

Utredning i fordypnings-/spesialfagsområdet: Økonomisk styring
Veiledere: Førsteamanuensis Endre Bjørndal og professor Mette Bjørndal

Avviksanalyse og prestasjonsmåling ved StatoilHydro, Mongstad
av
Reidar Haver



Denne utredningen er gjennomført som et ledd i masterstudiet i økonomi og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at høyskolen inntår for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket i arbeidet.

FORORD

Denne rapporten er utført på oppdrag av Samfunns og Næringslivsforskning AS. Rapporten utgjør resultatet av det selvstendige arbeidet utført på masterstudiet ved Norges Handelshøgskole. Oppgaven er skrevet i tilknytning til masterprofilen *Økonomisk Styring* og utgjør 30 studiepoeng.

En forskergruppe ved NHH har de siste årene gjennomført en rekke prosjekter rettet mot raffinerivirksomheten på Mongstad. Forskningen skjer i regi av Samfunns og Næringslivsforskning AS og utføres i samarbeid med StatoilHydro. I tillegg til NHH er det også opprettet samarbeid med forskermiljøer ved NTNU og UIB. Denne rapporten er en del av prosjektet som omfatter avviksanalyse og prestasjonsmåling av Mongstad raffineri.

Utgangspunktet for arbeidet er avviksanalysen som utføres ved Mongstad. Jeg vil i den forbindelse rette en stor takk til Eivind Blindheim som gjennom hele arbeidet har fremstått som svært samarbeidsvillig, engasjert og interessert i oppgavens problemstillinger.

Til slutt vil jeg takke mine veiledere førsteamanuensis Endre Bjørndal og professor Mette Bjørndal ved Norges Handelshøgskole. De har gjennom hele arbeidet bidratt med høyt engasjement, nyttige diskusjoner og konstruktiv kritikk.

Reidar Haver

Bergen, juni 2008

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
INNHOLDSFORTEGNELSE	2
SAMMENDRAG	4
1 INNLEDNING	11
1.1 MONGSTAD RAFFINERI.....	11
1.2 BAKGRUNN.....	12
1.3 PROBLEMSTILLING.....	12
2 RAFFINERIVIRKSOMHET – EN KORT BESKRIVELSE	13
2.1 DESTILLASJON	13
2.2 KJEMISK BEHANDLING	14
2.3 BEHANDLING OG BLANDING AV FERDIGPRODUKTER.....	17
3 TEORETISK RAMMEVERK	18
3.1 DEFINISJON	18
3.2 AVVIKSANALYSE – FORMÅL.....	18
3.3 AVVIKSANALYSE – 4 ULIKE ELEMENTER	19
3.4 TRADISJONELL AVVIKSANALYSE	22
3.5 EX-POST ANALYSE.....	30
3.6 EX-POST VS. TRADISJONELL AVVIKSANALYSE.....	35
3.7 OPPSUMMERING TEORI.....	37
4 RAFFINERIMODELL	39
4.1 GENERELT	39
4.2 PRODUKTER.....	39
4.3 PROSESSANLEGG.....	39
4.4 BLANDEPROSESS.....	42
4.5 AVGRENSING	45
4.6 PRODUKSJONSPANLEGGING	46
5 TRADISJONELL AVVIKSANALYSE	50
6 EX-POST ANALYSE	58
6.1 STATISK PLANLEGGINGSAVVIK.....	59
6.2 FLEKSIBELT BUDSJETTAVVIK.....	60
6.3 EVALUERING: TRADISJONELL VS. EX-POST	60

7	AVVIKSANALYSE VED STATOILHYDRO, MONGSTAD	62
7.1	MARKEDSAVVIK.....	63
7.2	RAFFINERIAVVIK	65
7.3	LAGER	69
7.4	OPPSUMMERING	69
8	ULIKE TILNÆRMINGER TIL AVVIKSANALYSE	70
8.1	KONTROLLERBARHET	70
8.2	HENDELSBASERT AVVIKSANALYSE.....	71
8.3	AVHENGIGHET.....	78
8.4	OVERLAPP	80
9	VALG AV PLANLEGGINGSPERIODE.....	83
9.1	ALTERNATIV 1: FAST PLANLEGGING.....	83
9.2	ALTERNATIV 2: RULLENDE HORISONT	84
9.3	ALTERNATIV 3: EN-PERIODISK PLANLEGGING.....	84
9.4	MODELL	85
9.5	INFORMASJONSGRUNNLAG	86
9.6	ANALYSE	94
10	KONKLUSJON	100
11	FORSLAG TIL VIDERE FORSKNING	103
	LITTERATURLISTE	104
	APPENDIKS.....	106

Sammendrag

I denne rapporten analyseres sentrale problemstillinger i tilknytning til avviksanalyse og prestasjonsmåling ved Mongstad raffineri. Hovedformålet har vært å problematisere ulike tilnærminger til avviksanalyse for å finne metoder som er egnet i raffinerivirksomhet. I den forbindelse analyseres to ulike problemstillinger. For det første analyseres ulike teknikker som benyttes i avviksberegningen. Formålet er å finne egnede metoder for å fordele det totale avviket i perioden. I tillegg analyseres valg av referansepunkt. Valg av hvilket budsjett som sammenlignes med periodens virkelige resultat vil ha konsekvenser for fordeling og størrelse på avvikene som beregnes.

Det teoretiske rammeverket som utgjør grunnlaget for oppgaven er i hovedsak basert på litteratur av Horngren et. al (2006) og Yahya Zadeh (2001). Førstnevnte analyserer differansen mellom virkelige resultater og fleksibelt budsjett. Flexibelt budsjett er i denne sammenheng et volumjustert statisk budsjett. Rammeverket utviklet av Yahya Zadeh (2001) er basert på artikler av Demski (1967) og sammenligner virkelige resultater med en ny tilnærming til fleksibelt budsjett. Dette budsjettet representerer den optimale produksjonsløsningen basert på virkelige forutsetninger. I tillegg er det benyttet en rekke vitenskapelige artikler for å identifisere ønskede egenskaper som bør være tilstede ved enhver avviksanalyse. Gjennomgangen av det teoretiske rammeverket fremhever følgende viktige egenskaper:

- ✓ Kontrollerbarhet
 - Det skilles mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik. Kun kontrollerbare avvik skal benyttes i tilknytning til evaluering og prestasjonsmåling.
- ✓ Avstembarhet
 - Summen av avvikene på et lavere nivå er avstembart med det totale avviket på et høyere nivå.
- ✓ Entydighet
 - Dersom et rammeverk inkluderer flere metoder for avviksberegning, bør avvikene som beregnes ved de ulike metodene være sammenlignbare.
- ✓ Årsakssammenheng
 - Avviksanalysen fokuserer på årsak fremfor konsekvens. Avvikene som beregnes kan henføres til en tilhørende årsak.

