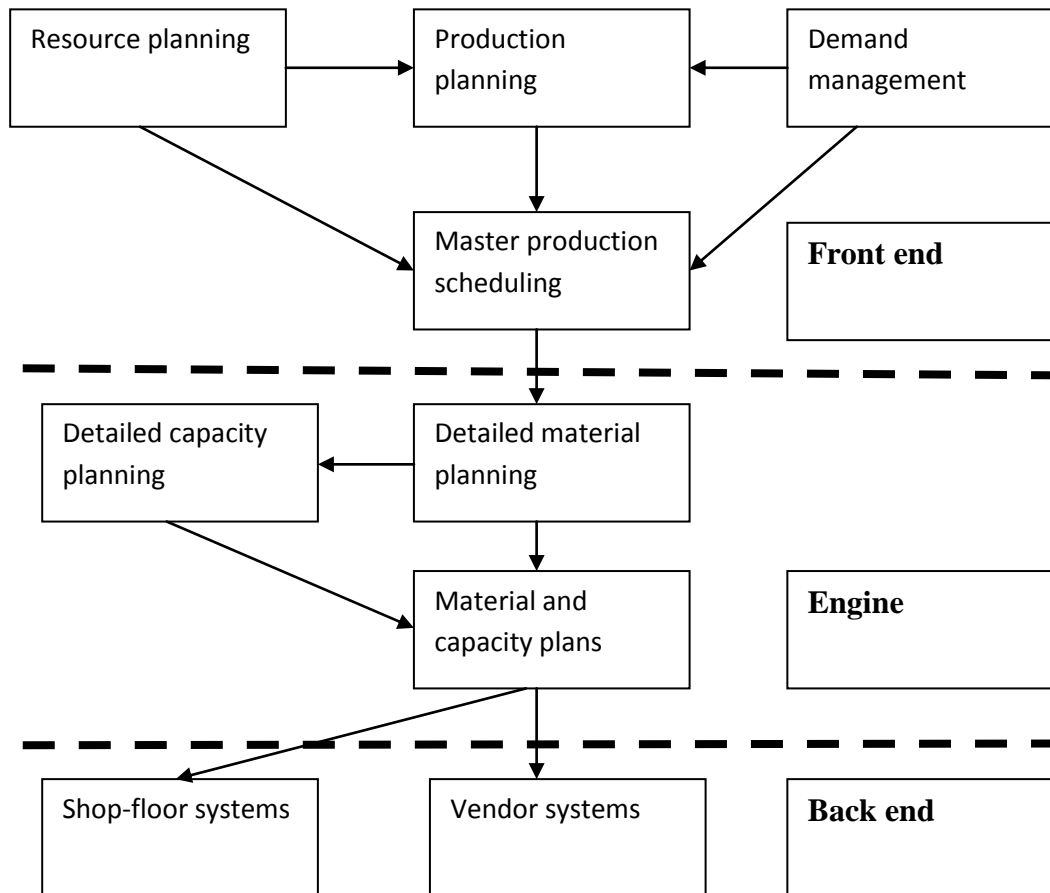
Produksjonsplanlegging og kontroll (MPC) kan deles opp i tre hoveddeler (Vollmann et al., 1997):

- Front End
- Engine
- Back End

Front End delen tar for seg produksjonsplan som en strategisk rammeverk med planlegging av nødvendige ressurser og etterspørsel. Etter analyse av viktige innsatsfaktorene (ressursene) og forutsatt etterspørsel kommer man fram til en grovplan (Master Production Schedule (MPS)).

Middel, eller Engine, gir en detaljert oversikt over planlagte aktiviteter som baserer seg på materialbruk og kapasitet.

Siste del, eller Back End, illustrerer systemer som tar for seg produksjonsprosessen og leverandørsystemer i detalj. Med andre ord er Back End delen relatert til selve utførelse av produksjonsplanene.



Figur 2. Manufacturing planning and control system. (Vollmann et al., 1997, s.5)

Planlegging og kontroll

Produksjonsplanlegging er en komplisert prosess basert på markedets behov og hva en operasjon og ressurser kan levere (Slack et al., 2010). Ved å se på tidshorisonten der planleggingsprosessen blir utført kan man skille mellom to forskjellige aktiviteter, planlegging og kontroll. De to betegnelse på planleggingsprosessen overlapper hverandre sett fra forskjellige tidsperspektiver. Jo lengre i fremtiden man ser på operasjonen, dess større rolle spilles av planlegging, og omvendt. Om man ser på operasjonen fra kort tidsperspektiv består planleggingsprosessen stort sett kun av kontrollaktiviteter.

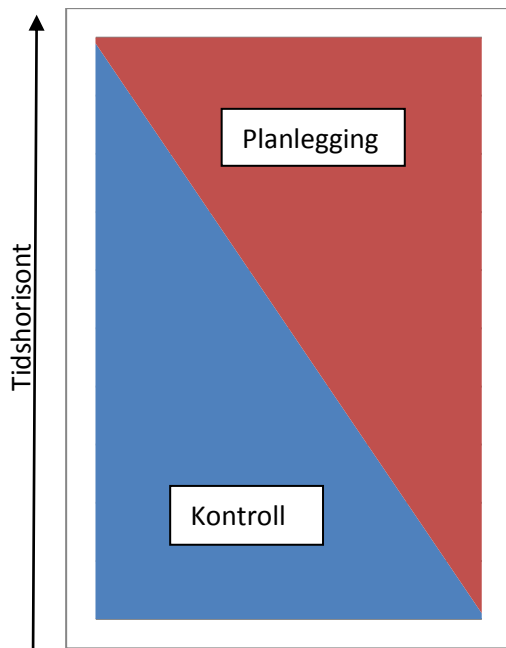
Tidsperspektiv

I litteraturen (Slack et al., 2010) skilles det tre forskjellige tidshorisonter når det gjelder planlegging:

- Long-term (langsiktig):
Måneder/år
- Medium-term (mellom lang sikt)
Dager/uker/måneder
- Short-term (kortsiktig)
- Timer/dager

Ved å se på aktivitetene fra forskjellige perspektiver møter man forskjellige utfordringer. Detaljnivå øker når man forkorter tidshorisonten og kommer nærmere produksjons dato.

Når man planlegger produksjonen lang tid i forveien kan det som regel (Slack et al., 2010) brukes aggregerte prognoser og som ofte defineres som finansielle mål. Når man beveger seg nærmere produksjonstidspunkt, sett fra et tidsperspektiv, økes nivå av kontrollaktiviteter betydelig. Man delvis disaggregerer planene og setter opp grove planer til forskjellige aktiviteter, blant annet ressursfordeling. Når man kommer enda nærmere produksjonsdato, økes kontrollaktiviteter enda mer og man ser betydelig mer på detaljer. Produksjonsplanene justeres løpende for å fordele resursene ved eventuelle avvik fra opprinnelige planer.



Figur 3. Balanse mellom planleggings og kontroll aktiviteter i forhold til tidsperspektiv. (Slack et al., 2010, s.271)

Utifra figuren ser man at jo nærmere man er produksjonsdato, dess større rolle spilles det av kontrollaktiviteter.

Aktiviteter

Planlegging og kontroll av produksjonen krever nøye samsvar mellom ulike planleggings aktiviteter. I dette kapitlet er det beskrevet ulike aktiviteter knyttet til produksjonsplanlegging og kontroll.