✓ Kostnad/Nytte

- Detaljgraden i en avviksanalyse skal avgjøres i henhold til en kostnad/nytte vurdering.

For å gjennomføre analysen er det benyttet en modell som representerer et forenklet raffineri. Oppgaven tar opp en del prinsipielle sider ved avviksanalyse og det er derfor ikke nødvendig med en detaljert fullskala modell. Raffinerimodellen er en optimeringsmodell basert på lineær programmering.

Første del av analysen undersøker hvorvidt de teoretiske rammeverkene for avviksanalyse (tradisjonell / ex-post) er egnet som analyseverktøy ved Mongstad. Det identifiseres her at rammeverkene oppfyller kravene knyttet til avstembarhet. Det vil aldri oppstå differanse mellom summen av avvik på lavere nivå og det totale avviket på et høyere nivå ved disse analysemetodene. I tillegg vil det være mulig å gjøre en kostnad/nytte vurdering knyttet til detaljnivået i analysen. Kravene knyttet til årsakssammenheng, kontrollerbarhet og entydighet anses imidlertid ikke som oppfylt. Årsaken er i hovedsak at den faste oppsplittingen av avvikene ikke passer for et raffineri som Mongstad. Hendelsene som oppstår fordeles over en rekke ulike avvik og det er derfor vanskelig å isolere effekten av hver enkel hendelse. På bakgrunn av dette konkluderes det at de teoretiske rammeverkene ikke er egnet som verktøy ved avviksanalysen ved Mongstad. Gjennom analysen avdekkes imidlertid ex-post rammeverkets gode egenskaper i form av å identifisere tapte mulighet i perioden. Ex-post budsjettet fremgår derfor som et bedre referansepunkt enn det tradisjonelle fleksible budsjettet. Analysen avdekker imidlertid at et optimalt ex-post budsjett ikke er oppnåelig da en rekke av faktorene som skiller virkelige resultater fra ex-post budsjett ikke kan kontrolleres fra raffineriets side. På bakgrunn av dette anbefales det at et ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer implementeres i analysen. Informasjonsavviket som skyldes begrenset tilgang på informasjon samt raffineriets begrensede mulighet til å justere produksjonen vil da isoleres i analysen.

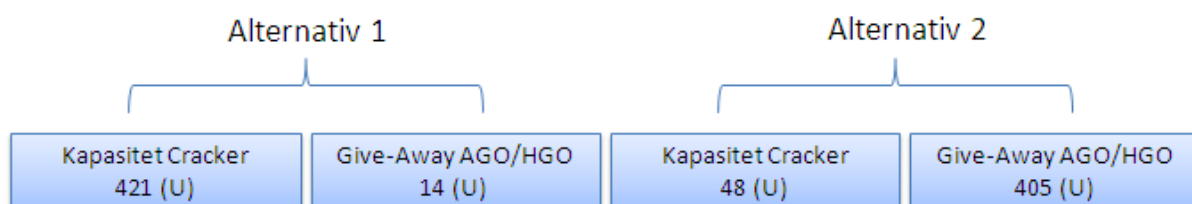
Gjennom en detaljert beskrivelse av nåværende avviksanalyse ved Mongstad fremkommer det at raffineriet pr. i dag forsøker å skille mellom kontrollerbare (raffineriavvik) og ikke kontrollerbare avvik (markedsavvik). Analysen identifiserer imidlertid at en rekke av avvikene som defineres som markedsavvik faktisk kan kontrolleres fra Mongstad. Det anbefales følgelig at oppsplitting endres.

Neste del av oppgaven analyserer to ulike former for hendelsesbasert avviksanalyse. Betegnelsen *hendelsesbasert avviksanalyse* benyttes siden avvik beregnes i henhold til ulike hendelser som har inntruffet i perioden. Utgangspunktet for analysen er at denne teknikken benyttes ved Mongstad. Beregningen av avvikene skjer ved å løse LP-modellen for to ulike sett av forutsetninger. Differansen mellom to løsninger vil utgjøre avviket for den endrede forutsetningen.

Det analyseres to ulike tilnærminger til hendelsesbasert avviksanalyse. I eksempelet analyseres differansen mellom virkelige resultater og ex-post budsjett. Det er fire ulike forutsetninger som skiller disse budsjettene.

Virkelig	Ex-post
<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitet Krakker = 140kt • Svovelinnhold S98= 4,5 % • Forpliktet til å selge minst det kvantum av produkter som er planlagt i ex-ante budsjettet. • Forpliktet til å kjøpe minst det kvantum av de råoljene som er planlagt i ex-ante budsjettet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitet Krakker = 145kt • Svovelinnhold S98= 5 % • Ingen restriksjoner knyttet til produktportefølje. • Ingen restriksjoner knytte til kjøp av råolje.

Den første tilnærmingen innebærer å bevege seg fra ex-post budsjett til virkelige resultater ved å stegvis endre forutsetningene i LP-modellen. Dette er en teknikk som tidligere er benyttet ved Mongstad. Analysen viser at tilnærmingen oppfyller egenskapen knyttet til avstembarhet. Et kritisk valg er imidlertid rekkefølgen forutsetningene endres i. I et raffineri som Mongstad vil det finnes mange ulike kombinasjoner som kan benyttes. Analysen viser at valg av rekkefølge vil ha stor betydning for størrelsen på de ulike avvikene. Figuren nedenfor viser et eksempel der to ulike rekkefølger er benyttet til å fordele avvikene som skyldes kapasitetsreduksjon i krakker og give-away i blandingen av AGO/HGO.



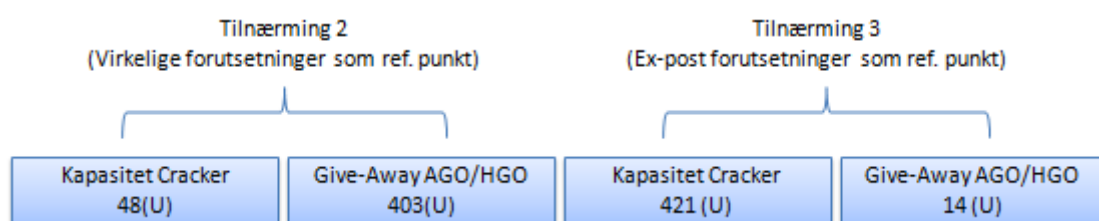
Størrelsen på avvikene viser at denne metoden for avviksanalyse ikke oppfyller egenskapen knyttet til entydig. Dette fordi valg av rekkefølge har stor betydning for den relative størrelsen på avvikene. Som en løsning på dette problemet analyseres en metode som benytter gjennomsnittet av samtlige rekkefølger som avviket for hver enkelt hendelse. Kravet til entydighet kan da anses som oppfylt da samtlige rekkefølger inkluderes i analysen. Metoden er imidlertid svært tidkrevende og vil ikke kunne gjennomføres i praksis.