I litteraturen (Slack et al., 2010) skilles det fire typer aktiviteter som overlapper med hverandre:

- Loading
- Sequencing
- Scheduling
- Monitoring and controll

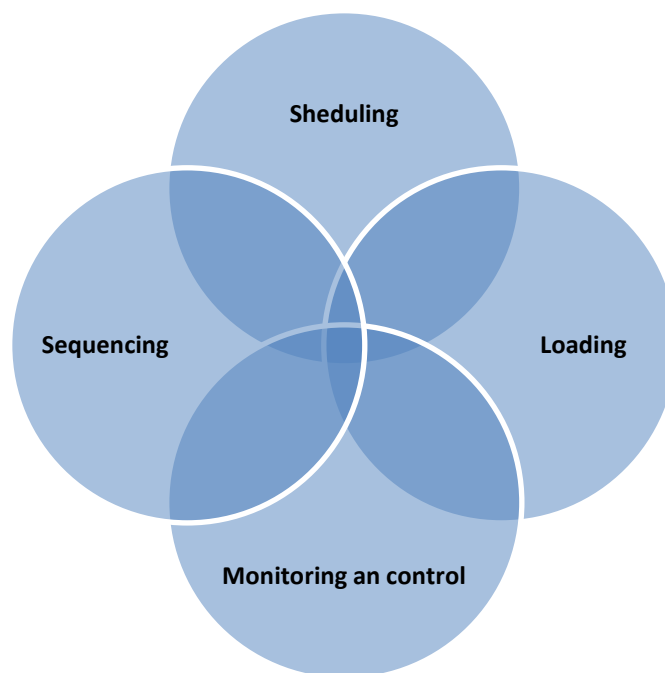
I denne oppgaven er det brukt engelske betegnelser siden det finnes flere ulike oversettelser og måter å bruke betegnelsene på. Litteraturkilden (Slack et al., 2010) systemet er hentet fra til og med presiserer at bruken av ulike betegnelser varierer fra organisasjon til organisasjon

og til og med forskjellige lærebøker bruker samme betegnelser i ulike sammensetninger: "even textbooks in the area adopt different definitions" (Slack et al., 2010, s. 277).

Derfor følger det definisjoner:

- Loading er en betegnelse som definerer hvor mye arbeid blir det allokeret til hvert arbeidssenter (eng. Work centre).(Slack et al., 2010)
- Sequencing tar for seg rekkefølge arbeidet blir utført (Slack et al., 2010)
- Scheduling definerer når ulike arbeidsoppgaver skal påbegynnes og avsluttes (Slack et al., 2010)
- Monitoring og kontroll er den siste aktiviteten i rammeverket som forsikrer at når alt arbeidet er planlagt at det faktisk skjer som planlagt. (Slack et al., 2010)

For kunne få en bedre forståelse av hvordan ulike aktiviteter er knyttet sammen følger det en grafisk illustrasjon:



Figur 4. Planleggings og kontroll aktiviteter. (Slack et al., 2010, s.278)

Fra figuren ser man aktivitetene beveger seg i en sirkel og samtidig er knyttet til hverandre. Når avslutter en fase, er det ikke lett å skille når den neste begynner. Samtidig, når man avslutter

en planleggingssyklus og den faktiske produksjonen starter, er det en del informasjon som kan bli hentet for planlegge neste syklus.

Loading

Når det skal bestemmes hvor mye av arbeid som skal fordeles til hvert arbeidssenter er det viktig å vurdere mange ulike begrensninger. Det skilles mellom to typer loading: begrenset (eng. Finite) og ubegrenset (eng. Infinite) (Slack et al., 2010). I hovedsak ligger skillet mellom de to at antall oppgaver kan begrenses eller ikke. I noen tilfeller er det ikke mulig å begrense antall arbeidsoppgaver som strømmer inn, noen ganger er det ikke nødvendig; andre ganger er det fordelaktig kostnadmessig å ikke sette begrensninger, eller omvendt der man får negative konsekvenser ved å begrense.

Loading delen av planleggingsaktiviteter tar for seg blant annet analyse av kapasitet.

Kapasitetstyring

Kapasitet beskrives som "maximum level of value-added activity over a period of time" (Slack et al., 2010, s. 299). Eller maksimalt nivå av verdiskapende aktivitet i en tidsperiode.

Om man definerer verdiskapende aktivitet i en produksjonsbedrift som antall produksjonstimer er det en del begrensninger selv om det maksimale teoretiske kapasitet er antall timer per år. Man skal ta hensyn til antall faktiske arbeidstimer som påvirkes av antall helligdager, ferier og lignende. I tillegg kommer det tiden som trengs til vedlikehold av maskiner, og eventuelle omstillinger ved endringer av produkter som blir produsert, samtidig uforutsette hendelser.

Planlegging av produksjonskapasitet påvirkes i stor grad av variasjon i etterspørsel. Det finnes ulike faktorer som påvirker etterspørsel. Det er stor variasjon mellom ulike typer produksjonsbedrifter, som make-to-stock, assemble-to-order og make-to-order (Vollmann et al., 1997). Det finnes ulike måter å styre etterspørsel og lage prognoser ut ifra forutsetninger. I denne oppgaven skal dette ikke utdypes.

Som nevnt tidligere i kapitlet er det produksjonskapasitet og etterspørsel som er noen av de viktigste faktorene som styrer kvantitetene som kommer til å bli produsert. Ut ifra estimert etterspørsel og bedriftens kapasitet lages det planer i aggregert nivå: det vil si at alle "forskjellige produkter eller tjenester blir slått sammen for å få en bred oversikt over

etterspørsel og kapasitet" (Slack et al., 2010, s. 300). Aggregerte planer hjelper å få noe enklere estimat for hvordan produksjonen kommer til å foregå. I caset videre i oppgaven er det analysert dypere.

Slack et al (Slack et al., 2010) mener at det er mange faktorer som påvirker foretakets ytelse som tas hensyn til når planleggere tar beslutninger relaterte til kapasitetstyring:

- **Kostnader.** Om det kommer for lite etterspørsel i forhold til kapasitet kan det føre til høyere enhetskostnader da faste kostnader forblir de samme. Ifølge Hoff (Hoff, 2009b) er en av de strukturelle kostnadsdrivere skala eller stordriftsfordeler: "Økt volum reduserer tilvirkningskostnader så lenge det er ledig kapasitet" og "jo lavere kapasitetsutnyttelse, desto høyere blir enhetskostnadene" (Hoff, 2009b, s. 54).
- **Inntekter.** Om det finnes ledig kapasitet kan foretaket takle økt etterspørsel uten å tape salg, samtidig profitt.
- **Kapital i arbeid.** Om organisasjonen bestemmer å produsere til lager, eller før faktisk etterspørsel kommer blir en del kapital låst.
- **Kvalitet.** For å takle økt etterspørsel i perioder kan det være nødvendig å øke kapasitet i form av midlertidige ansettelser. Ved å ha ansatte uten opparbeidede rutiner kan øke sannsynlighet for eventuelle feil og mangler.
- **Hastighet.** Leveransehastighet kan økes ved å bygge opp lager eller ha ledig kapasitet.
- **Pålitelighet.** Pålitelighet påvirkes av forhold mellom etterspørsel og kapasitet siden jo nærmere man kommer til kapasitetstak dessto vanskeligere blir det å takle uventede hendelser i produksjonsprosessen.
- **Fleksibilitet.** Om etterspørsel og kapasitet er tilnærmet like er det vanskelig å takle økt etterspørsel i perioder.

Faktorene nevnt overfor er noe som beviser at det er viktig å vurdere forholdet mellom etterspørsel og kapasitet i tidlige planleggings stadier (loading). Derfor er det viktig at faktisk planlegging samsvarer med bedriftens overordnede mål og strategier. Det kan påpekes at det er viktig med bredere perspektiv på strategi enn bare en produksjons syklus. Med dette understrekes det at det er viktig å ha en langsiktig strategi og produksjonsplanene skal samsvare med den. For å knytte strategi med temaet om kapasitets styring er det viktig at overordnede mål betyr mer enn kortsiktige planer. Om for eksempel foretakets strategi er å tilby kundene fleksibilitet som korte leveringstider er det viktig å ikke fylle opp all ledig kapasitet i tidlige stadier av planleggingsprosessen. For å beholde kundene og tilpasse

strategien som er bestemt på forhånd er det viktig å skreddersy aktivitetene i forhold til strategien.

Sequencing

For å bevege videre i planleggingsprosessen i forhold til rammeverket (Loading-Sequencing-Scheduling-Monitoring and Control) er neste skritt sekvensering (eng. Sequencing). Sekvensering betyr rekkefølge aktivitetene kommer til å bli utført (Slack et al., 2010). For å velge sekvensene produksjonen kommer til å bli utført er det viktig å ta hensyn til noen regler. Slack et al. (Slack et al., 2010) påpeker noen av de:

- Fysiske begrensninger. Det er en av de viktigste faktorene man skal ta hensyn ved planlegging av produksjon videre i caset i denne oppgaven. Materialer som blir brukt og ferdige produktene kan bli arrangert for å redusere forbruk og kast. Ved for eksempel å kjøre produktene som består av samme råvarer sammen sparer ved å kjøpe inn råvarene i større kvantum. Ved å tilpasse produktkonfigurasjon for å utnytte kapasiteten optimalt kan man redusere sløseri. Dette er tilfelle videre i caset der man deler opp ferdig produkt i mindre størrelser for å levere til kundene.
- Kundeprioritet (eng. Customer priority sequencing). Ved å kunne prioritere produksjonen i forhold til kundenes behov er fordelaktig i noen tilfeller, for eksempel der noen kunder har større betalingsvillighet eller må prioriteres for en annen grunn.
- Leveringsdato (eng. Due date sequencing, DD). Å prioritere aktiviteten i forhold til leveringsdato kan gi fleksibilitet i forhold til når aktivitetene skal utføres. På en annen side, er det ikke alltid mest effektiv måte å sekvensere produksjonen da det kan være andre faktorer må tas hensyn til og som er store kostnadsdrivere.
- Sist-inn, først-ut (eng. last-in first-out, LIFO). Denne måten å ordne aktivitetene på egner seg der det finnes kun en utgang/inngang, for eksempel lastebil. Det er fordelaktig å ikke trenge å flytte på varer om man skal ta den som ligger innerst.
- Først-inn først-ut (eng. First-in first-out, FIFO). Dette er en metode som brukes ved å betjene de kundene eller ordrene først som kommer inn først. For eksempel kø ved kassa i en matbutikk.
- Lengst produksjonstid (eng. Longest operation time, LOT). Denne metoden brukes der det prioriteres ordre som tar lengst tid å bearbeide. Fordelen med denne metoden er at

produksjons sentrene holdes opptatt og man reduserer kostnader ved flytte fra en jobb til en annen og man kan ta småjobber innimellom.

- Kortest produksjonstid (eng. Shortest operation time, SOT). Denne metoden å sekvensere oppgavene har en fordel der man ønsker å unngå bundet kapital. Ved å utføre oppgavene som tar kortest tid først og få betalt raskt unngår man å binde kapital i lang tid. Ulempen med metode er at ved å prioritere ordrene som tar kortest tid utsetter man de største oppgavene som kan bety at man skader relasjoner med store kunder.

Det finnes flere metoder/regler som man kan sekvensere produksjonen etter. Alle har egne fordeler og ulemper. Det er viktig å ta hensyn til foretakets strategi og mål, samtidig egenskapene til produkter/tjenester det produserer. Ved å ha noen overordnede mål kan foretaket tilpasse metodene det bruker for å sekvensere produksjonen etter.

Johnson's rule

Johnson's regel er et eksempel på å sekvensere produksjonen, sett at det finnes flere enn en arbeidsstasjoner. Dette er mye analysert i litteraturen og skal ikke legges stor vekt på i oppgaven enn so et eksempel. Regelen sier at det er jobben som tar minst tid som skal utføres i den første arbeidsstasjonen og deretter flyttes til stasjon nummer 2 og videre. På den måten minimerer man tiden arbeidsstasjon 2 blir stående uten arbeid. Deretter kommer operasjonen som tar nest kortest tid og så videre.

Scheduling

Scheduling beskrives som et skjema som bestemmes hvilke oppgaver skal utføres når: "a detailed timetable showing at what time or date jobs should start and when they should end" (Slack et al., 2010, s.284).

Scheduling (mest oversatt som planlegging i denne oppgaven) beslutninger skal tas etter at man hadde bestemt rekkefølge operasjonene skal foregå. Det finnes to måter å koordinere når man skal starte arbeidsoppgaver, eller operasjoner, ifølge Slack (Slack et al., 2010). De kalles backward (bakover) og forward (framover). Forskjellen mellom de to er at det er mulig å velge om man skal sette opp jobbene med en gang de kommer inn eller om skal prøve å bli

ferdig med oppgavene når fristen går ut. Det vil si med backward scheduling beregner man tiden aktiviteten skal ta og starter senest mulig. Med forward scheduling begynner man med en gang. Det finnes fordeler og ulemper med begge typer planlegging. Slack (Slack et al., 2010) beskriver noen av dem:

- Forward: Høy utnyttelse av arbeidskraft, da arbeiderne kan begynne med oppgaven med en gang det er ledig kapasitet. Fleksibilitet, da oppgavene blir ferdige før leveringstiden og man kan ta imot ikke planlagte hasteoppgaver.
- Backwards: Lavere materialkostnader da man venter med å bruke de lengst mulig. I tillegg tar bedriften på seg mindre risiko om kunden endrer bestillingen. Materialene kan brukes til andre ordre istedenfor å prøve å selge ferdig produkt som kan være veldig spesifikt tilpasset kunden.

Videre i caset er det sett på kombinasjon av de to siden produktspesifikke egenskaper gjør at man må planlegge produksjonen i forhold til produksjonskapasitet og et bestemt rekkefølge. Derfor blir noen av produktene produsert tidligst mulig og med noen ventestider så lenge som mulig. Om man ser på de to typene sammen skal man vurdere kostnadene ved å ha ferdige varer på lager fram til leveranse dato (om man bruker forward) og å kunne utnytte kapasiteten på mest optimal måte.

Monitoring and controll (Oppfølging og kontroll)

Etter å ha utarbeidet en plan etter loading, sequencing og schedulig aktiviteter, er det behov for oppfølging. Ifølge teori basert på Slack (Slack et al., 2010) er det viktig å kunne følge nøye på hvordan planene utføres i praksis og justere de om det er behov. Dette er viktig både i daværende produksjonsyklus og for å kunne forbedre planene til kommende perioder.