Den neste tilnærmingen benytter et fast referansepunkt i avviksberegningen. Dette referansepunktet kan enten være virkelige resultater eller ex-post budsjett. Prosedyren gjennomføres ved at man undersøker avviket hver endret forutsetning medfører, for deretter å tilbake stille til virkelige eller ex-post forutsetninger. Rekkefølgen avvikene beregnes i spiller derfor ingen rolle siden referansepunktet hele tiden er det samme. Denne metoden for avviksberegning benyttes pr. i dag ved Mongstad. Det identifiseres i hovedsak to problemer med denne tilnærmingen. For det første er ikke kravet knyttet til avstembarhet oppfylt. Det vil i hver periode eksistere et avvik som ikke kan forklares. Størrelsen og fortegner på avviket vil i hovedsak avhenge av tilfeldigheter. Dersom virkelige resultater benyttes som referansepunkt får jeg følgende avviksfordeling



Som vi ser representerer det ikke forklarte avviket en relativt stor andel (ca 30 %) av det totale avviket mellom virkelige resultater og ex-post budsjett.

Som tidligere nevnt regnes virkelige resultater og ex-post budsjett som like naturlige referansepunkt i analysen. Avviksfordelingen vil imidlertid bli svært forskjellig avhengig av hvilket referansepunkt som velges. På bakgrunn av dette anses heller ikke kravet knyttet til entydighet som oppfylt. Følgende figur viser avviket som tildeles redusert kapasitet i kracker og give-away i AGO/HGO blandingen for de to alternativ referansepunktene.



Som en løsning på problemene knyttet til avstembarhet og entydighet analyseres en teknikk som benytter gjennomsnittet av avvikene ved de to ulike referansepunktene. Deretter normaliseres disse avvikene for å fordele det ikke forklarte avviket. Kravene knyttet til entydighet og avstembarhet anses da som oppfylt. Under den første tilnærmingen til hendelsesbasert avviksanalyse ble det analysert en teknikk der avviket for hver hendelse var beregnet som gjennomsnittet av samtlige rekkefølger som eksisterer. Metoden ble regnet som god men grunnet kompleksitet er den ikke mulig å gjennomføre i praksis. Dersom den tilpassede metoden under tilnærming 2 skal være god er det en forutsetning at avvikene kan sammenlignes med avvikene som ble beregnet i den gjennomsnittlige metoden under tilnærming 1. Avviksberegningen ved de to metodene kan sammenstilles i følgende tabell.

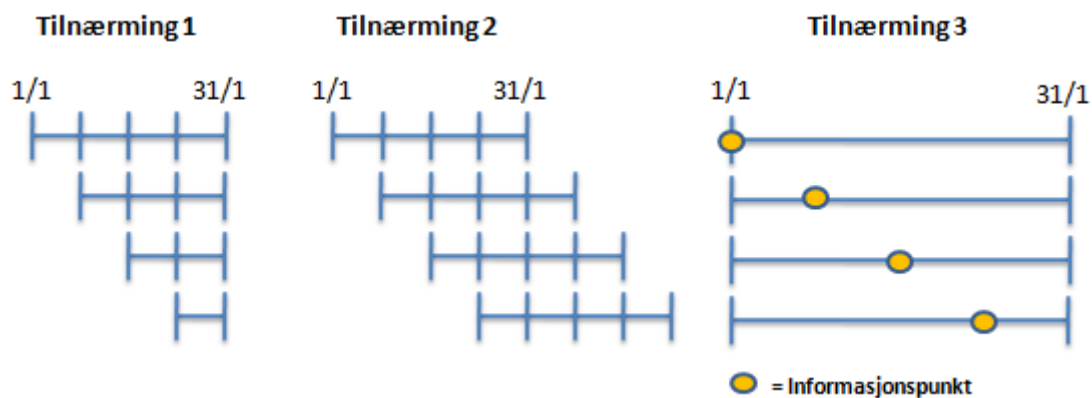
	Tilnærming 1 (Gjennomsnitt)	Tilnærming 2 (Normalisert Gjennomsnitt)	Differanse
Porteføljerestriksjon	228	171	56
Råoljerestriksjon	707	743	-36
Kapasitet Krakker	221	196	25
Give-Away AGO/HGO	243	288	-45

Som vi ser eksisterer det en viss differanse mellom de to tilnærmingene. Av analysen fremgår det imidlertid at differansen er relativt liten i forhold til øvrige tilnærminger som er analysert. På bakgrunn av dette vil tilnærmingen trolig være bedre egnet enn de teknikkene som benyttes i nåværende avviksanalyse ved Mongstad.

En svakhet som identifiseres ved hendelsesbasert avviksanalyse er metodens manglende evne til å identifisere hendelser. For å gjennomføre analysen må samtlige hendelser være identifisert på forhånd. En hendelsesbasert avviksanalyse har følgelig ikke egenskaper i form av å identifisere hvilke hendelser som har oppstått gjennom analysen. Dersom hendelser som har oppstått ikke inkluderes i analysen vil avviket som skyldes hendelsen fordeles til andre avvik. I tillegg er det kritisk at analysen fokuseres på årsaker fremfor konsekvenser av hendelsene som oppstår. Dersom dette ikke gjøres vil graden av overlapp i analysen øke.

Siste del av oppgaven problematiserer hvilket budsjett de virkelige resultatene bør sammenlignes med i analysen. Tidligere i oppgaven er det fremhevet at et ex-post budsjett basert på kontrollerbare forutsetninger utgjør det beste referansepunktet. Det kan imidlertid stilles spørsmål ved hvilket budsjett som egentlig representerer dette ex-post budsjettet. Dette fordi Mongstad har tilgang til prognoser om fremtidige perioder, samt mulighet til å lagre komponenter og råolje. Disse prognosene kan benyttes i produksjonsplanleggingen for å øke

profittmulighetene utover hva som er mulig ved en-periodisk planlegging. På bakgrunn av dette analyseres tre ulike metoder for produksjonsplanlegging. Tilnærming 1 og 2 er flerperiodiske modeller. Disse metodene tar hensyn til prognoser om fremtidige perioder i produksjonsplanleggingen. Ved tilnærming 1 gjennomføres planleggingen for gjenværende periode av inneværende måned. Tilnærming 2 planlegger for de fire påfølgende ukene. Metoden kan følgelig oppfattes som mer dynamisk sammenlignet med tilnærming 1. Tilnærming 3 er en en-periodisk modell som kan sammenlignes med den metoden som utføres på Mongstad. Produksjonsplanleggingen legges her for hele måneden. For å ta hensyn til prognoser om fremtidig prisutvikling benyttes gjennomsnittspriser for resterende periode av inneværende måned i planleggingen. De tre tilnærmingene kan illustreres i følgende figur.