Slack (Slack et al., 2010) beskriver to typer kontrollaktiviteter: push og pull. I miljøene der det finnes flere operasjoner i produksjonsprosessen er operasjon som kommer etter den første beskrives som en kunde. Med andre ord, aktivitetene i produksjonen styres enten ved at produktet blir "bestilt" før produksjonen i den første stasjonen settes i gang hvis man bruker

pull strategi. Om velger å bruke push, blir produksjonen satt i gang ved første arbeidsstasjon og flyttet til den neste etter at man er ferdig.

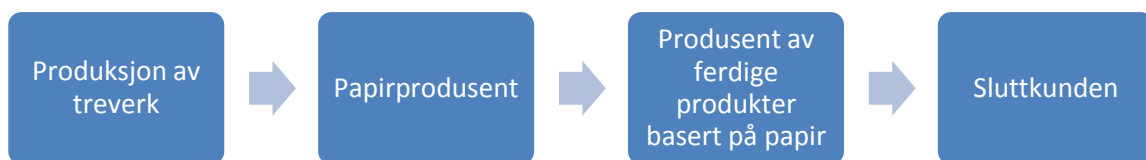
Kontrollaktiviteter er viktige for å kunne justere produksjonen om ikke alt går som planlagt. Samtidig er det viktig å kunne lære fra tidligere planleggingscykluser når man skal lage nye. Om man ser at det finnes en aktivitet eller produkt som avviker fra opprinnelige planene hver gang, kan man prøve å analysere det nærmere og ta beslutninger som skal påvirke planleggingen i fremtiden.

Caset

Oppgaven er bygget på bakgrunn av en case: papirproduksjon i en papirfabrikk, nærmere bestemt en papirmaskin.

Til å begynne med, er det tenkt å beskrive produksjonen fra et forsyningskjede perspektiv. Forsyningskjede består av alle partene involvert i å fullføre kundenes behov (Chopra and Meindl, 2013).

Forenklet forsyningskjede fra råvare til ferdig papir og til sluttkunden kan vises slikt:



Figur 5. Forsyningskjede for papir.

I denne oppgaven legges det størst vekt på papirprodusent delen av forsyningskjeden. Produsentene som bruker papir til å lage ferdige produkter blir derfor sett som kunder til papirprodusenten.

Nordic Paper

Nordic Paper AB er en konsern som etablert i 2001 av Norske Skog og Peterson Group. Organisasjonen består i dag av fire fabrikker som produserer papir. Det lages i dag to hovedtyper papir: kraftpapir og bakepapir eller matpapir (eng. greaseproof paper). Denne oppgaven tar for seg avdeling for bakepapir. Produksjonen av bakepapir er fordelt på fire papirmaskiner (videre i oppgaven er det ofte brukt betegnelsen PM) som er stasjonerte i to fabrikker. En av de er i Sverige, en i Norge. Fokus i denne oppgaven er satt på en papirmaskin: PM1 i Norge.

Konkurransfordel

Ønsket leveringstid ut til kundene er så kort som mulig, ifølge markedsavdelingen. Økt responstid gir fleksibilitet til kundene som igjen kan føre til mer salg. Det finnes i tillegg andre måter å sikre kundene og salg. Nordic Paper sin konkurranse fordel er differensiering. Produktet deres er unikt siden det ikke brukes fluorkjemiske stoffer i produksjonen. Selv om det gjør produksjonen mer kostbar betyr det at produktet blir mindre helsefarlig og mer miljøvennlig. Det er en fordel i matindustrien der det blir mer og mer bevisst på å ikke bruke skadelige stoffer. Ved å velge å være en leverandør med et unikt produkt sikrer NP seg kjøpere ved hjelp av høyere forhandlingsmakt mot kundene. Differensiering er en type konkurransestrategi, ifølge Grant (Grant, 2010), som fokuserer på å oppnå en konkurransefordel ved å tilby kundene noe som gir høyere verdi enn kun lav pris.

Råvarer

Hovedråvare i papirproduksjonen er treverk. Treverk bearbeides til cellulose (papirmasse) og ankommer fabrikken klart til papirproduksjonen. Andre råvarer som trengs er kjemikalier og andre tilsetningsstoffer. Fabrikken har tilnærmet ubegrenset (i forhold til produksjonskapasitet) lagringsplass til råvarer. Derfor skal det ikke legges fokus på råvare produksjon og lagring i denne oppgaven. Faktorene som påvirker hvor mye råvarer man skal ha tilgjengelig er kapitalbinding og hvor lenge råvarene holder seg i tilstanden der de kan brukes i produksjonen. Kapitalbinding forårsaket av råvarelager skal ikke analyseres videre i oppgaven. Når det gjelder utløpsdato tas det som forutsetning at produktene ikke blir foreldet i den tiden før de skal brukes opp.

Produkter

Nordic paper er i dag fordelt på to hovedavdelinger basert på type produkter det produseres. En avdeling er til kraftpapir som er i hovedsak emballasje (se delen om papirproduksjon). Andre avdelingen er greaseproof, som på norsk blir kalt matpapir (snl.no). Som nevnt tidligere i oppgaven, har greaseproof papir andre bruksområder enn kun til mat.

I denne oppgaven fokuseres det på produksjon av greaseproof papir. Det som har størst innvirkning i hvordan produksjonen skal planlegges er egenskapene til enkelte produkter. De viktigste faktorene som påvirker rekkefølge (sekvensering og scheduling) er disse:

- Størrelse på papirrullen. Bredden på rullene papirmaskinen lager er en fast størrelse. Etter at rullen er laget ferdig kuttes den opp i mindre bredder. Ulike bredder av samme produkt kan kjøres i papirmaskinen sammen og det er fordelaktig å få satt sammen breddene som kan kuttes opp uten å ha noen ekstra bredde på opprinnelig papirrull. Om det for eksempel blir noe på siden som er smalere enn det man kan selge blir man nødt til å kaste (eller bruke om igjen men dette skal ikke utdypes i oppgaven siden det allikevel fører til ekstra kostnader).
- Tykkelse på papir. Ulike produkter har ulike tykkelser, eller vekten per kvadratmeter. På grunn av produksjonsteknologi er det best å kunne begynne produksjonen med tynneste kvaliteter og deretter gå opp. Om man ønsker å redusere tykkelse midt i produksjonsprosessen er man nødt til å stoppe produksjonen for å kunne begynne på nytt. I tillegg kommer noe produkter som er mellom to kvaliteter og ikke kan selges.
- Tilsetningsstoffer. I papirproduksjonen brukes det ulike tilsetningsstoffer som bidrar til å oppnå ønskede produktegenskaper. Dette kan for eksempel være fargestoffer eller coating (bestrøket papir, kilde snl). Etter at det er tilsatt noen stoffer kan man ikke komme tilbake til opprinnelig kvalitet (uten tilsatte stoffer) og det kommer produksjonsstopp for å rense maskinen. I noen tilfeller kan det være mulig å bruke kvalitetene som kommer innimellom hovedkvaliteter ved å for eksempel selge de billig.

Kapasitet

Ved analyse av caset forutsettes det at papirmaskinen som er aktuell i denne oppgaven har ledig kapasitet til den mengden av ordre som kommer inn. Derfor skal det ikke foretas noen analyser av mengder ordre som kan tas.

I praksis er det mulighet å justere kapasitetendringer (uforutsette hendelser og lignende) ved å flytte noen produkter til andre papirmaskiner, både i samme fabrikk og andre. Noen maskiner blir prioriterte til bestemte produkter men ved behov kan andre brukes til noen av produktene. Videre om dette i delen om sekvensering av produksjonen.