Analysen sammenligner både ex-post budsjett og virkelige resultater. Ex-post analysen viser at de flerperiodiske metodene alltid vil gi høyere profittmuligheter enn en-periodisk planlegging. I tillegg til dette vil tilnærming 2 alltid være bedre enn tilnærming 1. Årsaken er at informasjonsgrunnlaget som er bakgrunnen for produksjonsplanleggingen er høyere. Analysen fremhever også at det vil være en positiv sammenheng mellom verdien av flerperiodisk planlegging og volatiliteten i raffineriets informasjonsgrunnlag.

Analyse av de virkelige resultatene gir samme rangering mellom metodene. For de virkelige resultatene vil imidlertid rangeringen avhenge av kvaliteten på prognosene som er utgangspunktet for planleggingen. Er kvaliteten dårlig vil rangeringen av metodene i hovedsak avhenge av tilfeldigheter og flerperiodisk planlegging gir således ikke økt verdi til raffineriet.

Analysen som er gjennomført illustrerer at det eksisterer svakheter med analysen som utføres ved Mongstad. Oppgaven foreslår i den forbindelse tilnærminger for å forbedre nåværende analyse. I tillegg kan det vurderes hvorvidt andre styringsverktøy kan benyttes som supplement til avviksanalysen. Analysen som gjennomføres ved Mongstad splitter det totale

avviket i relativt detaljerte avvik. Oppgaven fremhever at detaljnivået i en analyse kun skal økes dersom dette er lønnsomt i henhold til en kostnad/nytte vurdering. Det må følgelig vurderes hvorvidt informasjon som kommer fra analysen kan forsvare ressursene som ligger bak.

Et alternativ kan være å gjennomføre en grovere avviksanalyse som i tillegg suppleres av andre styringsverktøy. For eksempel kan det tenkes at analyseformer som fokuserer på driftsmessige fremfor økonomisk avvik vil passe bedre for raffineriet. Avvik i driftsmessige variabler vil illustrere årsakene som medfører det totale avviket, uten at hver enkelt variabel fordeles en økonomisk størrelse. Et mye benyttet rammeverk innen bedriftsøkonomisk styring er Balansert Målstyring (BSC). Dette rammeverket benytter ikke finansielle måltall innen fire ulike perspektiver. Ideen er at forbedringer innenfor hvert perspektiv skal resultere i bedre finansielle resultater for bedriften som helhet. Grunnet oppgavens avgrensning analyseres verken BSC eller andre styringsverktøy. Det bør følgelig analyseres hvorvidt dette styringsverktøyet kan være hensiktsmessig i tilknytning til avviksanalysen ved Mongstad. Dette er et av flere områder som fremheves i forbindelse med forslag til videre forskning.

1 Innledning

1.1 Mongstad raffineri

Mongstad raffineri er lokalisert i Nordhordland og er pr. i dag et høyt oppgradert oljeraffineri med en kapasitet på 10 millioner tonn råolje pr år. Raffineriet eies av StatoilHydro og Shell med en eierandel på henholdsvis 79 % og 21 %. Den eldste delen av raffineriet ble bygget i begynnelsen av 1970 årene, men anlegget har siden da gjennomgått en rekke utvidelser og oppgraderinger. Anlegget ble blant annet utvidet i 1989 for å øke prosesseringskapasiteten. I tillegg har det blitt gjennomført utbygginger i form av et anlegg for reduksjon av benzen i 1997 og et nytt avsvovlingsanlegg i 2003. Raffineriet er det største i Norge og middels stort i europeisk sammenheng (StatoilHydro 2008).



Råolje som prosesseres på Mongstad kommer fra norsk sokkel. Leveringen skjer både i form av rørledninger direkte fra Troll, samt levering fra skip via Mongstad havn. Havnen er den største i Norge målt i tonnasje. I tillegg er det den nest største oljehavnen i Europa etter Rotterdam. Havnen kan ta imot tankskip opp til 450 000 tonn og produktskip opp til 90 000 tonn. I tillegg til produktene som sendes med skip har Mongstad egen fyllplass der bensin, gassolje og parafin kan hentes med bil.

Størstedelen av produksjonen på Mongstad går til det norske markedet (46 %). De resterende produktene eksporteres i hovedsak til kunder i Europa og USA. Mongstad produserer i hovedsak lettere oljeprodukter som bensin, flybensin, diesolje og gassolje.

I europeisk sammenheng er Mongstad et middels stort raffineri. Som en illustrasjon kan det nevnes at den årlige bensinproduksjonen på Mongstad tilsvarer halvannen gang det årlige bensinforbruket i Norge.

I tilknytning til raffinerivirksomheten er det også bygget råoljeterminaler på Mongstad. Disse eies av StatoilHydro og Petoro med en eierandel på henholdsvis 65 % og 35 %. Råoljeterminalen består av seks fjellhaller med en total lagringskapasitet på 9.4 millioner fat. Mer enn en tredjedel av selskapets produksjon på norsk sokkel mellomlagres på Mongstad råoljeterminal før den sendes videre til kunder i Nord-Amerika, Europa og Asia (StatoilHydro 2008).

1.2 Bakgrunn

Avviksanalyse er et viktig område innenfor bedriftsøkonomisk styring. En avviksanalyse vil gi nyttig informasjon til organisasjonen og vil kunne brukes i forbindelse med evaluering og prestasjonsmåling (Emsley 1999). Siden analysen brukes som informasjonsgrunnlag i beslutningssammenheng, vil kvaliteten på analysene som utføres være kritisk.

Formålet med arbeidet har vært å analysere kvaliteten på de teknikkene som brukes ved Mongstad. Dette for å kunne identifisere områder der det eksisterer forbedringspotensialer. Dette vil kunne gi ny innsikt som kan øke kvaliteten på analysen som utføres.

Avviksanalyse vil i stor grad også være påvirket av bedriftens øvrige styringssystemer. Blant annet vil kvaliteten på planleggingen som gjøres være av stor betydning. Mongstad benytter en planleggingsmodell utviklet av Aspen Technology. Denne går under betegnelsen Aspen Pims™ og er et ledende beslutningsverktøy innen prosessindustri. Modellen benytter lineær programmering (LP) som optimeringsverktøy (Aspen Technology 2007). Pims modellen som benyttes ved Mongstad er stor og kompleks. Dette fordi et oljeraffineri er et svært komplisert prosessanlegg. For å utføre analysen er det derfor benyttet en forenklet raffinerimodell. Det benyttes også her LP som optimeringsverktøy, men antall beslutningsvariabler og sidebetingelser er kraftig redusert. Raffinerimodellen er utviklet i *Microsoft Excel 2007* og benytter *Excel Solver* som optimeringsverktøy. Oppgaven tar opp en del prinsipielle sider ved avviksanalyse og det er derfor ikke nødvendig med en detaljert fullskala modell. I tillegg til dette opprettholdes konfidensialiteten overfor StatoilHydro.