Ordrene

Salg og mottak av ordre utføres i dag ved markedsavdeling. Nordic paper er i dag rettet mot bedriftsmarkedet. De produserer papirruller som sendes til kundene som lager andre produkter rettet mot sluttkundene. I tillegg produseres det kun etter at det er kommet en ordre. Dette betegnes i litteraturen som make-to-order (Vollmann et al., 1997) miljø. Vollmann (Vollmann et al., 1997) mener at i disse miljøene er det viktig at planleggere har oversikt over ordrene gjennom hele produksjonstiden. Dette er spesielt aktuelt i produksjonsbedriftene der produktene er komplekse og må gjennom flere trinn i produksjonsprosessen. Det er samtidig vesentlig å kunne ha oversikt over utviklingsfunksjoner og tiden det tar. I case tilfellet i denne oppgaven er produktet relativt ukomplisert med tanke på at det ikke kreves noe utvikling eller design for hvert enkelt produkt. Det vil si at produktene er standartiserte og man trenger ikke til å skreddersy hvert enkelt produkt etter kundenes ønsker. Denne måten å produsere ligner også på assemble-to-order (Vollmann et al., 1997) produksjon der ifølge vollmann (Vollmann et al., 1997) er det viktig å kunne gi kundene forutsigbare og nøyaktige leveringstidene.

Konseptet der det produseres etter at det er kommet en ordre (pull strategi) gir flere fordeler:

- Ikke behov for sikkerhetslager. Sikkerhetslager (eng. Safety inventory) holdes for å takle usikkerhet i etterspørsel, det vil si om etterspørsel i perioder blir høyere enn forventninger (Chopra and Meindl, 2013). Vet å ikke trenge sikkerhetslager sparer man kostnader knyttet til det.

I NP (Nordic Paper) sitt tilfelle er det mulig å ha en sikkerhetslager om man velger å kunne gi kundene kortere leveringstider. Problemene knyttet til dette er at det finnes

mange ulike produkter (bare PM1 produserer over 50 ulike varianter) som fører til at sikkerhetslager kan bli veldig stort, som igjen betyr ekstra kostnader. I tillegg er produktene relativt skjøre som fører til økte krav til lagring og håndtering. Derfor ønskes det å unngå produktene som ligger på lager.

- Mindre kompliserte prognoser. Prognosearbeid utgjør grunnlaget for all forsyningskjede planlegging (Chopra and Meindl, 2013). Ifølge Chopra og Meindl (Chopra and Meindl, 2013) når det gjelder pull strategiene (produsere etter at ordrene hadde kommet) er det ikke behov for å planlegge nøyaktige antall produkter som kommer til å bli produsert, men størst vekt stettes på kapasitet og inventar. Her henvises det til kapitlene om kapasitet og råvarer der disse faktorene er nærmere beskrevet. Ved kunne redusere mengde prognosearbeid sparer man ressurser som ansatte, dataprogrammer og lignende. I tillegg er det gunstig å kunne lage mindre avanserte prognoser da de "will more than likely be wrong" (Hillier and Hillier, 2011, s.380). Eller som det hevdes i samme bok (Hillier and Hillier, 2011), ingen kan forutsi framtiden nøyaktig.

Ifølge Chopra og Meindl (Chopra and Meindl, 2013) er det mulig å gjøre prognosene mest nøyaktig om alle ledd i forsyningskjede samarbeider, ikke minst samarbeid mellom avdelinger intern i organisasjonen. Ifølge Kotler (Kotler et al., 2005, s.176), "I de senere år har forholdet mellom kunder og leverandører endret seg fra å være nærmest fiendtlig til å bli nært og samordnet". Påstanden støttes av Vollmann (Vollmann et al., 1997) som hevder at i noen situasjoner er relasjoner som blir bygd mellom leverandører og kunder for å kunne forbedre konkurranse dyktighet av hele forsyningskjede, ikke bare hvert selskap for seg. Tilbake til caset og prognosearbeid, om man ikke har mulighet å koordinere fremtidige salg med kundene i stor grad er det fordelaktig å ikke trenge å forutsi nøyaktig behov for hvert produkt.

Produksjon

Papirmaskinen PM1 produserer papirruller av type greaseproof på en bestemt bredde på 2,80 meter og varierende tykkelse på 32-85 g/m². Dette gir muligheter for flere forskjellige produkter basert på bredde og tykkelsesparametere. I tillegg kommer ulike typer tilsetningsstoffer som gir produktene forskjellige egenskaper. Som nevnt i delen om produkter utgjør de spesifikasjonene en betydelig faktor om hvilken rekkefølge produktene skal produseres etter.

En betydelig element av produksjonen er i tillegg at maskinen må vedlikeholdes. Dette betyr både reparasjoner og rens. PM1 behøver produksjonsstans:

- 8 til 10 timer hver 4 uke
- 3 timer en gang per uke

For å gjennomføre rutinevedlikehold etter dette skjema er det gunstig å kunne tilpasse produksjonsplanene etter disse forholdene. Hovedelement i disse prosessene blir at om man legger til noen tilsetningsstoffer til papirmassen er det fordelaktig å begynne med produksjon av papiret som ikke trenger noen av de stoffene som setter spor i maskinen etter en rutinevask. Når det gjelder PM1, er det silikon som i praksis krever behov til rens etter at man produsert produktene med silikonbelegg.

I bedriften Nordic Paper kalles dette for en produksjons tog. Om man skal tolke begrepet betyr det at produksjonen går i bestemte sykluser der noen produkter produseres før andre. I dag er det erfaringsmessig bestemt at "toget" går hver 6 uker. Det betyr at om man har begynt med en kvalitet kan man ikke komme tilbake til den forrige før etter 6 uker er gått.

Fabrikken opererer uten stopp i helgene, men det finnes noen helligdager og ferier der produksjonen stoppes. Da må maskinen få en vask selv om det ikke passer med den mest effektive produksjonsplanen.

Produksjonsplanlegging

Produksjonsplanlegging i bedriften gjøres av planleggere som igjen for informasjon av kundebehandlere. Arbeidet gjøres kontinuerlig der hver ny ordre legges inn og tilpasses den grove produksjonsplanen (master production schedule, MPS, som det kalles videre i oppgaven). Dette betyr at om kunden bestiller et produkt som man har ledig kapasitet i nåværende syklus kan produktet leveres tidligere enn om man måtte vente at samme produktet skal produseres igjen etter cirka 6 uker.

Dette er en av de største utfordringene for å lage en generell modell for produksjonsplan da produktene er veldig forskjellige. I tillegg kommer det helligdager og ferier der produksjonen stoppes helt. Da kan det være gunstig å kunne begynne med det produktet som vanligvis kommer først i produksjons toget.

Kostnader

Kostnader er ifølge Hoff (Hoff, 2009a, s.86) "forbruk av produksjonsfaktorer vurdert i penger". Kostnadene grupperes ifølge Hoff:

- Arbeidskraft
- Naturressurser (råvare, halvfabrikata, tomter)
- Produserte produksjonsmidler (renter, kapitalkostnader, kontorrekvisita, tjenester som regnskapsbyrå og lignende)

Direkte produksjonskostnader (naturressurser) knyttet til PM1 ikke inkludert arbeidskraft er:

- Papirmasse
- Energi
- Kjemikalier
- Rulleembalasje

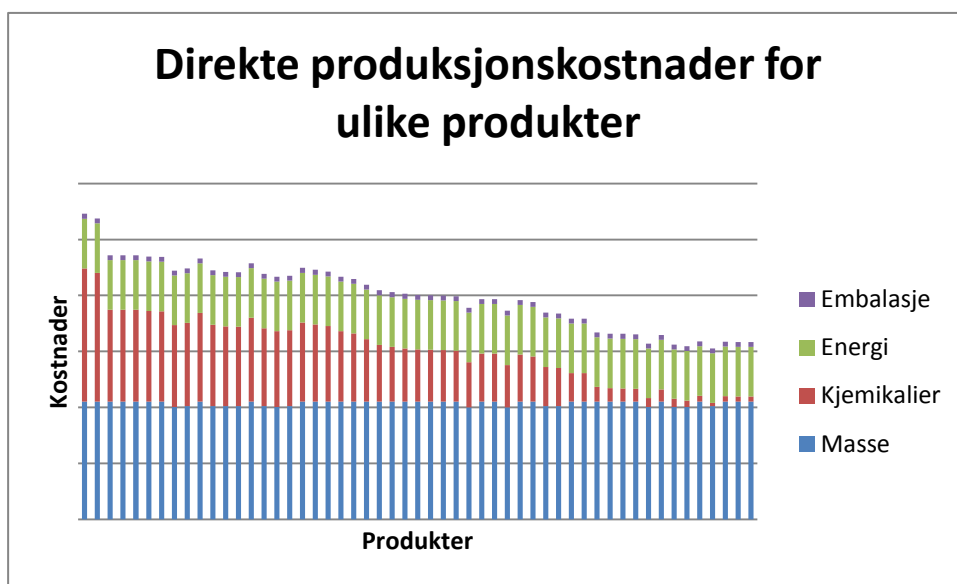
Ulike produkter har ulike sammensetninger av nevnte kostnader i prosentandel:

- Papirmassen utgjør fra 39% til 66% av disse kostnadene.
- Energi 16% - 28%

- Kjemikalier 3% - 44%
- Rulleembalasje 2% - 3%

PM1 har mulighet til å tilvirke 53 ulike produkter. Direkte produksjonskostnader (papirmassen, energi, kjemikalier og rulleembalasje) varierer fra fra 6,332 kr/tonn til 10,919 kr/tonn. Energiforbruk er per i dag delt opp likt på alle produkter per tonn og utgjør som nevnt tidligere ulike prosentandel av kostnadsbilde.

Tilsetningsstoffer (kjemikalier) er den delen som varierer mest. Det finnes en positiv korrelasjon mellom totale kostnader og kost på kjemikalier. Det vil si at det en stor del av kostnadsforskjellene som er basert på teknologi i produksjonen og som ikke kan påvirkes av produksjonsplanlegging, som er tema i denne oppgaven.



Figur 6. Direkte produksjonskostnader for ulike produkter.

Det er beregnet at ved en fridag som for eksempel 17.mai blir det tapt produksjon på 60 tonn (forutsetningen er at produksjonen stoppes ved en slik fridag på 1,7 døgn). En stor vedlikeholdsstopp tilsvarer ca 20 tonn av tapt produksjon.

Utfordringen er å sette en pris på en tonn av tapt produksjon. I utgangspunktet tilsvarer kostnadene ved å ikke produsere en tapt fortjeneste. I Nordic Paper sitt tilfelle er det vanskelig å fastsette fortjeneste på hvert enkelt produktsiden prisene ut kundene varierer fra kundeforhold til kundeforhold. Dette kalles for differensierte priser (Kotler et al., 2005).

I tillegg er det ulike fortjenestemarginer på ulike produkter. Siden det finnes mange ulike produkter vet man ikke men sikkerhet om hvilke produkter det kommer ordrene på. Derfor ser man nå på aggregerte tall på hele fabrikken.

I tillegg er det en utfordring ved å fordele indirekte kostnadene som personal og lignende siden det finnes to papirmaskiner i fabrikken. PM4 produserer nesten dobbelt så mye som PM1, mens personalet som betjener maskinene er det samme. Indirekte kostnadene blir tildelt en hel fabrikk, ikke en maskin.

Disse analysene skal det ikke legges fokus på i denne oppgaven siden tema handler om produksjonsplanlegging, ikke økonomisk analyse, selv de to er tett knyttet sammen. Det er viktig å sette begrensninger for å ikke avvike fra det opprinnelige tema. Dette er en av mulighetene for videre arbeid med caset. (videre om dette i delen av avgrensninger og videre arbeid)

I denne oppgaven er det forsøkt å lage modellene som er så enkle som mulig siden en modell er "bevisst forenkling av virkeligheten hvor en søker å bevare de sentrale forhold for det problem som en vil analysere" (Vale, 2010, s.17) eller "simplified description that captures the essential elements of a situation" (McDowell, 2009, s.8). Derfor er det valgt å ikke utarbeide noen avanserte kalkyler til hvert produkt men å ta utgangspunkt i eksisterende data og lage forenklete modeller.

I tilfelle der man skal sette pris på produksjonsstopp er det på grunn av sistnevnte årsaker valgt å ikke sette et nøyaktig beløp. Isteden er det valgt å se på timene der det ikke blir tilvirket noen produkter som uunngåelige og fokus er satt på å minske antall timer med produksjonsstans.

Modellering

I oppgaven hittil er det blitt identifisert noen av de viktigste kostnadsdrivere. En del av de lar seg ikke påvirke av hvordan man planlegger produksjonen, for eksempel direkte tilvirkningskostnader som råvareforbruk. Disse kostnadene er sett som eksogene variable. Eksogene variable er "verdier som modellen ikke skal forklare" (Vale, 2010, s.18).

Analysene av produksjonsprosessen tyder at produksjonen i papirfabrikken skal planlegges basert på produktegenskapene. Produktegenskaper er en av kriteriene som påvirker sekvensering av produksjonen ifølge Vollmann (Vollmann et al., 1997). Egenskapene som er aktuelle i produksjonsplanlegging av greaseproof papir er tykkelse på papiret og tilleggstoffene. Ved å ikke trenge å komme tilbake til tynnere kvaliteter før produksjonsyklus er over er det mulig å spare svinn i form av rensingstid og kast av papir som er mellom to ulike kvaliteter.

Ved å se på problemstilling fra et teoretisk perspektiv er det mulig å formulere en matematisk modell som avbilder ønsket produksjonsplan. Her er det viktig å definere så mange faktorer som mulig som påvirker effektivitet av produksjonsplanen.

I modellen ønskes det å minimere ganger der det trengs å omstille fra en kvalitet til en annen eller få maksimert effektiv produksjonstid i form av antall tonn papir som blir tilvirket.

Total antall driftsdøgn per år: 325, som tilsvarer 7800 timer.

Beslutnings variablene og skrankene:

- Bredder på papirrullen. Sum bredder skal ikke være mer enn 2,80meter, helst lik 2,80m. Forskjellen mellom summen av breddene og 2,80m skal være minst mulig.
- Tykkelse. I økende rekkefølge.
- Kvaliteter. Samme type papir skal lages i samme produksjonsyklus for å minimere omstillingskostnadene.
- Det er nødvendig med produksjonsstans hver 4 uke som helst skal komme mellom to ulike hovedkvaliteter. Mindre vedlikeholdsstans kreves hver 7 dag.
- Det forekommer hellige dager og ferier der produksjonen stanses helt. De varierer fra år til år.