1.3 Problemstilling

Det finnes en rekke områder som kan belyses i forbindelse med avviksanalysen ved Mongstad Raffineri. Grunnet oppgavens begrensede omfang er det derfor gjort avgrensinger knyttet til hvilke områder som belyses. Avgrensingen er gjort i samarbeid med mine veiledere.

Det er i hovedsak to problemstillinger som belyses i oppgaven. Den første omfatter å definere en rekke krav som bør kjennetegne enhver avviksanalyse. Hensikten er å belyse teknikker som benyttes ved Mongstad for å undersøke om kravene oppfylles i denne analysen. I tillegg til dette belyses det problemstillinger knyttet til valg av referansepunkt. Da avviksanalyse sammenligner to ulike budsjetter er det kritisk hvilket budsjett som brukes som referansepunkt. På bakgrunn av dette defineres oppgavens problemstilling på følgende måte:

”Hvilke krav bør stilles til en avviksanalyse og i hvilken grad oppfylles disse kravene i avviksanalysen ved Mongstad. Hvilket budsjett er det beste referansepunktet i analysen?”

2 Raffinerivirksomhet – En Kort Beskrivelse

Aktivitetene i oljeindustrien kan grovt deles inn i to kategorier; oppstrøms og nedstrøms aktiviteter. Oppstrømsaktiviteter innebærer de prosessene som foregår før oljen forlater eksportterminalene. Dette innebærer leting, boring og produksjon av råolje. Nedstrømsaktiviteter er aktiviteter som foregår etter at oljen forlater eksportterminalene og fram til den når forbrukeren. Eksempler på nedstrømsaktiviteter er raffinerivirksomhet samt salg og markedsføring av ferdigprodukter (Statoil Norge 2007).

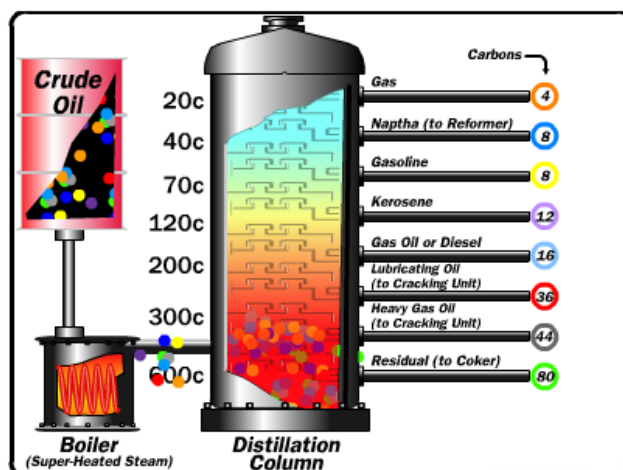
Råoljen som pumpes opp fra reservoarene trenger raffinering før den kan selges til forbrukere. Dette fordi råoljen inneholder mange ulike hydrokarboner som må splittes for å få de ønskede produkt egenskapene. For å raffinere råolje til ferdigprodukter kreves ulike prosesser. Disse inkluderer:

1. Destillasjon
2. Kjemisk behandling
 - a. Krakking
 - b. Alkylering
 - c. Reformering
3. Behandling og blanding av komponenter

For å kunne følge oppbyggingen og diskusjonen av raffinerimodellen som introduseres senere i oppgaven mener jeg det er viktig å ha generell kunnskap om hvilke prosesser som inngår i et raffineri. Dette vil jeg gi leseren bedre forståelse av de problemstillingene som oppstår i forbindelse med avviksanalyse av raffineriet.

2.1 Destillasjon

Destillasjonsprosessen er den første store prosessenheten i et raffineri. Destillasjon innebærer å separere råoljens ulike hydrokarboner slik at de møter spesifikasjonene som kreves i andre prosessanlegg. Destillasjon bygger på prinsippet om at væsker med ulikt kokepunkt kan skilles ved fordamping / kondensasjon. Råolje som har nådd kokepunktet sendes inn i destillasjonstårnet. Deretter separeres råoljen i en rekke produktfraksjoner etter ulike kokepunkt. Råoljen som ikke lar seg fordampe trekkes ut som tungolje i bunnen av destillasjonstårnet. Prosessen kan illustreres i følgende figur.



Figur 2-1: Destillasjonsprosess (How Stuff Works 2007:1)

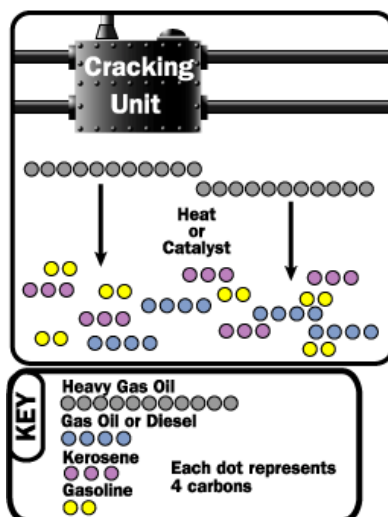
Fraksjonene fra destillasjonen kan i liten grad benyttes direkte som produkter. De fleste komponentene trenger kjemisk behandling før de kan selges i markedet.

2.2 Kjemisk Behandling

Den kjemiske behandlingen som gjennomføres etter destilleringen innebærer krakking, reformering og/eller alkylering.

2.2.1 Krakking

Krakking er en kjemisk prosess der tung olje med lange molekyler omdannes til lettere og mer verdifulle produkter.



Figur 2-2: Krakking (How Stuff Works 2007:2)

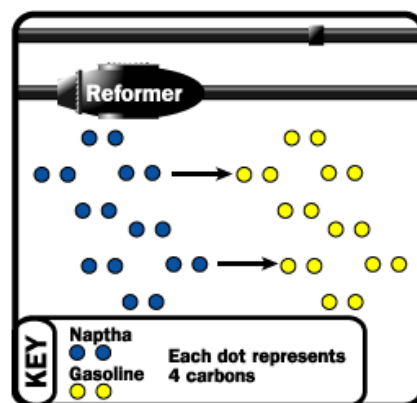
Det finnes ulike former for krakking. *Termisk Krakking* innebærer at lange hydrokarboner utsettes for høy temperatur og høyt trykk til de bryter fra hverandre. Dette kan gjøres på forskjellige måter. Varm damp (816 °C) kan brukes til å bryte etan, butan og nafta til etylen og benzen. I tillegg kan *Visbreaking* og *Coking* brukes til å knuse hydrokarbonene i den tunge oljen som ikke lot seg fordampe i destillasjonstårnet. Dette gjøres ved å varme opp oljen til temperaturer over 482 °C.