Om man tar hensyn til disse parametere blir det fort mange mulige produktkombinasjoner og modellene blir fort veldig kompliserte. I tillegg må de justeres til fra periode til periode på grunn flyttbare helligdager. Mer, finnes det mange ulike produkter og det er vanskelig å forutsi hvilke variasjoner som kommer til å bli bestilt. Ved en bestilling ønsker kunden en rull som er en meter bred mens en annen gang trenger de noe annet. På den måten blir det veldig mange mulige kombinasjoner som varierer fra periode til periode.

Derfor er det i denne oppgaven valgt å se på planleggingsprosessen ut ifra Master production scheduling perspektiv basert på Vollmann (Vollmann et al., 1997) og rammeverket Loading-sequencing-scheduling-controll (Slack et al., 2010).

Master production scheduling

Ved bruk av MPS som planleggingsverktøy virkelige ordre over tid tar over prognosene og planene og oppdateres fortløpende (Vollmann et al., 1997). Til å begynne med det første nivået i prosessen, i papirfabrikken er det gunstig å fordele året i ukene og videre dagene og lage en plan over nødvendige produksjonsstans. Dette skal innebære feriedager og planlagte vedlikeholds stanser. Optimal antall uker for å gå over fra en hovedkvalitet til en annen blir hver fjerde uke, siden maskinen skal gå over betydelig vedlikehold uansett. Siden maskinen må stanses en gang i uken i tillegg, er det mulig å forkorte periodene. Men siden ukentlig stans ikke behøver å være lang er det ikke gitt at man burde bytte mellom kvalitetene da. Men dette kan være mulighet for å gå ned i tykkelse på papiret uten å måtte stoppe en ekstra gang.

Etter å ha delt året i ulike intervallene som varierer fra år til år, kan man se på etterspørselsprognoser. Det er mulig å skille mellom to hovedgrupper av kvaliteter som tilvirkes med PM1: barriere og silikonisert. Produksjonen må stilles om betydelig mellom de to hovedkvalitetene. Ved å kunne lage prognosene for kun to typer produkter gjør prognosearbeid mindre komplisert (se delen om etterspørsel tidligere i case analysen). Om etterspørsel kan tilpasses MPS delt i ulike ukene får man den mest optimale produksjonsplanen.

Det beste er å kunne fordele to hovedkvaliteter slikt at den ene lages i fire uker, så bytter man til den andre. Om det ikke er mulig, er det gunstig å kunne fordele intervallene slik at man får skifte mellom kvaliteter i periode der det trengs en kort ukentlig vedlikeholdsstans. En faktor

til som kan gi både negative og positive konsekvenser, er helligdager. Selv om fabrikkene ikke stenges på søndager, er det noen dager som den må stoppes. Eksemplene er Påskeferie, 1.mai, 17.mai og lignende. I noen perioder kommer mange av slike dager, andre perioder er operasjoner i drift døgnet rundt over lang tid. Ved å lage MPS tabell der man fordeler året i perioder mellom nødvendige stans får man oversikt over når man burde bytte mellom kvalitetene. Eksempel på tabell for april-mai måneder året 2015:

		Mulig vedlikehold				
Uke nr.	14		15	16	17	18
Driftsdøgn	0 (påske)		6	7	7	6(1.mai)
Prognose			Silikon tynn	Tykkere	Tykkere	Tykkere
Ordrene						
Ledig						
ATP						
MPS						
On hand (kapasitet)						

	Mulig vedlikehold				Mulig vedlikehold/bytte kvalitet	
Uke nr.		19	20	21		22
Driftsdøgn		7	6(17.mai)	6(pinse)		6(pinse)
Prognose		Barriere tynn	Tykkere	Tykkere		
Ordrene						
Ledig						
ATP						
MPS						
On hand (kapasitet)						

Figur 7. Eksempel på MPS tabell. Basert på (Vollmann et al., 1997)

Ut ifra tabellen ser man at det finnes flere perioder der produksjonen ikke kan foregå og derfor er det mulig å bytte mellom kvalitetene litt oftere. Dette fører til økt fleksibilitet i forhold til kundene og leveransetider. Samtidig kreves det økt koordinering av prosessene om man velger å kunne bytte mellom kvaliteter oftere enn vanlig. Dette er nivå to i planleggingsprosessen, der man erstatter prognosene med faktisk etterspørsel, i vårt tilfelle ordrene. Om man klarer å koordinere ordrene på en slik måte at det stemmer med prognosene, kapasitet og først planlagt MPS, kan man få en effektiv produksjonsplan.

Ved papirproduksjon ved PM1 er det viktig å kunne kombinere MPS eller grovplan med sekvensen produksjonen skal foregå. Det finnes en stor utfordring om man skal lage planer og prognoser til hvert enkelt produkt. Derfor er det fordelaktig å kunne fordele periodene etter hvordan produktene skal sekvenseres basert på hovedgrupper, eller hovedkvaliteter.

Tilbake til MPS tabellen, i praksis kan man anbefale at bedriften deler opp ukene i dagene også når det skal lages en detaljert plan siden det finnes mange ulike produkter som i tillegg skal tilpasses i forhold til bredden på rullene.

Et slikt MPS tabell når det er fylt ut med prognoser og mulig kapasitet skal oppdateres fortløpende når ordrene kommer inn. Ved kontakt med kundene er det viktig å kunne følge på det som Vollmann kaller Order Promising (når det er mulig å levere) (kilde, s214). Ved å se på MPS tabellen, rad ATP, kan man legge inn ordre om det finnes ledig kapasitet og avtale med kunden at det er da varene kan leveres. ATP (available-to-promise) delen av tabellen kalkuleres ved å se på mulig kapasitet i vårt tilfelle, (eller i noen tilfeller råvarer og halvfabrikata) minus det som er allerede tatt opp av ordrene.

Siden kapasiteten i fabrikken beregnes på produksjonstimer og produksjonen skal helst foregå kontinuerlig er det gunstig å kunne fylle delen om On Hand kapasitet daglig. En annen mulighet er å fylle kapasitetsbegrensninger i perioder for hver hovedkvalitet. Dette påvirkes i stor grad av at periodene med produksjonen skal deles opp i sykluser basert på produkttegenskapene, ikke perioder som måned eller lignende. I litteraturen (Vollmann et al., 1997) finnes det eksempler der MPS og On Hand kapasitet er delt opp i perioder med ulik størrelse også.

Ferdigvarelager

Når kundene bestiller varer, ønsker de en bestemt leveringsdato. Ut ifra integrert logistikk perspektiv der man ser på verdikjede til en bestemt produkt som helhet, er målet å maksimere verdiskapning i hele verdikjede. Om man ser på lageret som NP må holde etter at varene er produserte men kunden ikke har mulighet til å ta imot varene med en gang og lageret kundene må ha etter at de mottok varene, handler det om å finne ut hvem har laveste kostnader ved lagerhold.

NP fabrikken har en lager som er begrenset i størrelse. Muligheten finnes å leie en ekstern lager. Dette er kostbart på grunn av flere årsaker. For det første, kommer kostnader ved å leie

en lager. Andre, trengs det transport til et eksternt lager. Mer, hver flytting av varer fører til eventuelle ødeleggelser av varene siden papiret er et produkt som er ganske skjørt. Basert på sistnevnte grunner, ønskes det å unngå ferdigvarelager som er større enn det som finnes i fabrikklokaler.

En måte å styre dette er fra markedsførings perspektiv. "Ideen er ikke å håndtere varelagre, men varestrømmer,...", mener Kotler (Kotler et al., 2005, s.44). Med dette kan man komme tilbake til at relasjoner til kundene er et viktig faktor ved planlegging av lagerstørrelse. Om man klarer å koordinere leveransetider som er gunstige til både produsenten og kundene, kan man minimere lagerkostnadene. Ved å kunne tilby kundene muligheten til å være med på å bestemme leveransedato i forhold til kostnadene kan man få større utnyttelse av hele leveransekjede. Eksempel på dette som er relatert til caset kan være at man sier ifra til kundene at det er mulig å få levert varene om en uke eller om 6 uker (henvises til MPS kapitlet). Om kunden må ha varene om 5 uker er man nødt til å produsere i førstkommende syklus og lagre ferdige produktene. Dette kan være et tema til videre arbeid med caset: å se på prissettingstrategier og om det er mulig å få fleksibel prising i forhold til leveransedato. Ved å kunne utvikle tett samarbeid med kundene kan man analysere hvem som har laveste kostnader ved å lagre produktene. Ved å kunne fordele ferdigvarelager på en mest effektiv måte maksimerer man verdiskapning i hele verdikjede.

Konklusjon

I denne oppgaven er det analysert produksjonsplanlegging i en papirfabrikk. Ved å analysere litteraturkilder og i arbeid med caset er det forsket på ulike faktorer som påvirker produksjonen av papiret og planlegging av den. Ved å se på planleggings og kontroll aktiviteter trinn for trinn fra et teoretisk perspektiv er forsøkt å definere de viktigste faktorene som har innvirkning i hvordan produksjonen skal planlegges. Som antatt ved formulering av problemstilling, noe av det viktigste som bestemmer hvordan produksjonen i en papirfabrikk skal foregå er produkttegenskapene og produksjonsteknologi. Det er blitt sett på ulike kostnadsdrivere som kan påvirke sekvensen av produksjonen. Mange av de som direkte produksjonskostnader ikke lar seg endres uansett i hvilken rekkefølge produksjonen skal foregå. Noen av kostnadene er det vanskelig å identifisere og knytte direkte til produksjonen. Slike typer kostnader ser det valgt å ikke legge vekt på i denne oppgaven. Kostnadene som er direkte knyttet til planlegging av produksjon er gangene papirmaskinen må stoppes for å bytte fra kvalitet til kvalitet og hvor mye av ferdigprodukt som må kastes på grunn av disse omstillingene og dårlig tilpassede bredder på papirrullene.

Basert på funnene, er det faktisk produkttegenskapene i form av ulike kvaliteter og bredder som har størst innvirkning i hvordan produksjonen skal planlegges. Derfor anses det i denne oppgaven at hovedhypotesen er bekreftet.

Avgrensninger og muligheter for videre arbeid

I denne oppgaven er det blitt satt fokus på selve produksjonsprosessen og planlegging av den.

En mulig faktor til som ikke blitt analysert så mye er ferdigvarelager. Det er mulig for bedriften NP å ha en et større ferdigvarelager om de velger å investere i å bygge ett, eller leie et eksternt lager. Om man velger å ha større ferdigvarelager kan ha en innvirkning i hvordan produksjonen skal planlegges. Det finnes to mulige alternativer når det gjelder å finne strategi om man ønsker å øke lagerstørrelse:

- Å produsere varer som ikke enda er bestilt. Ved å øke kvantitet av en type produkt som produseres på en gang uten å bytte til en annen kvalitet kan man spare på omstillingskostnadene. Per dags dato finnes mange mulige produkter som kan bestilles og kundene bestiller mange ulike variasjoner. Derfor er det vanskelig å ikke bytte mellom kvaliteter ofte siden kundene skal få varene sine i tiden. På grunn av produksjonsteknologi har man allerede ventetid (om kundene bestiller rett etter at produktet er gått gjennom "produksjons toget" må de vente til syklusen starter på nytt). Samtidig finnes det veldig mange ulike produkter som gjør at lageret må være stort. Det å endre strategi og produsere varer til lageret (make-to-stock) og selge rett derfra kan føre til fordeler som reduserte omstillingskostnader og leveringstid. Samtidig finnes det ulemper som betydelige investeringer i lagerhold, kapitalbinding, økte krav til prognose pålitelighet og mer. Derfor kan det være interessant å analysere dette temaet fra investerings og kostnads perspektiv.
- Å forhandle med kundene om mer fleksible leveringstider. Om man klarte å kunne ta mer betalt i en eller annen form om varene skal stå på lageret siden kundene ikke kan ta de imot med en gang de blir produsert, kan det føre til at lagerkostnadene reduseres betydelig. I tillegg ved å ha varene der det koster minst fører til økt overskudd i hele forsyningskjede. Som nevnt tidligere i oppgaven, er det en problemstilling som kan ses på fra markedsførings perspektiv.

I oppgaven er det ikke satt stort fokus på å utarbeide detaljerte kostnadskalkyler. Dette er en mulighet for videre arbeid: å kunne utarbeide avanserte kalkyler og regnskapsanalyser for å finne ut om det finnes forbedringspotensial. I oppgaven her er det tatt som forutsetning at det ønskes å minimere tiden og gangene der maskinen må stoppes. Ved å kunne finne faktiske

kostnader knyttet til det kan man eventuelt se på om det kan være mulig å forandre dette synspunktet.

Referanser

- CHOPRA, S. & MEINDL, P. 2013. *Supply chain management: strategy, planning, and operation*, Boston, Pearson.
- GRANT, R. M. 2010. *Contemporary strategy analysis*, Chichester, Wiley.
- HILLIER, F. S. & HILLIER, M. S. 2011. *Introduction to management science: a modeling and case studies approach with spreadsheets*, Boston, McGraw-Hill.
- HOFF, K. G. 2009a. *Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse*, Oslo, Universitetsforl.
- HOFF, K. G. 2009b. *Strategisk økonomistyring*, Oslo, Universitetsforl.
- JOHANNESSEN, A., CHRISTOFFERSEN, L. & TUFTE, P. A. 2011. *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*, Oslo, Abstrakt forl.
- KJELLGREN, H. 2007. *Influence of paper properties and polymer coatings on barrier properties of greaseproof paper*. Dissertation, Karlstad University.
- KOTLER, P., FREDRIKSEN, J. I. & BIELENBERG, T.-J. 2005. *Markedsføringsledelse*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- MCDOWELL, M. 2009. *Principles of economics*, London, McGraw-Hill.
- SILVERMAN, D. 2011. *Interpreting qualitative data: a guide to the principles of qualitative research*, Los Angeles, SAGE.
- SLACK, N., CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. 2010. *Operations management*, Harlow, Financial Times/Prentice Hall.
- VALE, P. H. 2010. *Makroøkonomi: har vi kontroll med utviklingen?*, Oslo, Abstrakt forl.
- VOLLMANN, T. E., BERRY, W. L. & WHYBARK, D. C. 1997. *Manufacturing planning and control systems*, New York, McGraw-Hill.
- Papir. (2009, 14.Februar). I store norske leksikon. Hentet 29. April 2015 fra <https://snl.no/papir>
- Nordic Paper AS. Diverse materiale.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no