En annen form for krakking går under betegnelsen *Katalytisk Krakking*. Dette er den mest brukte prosessen for å omdanne tung olje til lettere og mer verdifulle produkter (Gary & Handwerk 2001). *Katalytisk Krakking* utføres ved å spalte hydrokarbonene over en aktiv katalysator. Katalysatoren har egenskaper som fremtvinger reaksjoner som bryter opp hydrokarbonene. Metoden foretrekkes siden prosessene ved *Katalytisk Krakking* er lettere å manipulere enn hva tilfellet er for *Termisk Krakking*. *Katalytisk Krakking* er imidlertid en av de mest forurensende prosessene i et raffineri. Dette representerer en klar svakhet ved prosessen.

2.2.2 Katalytisk reforming

Katalytisk reforming innebærer at strukturen på sykliske og forgreinede hydrokarboner endres. Et eksempel er reforming av nafta til høyoktan bensin. Denne prosessen er illustrert i figuren nedenfor. En katalysator brukes til å kombinere kjeder av nafta til aromatiske forbindelser som brukes i blandingen av høyoktan bensin.

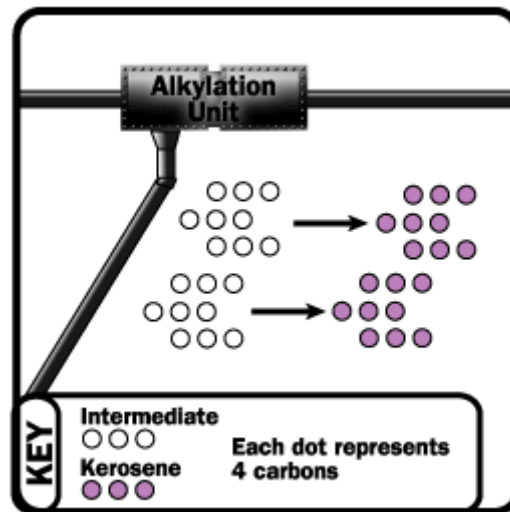
Et signifikant biprodukt av prosessen er hydrogengass som enten selges eller brukes i krakkingprosessen.



Figur 2-3: Reforming (How Stuff Works 2007:2)

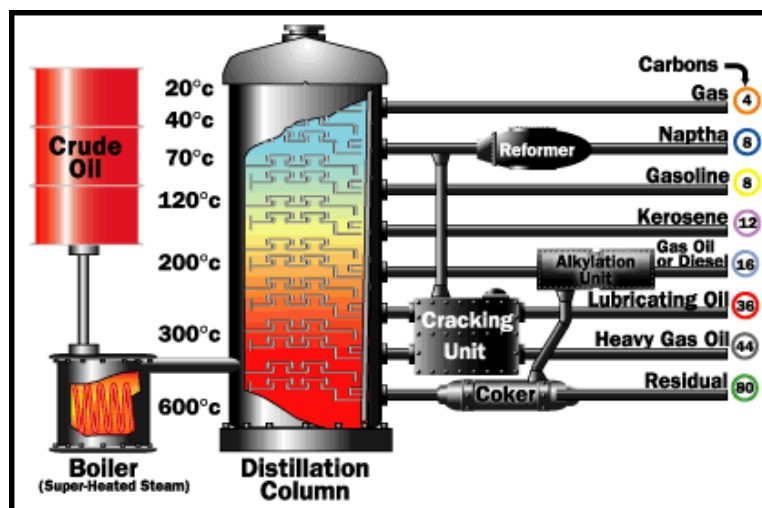
2.2.3 Alkylering

Alkylering innebærer å reorganisere bindingene til ulike hydrokarbonene slik at de oppnår andre egenskaper. Dette er blant annet en viktig prosess for å utvinne bensin med høyt oktaninnhold. Oktaninnhold beskriver produktets evne til å unngå selvantennning og er en av kvalitetsegenskapene som kjennetegner et produkt. Figuren under illustrerer at alkylering reorganiserer bindinger ved hjelp av en katalysator.



Figur 2-4: Alkylering (How Stuff Works 2007:2)

I henhold til beskrivelsen ovenfor kan følgende figur benyttes for å illustrere en typisk sammenheng mellom prosessene i et raffineri.



Figur 2-5: Illustrasjon av raffineriprosessen (How Stuff Works 2007:2)

2.3 Behandling og blanding av ferdigprodukter

Komponentene som har gjennomgått destillasjon og kjemisk behandling må deretter behandles for å fjerne urenheter som svovel, nitrogen, oksygen, vann, oppløst metall og uorganisk salt. Dette gjøres blant annet ved hjelp av svovelsyre og egne avsvovlings anlegg.

Etter at urenheter er fjernet nedkjøles komponentene. Deretter blandes de sammen til ulike ferdigprodukter som ulike typer av

- Bensin
- Smøringsolje
- Kerosen
- Flybensin
- Diesel
- Fyringsolje
- Kjemikalier

Beskrivelsen ovenfor er en svært grov beskrivelse av hvordan et raffineri fungerer. Det er imidlertid tilstrekkelig for at leseren skal kunne følge analysen og oppbyggingen av raffinerimodellen som introduseres senere i oppgaven. For en mer detaljert beskrivelse av prosessene som utføres i et raffineri vises det til *Petroleum Refining – Technology and Economics* (Gary & Handwerk 2001).

3 Teoretisk Rammeverk

3.1 Definisjon

Avviksanalyse kan defineres som ”prosessen ved å spesifisere hvorfor virkelige resultater avviker fra de planlagte eller budsjetterte resultatene” (Shank & Churchill 1977). Dette innebærer å analysere i detalj det totale avviket slik at man kan forklare årsaken til differansen mellom virkelige og budsjetterte resultater (Ventureline 2007).

3.2 Avviksanalyse – Formål

Avviksanalyse er et nyttig verktøy i forbindelse med prestasjonsmåling og økonomisk styring. I henhold til Garrett (1990) har avviksanalyse to hovedformål innen bedriftsøkonomisk styring. Det første formålet går under begrepet *Ledelse gjennom avviksfokusering (Management by Exception)*. De aller fleste transaksjoner i næringslivet er ikke verdt å analysere i detalj. Oppmerksomhet skal kun rettes mot områder der driften ikke går som planlagt. Avviksanalyse identifiserer disse områdene. En fundamental betingelse er imidlertid at avviksanalyse skal utføres i henhold til en kostnad / nytte vurdering. Det vil i de fleste sammenhenger være mulig å splitte avvikene ned til et høyt detaljnivå. Dette skal kun gjøres dersom verdien av analysen kan forsvare kostnaden ved å utføre analysen. Ledelsen må følgelig avgjøre hvilket detaljnivå som er optimalt i henhold til en kostnad/nytte vurdering (Shank & Churchill 1977). Under prosessen med å avgjøre hvilke avvik som bør analysere kan følgende kriterier benyttes (Garrett 1990).

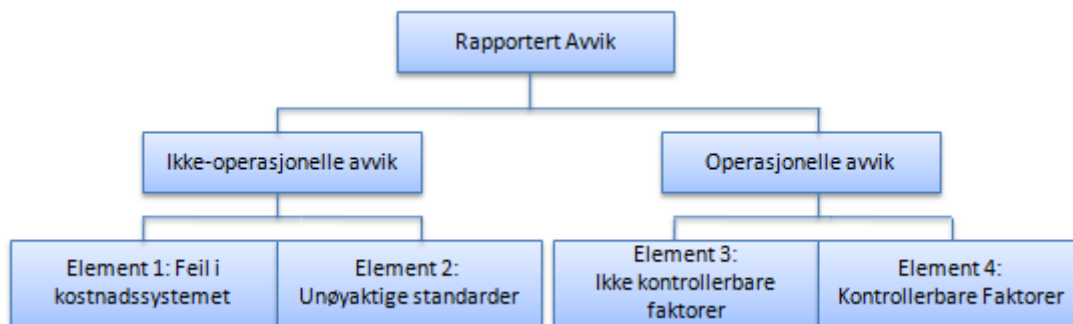
1. Kostnaden ved analysen må ikke overstige fordelene den gir. Det er ikke entydig at økt informasjon alltid er ønskelig, da hensikten med analysen er å forbedre bedriftens samlede profitt.
2. Avvikets størrelse. Desto større avviket er desto mer hensiktsmessig vil det være å analysere avviket. Den kritiske størrelsen på avvik som skal analysere kan settes både absolutt og relativt (prosentvis).
3. Sannsynligheten for at avviket kan kontrolleres.
4. Avvikets fortegn. Ufordelaktige avvik vil ofte få større konsekvenser i bedriften enn fordelaktige avvik. Teoretisk er det imidlertid like viktig å gjenta et fordelaktig avvik som å unngå et ufordelaktig avvik.
5. Standardene som brukes. Bruker man perfektjonsstandarder vil ufordelaktige avvik inntreffe hyppigere og være mer akseptable enn om man benytter oppnåelige standarder.

Etter å ha bestemt hvilke avvik som skal analyseres må bedriften identifisere hvilken informasjon avvikene gir. Dette kan være lett for kostnadsgrupper som direkte material og direkte lønn, men vanskeligere for kostnader som blant annet faste kapasitetskostnader.

Det andre formålet med avviksanalyse er å overvåke prestasjonene til individer og avdelinger. Dette kan videre kobles til evaluering og bruk av incentiver. Denne type handlinger må imidlertid utføres med stor forsiktighet. Årsaken er at selv om avvikene i seg selv er relativt lette å identifisere, vil årsaken til avviket ofte skyldes flere prosesser. Følgelig kan det være vanskelig å fordele ansvaret for et gitt avvik. I henhold til prinsippet om *Responsibility Accounting* skal ledere kun holdes ansvarlig for kontrollerbare avvik (Choudhury 1986). Følgelig bør også evaluering og eventuell bruk av incentiver gjøres på bakgrunn av dette prinsippet. I mange situasjoner vil det kunne være vanskelig å gjennomføre en korrekt ansvarsfordeling av ulike avvik. Et eksempel kan være en bedrift der det tilsynelatende har oppstått ett fordelaktig prisavvik og et ufordelaktig mengdeavvik for direkte material. En slik situasjon er imidlertid ikke ensbetydende med at man bør gi ros til innkjøpssjefen og kritikk til produksjonssjefen. Årsaken kan være at innkjøpssjefen har valgt å kjøpe inn rimeligere komponenter. Disse komponentene kan ha vært av lav kvalitet, noe som har medført ekstra materialbruk i produksjonsavdelingen. Følgelig er innkjøpssjefen delvis ansvarlig for det ufordelaktige mengdeavviket i produksjonsavdelingen. Dette illustrerer at det kan eksistere avhengighet mellom avvik, noe som er viktig å ta hensyn til i evalueringen av en avviksanalyse. Kravet om kontrollerbarhet diskuteres nærmere senere i oppgaven.

3.3 Avviksanalyse – 4 ulike elementer

Det totale avviket mellom budsjetterte og virkelige resultater kan i henhold til Mitchell (2005) bestå av flere ulike elementer. For det første kan det skilles mellom operasjonelle og ikke-operasjonelle avvik. Operasjonelle elementer er årsaker som direkte kan relateres til bedriftens operasjonelle aktiviteter. Dette kan for eksempel være bruk av ressurser og innkjøpsaktiviteter. Dersom disse er kontrollerbare kan bedriften gjøre justeringer for å bedre fremtidige resultater. I tillegg eksisterer det ikke-operasjonelle avvik som innebærer avvik i administrasjonen av standardkost systemet. Disse avvikene gir feedback til de som er ansvarlig for fastsetting og drift av standardkostsystemet. Mitchell (2005) definerer på bakgrunn av dette 4 ulike kilder til avvik. Disse kan illustreres i følgende figur.



Figur 3-1: Elementer i Avviksanalyse (Mitchell 2005)

3.3.1 Element 1: Feil i kostnadssystemet

Feil i kostnadssystemet innebærer feilrapportering eller målefeil. For eksempel vil rapportering av feil pris på innsatsfaktorer kunne medføre et fordelaktig eller ufordelaktig prisavvik. Det samme gjelder feil i den konkrete målingen av avvikene. Denne type feil signaliserer at kostnadssystemet bør forbedres.

3.3.2 Element 2: Unøyaktige standarder

Avvik kan også skyldes bruk av unøyaktige standarder. For eksempel kan standardene være gamle, slik at de representerer et nivå som ikke er relevant for dagens situasjon. Standarder er også statiske, og må derfor oppdateres kontinuerlig for å ta hensyn endrede markedsforhold (for eksempel inflasjon). Dersom en standard settes på bakgrunn av gjennomsnittet for året, vil dette medføre at standarden er for høy i begynnelsen av året og for lav i slutten av året. Det kan også tenkes at det eksisterer et avhengighetsforhold mellom kostnad og volum, slik at samme standard ikke kan brukes for alle nivåer av volum (stordriftsfordeler). Alle disse faktorene kan resultere i at standarden som brukes i kostnadssystemet ikke er relevant for den situasjonen vi ønsker å analysere.

3.3.3 Element 3: Ikke-kontrollerbare faktorer

Det vil også kunne eksistere avvik som skyldes utenforliggende årsaker. Blant annet vil uforutsette endringer i oljepris, valutakurs og sikkerhetsreguleringer medføre avvik som ikke kan kontrolleres. Denne type avvik eksisterer siden planleggingen i en bedrift er utarbeidet i henhold til prognoser. I en rekke av tilfellene vil derimot virkeligheten ikke stemme overens med prognosene, noe som medfører avvik.

3.3.4 Element 4: Kontrollerbare faktorer

Dette er elementet som kan påvirkes av bedriften og er følgelig det avviket som er viktigst å identifisere. For eksempel kan en ansatt foreslå å innføre en ny arbeidsmetode i bedriften.

Fordelaktige effektivitets- og volumavvik vil signalisere verdien av de nye rutinene. I forbindelse med prestasjonsmåling bør ansatte kun holdes ansvarlig for de avvikene som er kontrollerbare. Følgelig bør det ikke utføres handlinger på bakgrunn av avvik som ligger utenfor bedriftens kontroll. Dersom ikke kontrollerbare avvik inkluderes i evalueringen vil dette medføre at indikatorene som måler individets prestasjoner gir unøyaktig informasjon. Ansatte som føler seg urettferdig behandlet vil også lett kunne gå inn i et spill med bedriften. Det vil også kunne redusere de ansattes motivasjon samt øke turnover i bedriften (Merchant 1987). I henhold til Hartmann (1998) kan prestasjonsmåling basert på avviksanalyse eller budsjettbaserte nøkkeltall i enkelte tilfeller medføre lavere motivasjon, innsats og prestasjoner fra ledelsens side. Årsaken er at det eksisterer usikkerhet i ledelsens oppgaver og omgivelser, noe som gjør at avvikene som oppstår i mange tilfeller skyldes ikke-kontrollerbare faktorer. På bakgrunn av dette har kontrollabilitetsprinsippet blitt utviklet. Prinsippet fremhever viktigheten av at prestasjonsmåling kun gjøres i henhold til kontrollerbare faktorer og følger direkte av prinsippet om *Responsibility Accounting*. Det finnes argumenter i litteraturen som antyder fordeler ved at også ikke kontrollerbare faktorer inkluderes i prestasjonsmålingen. Eksempelvis argumenteres det at ledere som holdes ansvarlige for ikke-kontrollerbare avvik oppnår en riktig grad av risikoaversjon. I tillegg vil evalueringsmetoden bedre fortelle ledere hvordan deres beslutninger påvirker områder utenfor deres kontroll. Disse argumentene veiere imidlertid svakere enn argumentene for kontrollabilitetsprinsippet (Merchant 1987). Prinsippet er derfor generelt sett akseptert. At prestasjonsmåling skal utføres på bakgrunn av kontrollerbare avvik støttes også av Choudhury (1987). Empiriske undersøkelser viser imidlertid at prinsippet i høy grad blir ignorert i praksis (Hartmann 1998).

I forbindelse med avviksanalyse er det viktig å være klar over at et og samme avvik kan skyldes ulike årsaker. I forbindelse med prestasjonsmåling må disse årsakene avdekkes. En fare er at bedriften opplever to relativt store avvik i hver sin retning. Disse vil kunne nøytralisere hverandre og bedriften vil lett kunne overse behovet for endring. I tillegg er det viktig å innse at årsak-virkning relasjonen til avviket ofte er mer kompleks enn først antatt. Effekten av en hendelse (for eksempel maskinstans) vil kunne spres over en rekke ulike avvik. Dette innebærer at et rapportert avvik kan inneholde alle de fire elementene som er nevnt ovenfor. Følgelig kreves det ekspertise og erfaring for å kunne avdekke den delen av avvikene som gir nyttig informasjon til styringen av bedriften. Et avvik vil i seg selv ikke gi eksakt informasjon om hvorfor det har oppstått. Gjennomføringen og evalueringen av avviksanalysen vil følgelig sjelden være en standardisert prosedyre som kan gjennomføres

uavhengig av situasjon og bedrift. Hensikten er at analysen skal vekke ledelsens oppmerksomhet, slik at problemer kan identifiseres og forbedringer gjennomføres (Mitchell 2005).

Et av målene ved avviksanalyse er å isolere andelen av det totale avviket som skyldes en spesiell faktor. Dette gjøres i prinsippet ved å endre faktoren man ønsker å analysere, mens alle andre størrelser holdes konstant (Shank & Churchill 1977). I henhold til Horngren et. al. (2006) er det vanlig å gjøre en inndeling av avviksanalysen etter hvor detaljert informasjon den gir. Rangeringen starter på nivå 0 og øker ettersom mer informasjon inkluderes i analysen. I organisasjonen vil det forekomme en aggregert rapportering gjennom organisasjonspyramiden, der detaljeringsgraden reduseres ettersom man beveger seg høyere opp i hierarkiet. Grunnen er at de detaljerte avvikene utarbeides for å finne hva som er årsaken til avviket og hvem som kan stilles til ansvar for avviket. Følgelig er dette informasjon som benyttes i den nedre del organisasjonspyramiden (Hoff & Bjørnenak 2005).

Det teoretiske rammeverket i oppgaven er delt i to. Først vil jeg presentere teori knyttet til tradisjonell avviksanalyse. Utgangspunktet for denne teorien er Cost Accounting av Horngren et. al. (2006). Deretter vil jeg introdusere et alternativt rammeverk som er spesielt rettet mot bedrifter som benytter optimeringsmodeller i budsjetteringen. Dette rammeverket er basert på artikler av Demski (1967) og Yahya-Zadeh (2002).

3.4 Tradisjonell avviksanalyse

Det tradisjonelle rammeverket deler inn analysen i nivåer etter hvor detaljert informasjon de ulike avvikene gir. Første skritt i analysen er å beregne det statiske budsjettet, virkelige resultater og det statiske budsjettavviket.

3.4.1 Statisk budsjett og statisk budsjettavvik

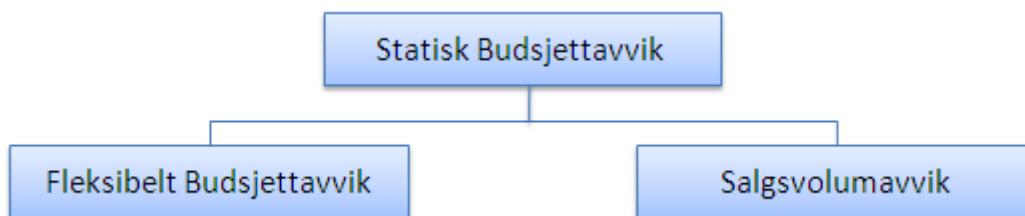
Det statiske budsjettet representerer budsjettet som utformes i forkant av perioden. Budsjettet utarbeides på grunnlag av informasjonen som foreligger på planleggingstidspunktet. Det gjøres følgelig ingen justeringer i forhold til hva som faktisk inntreffer, verken for pris eller volum. Statisk budsjettavvik blir derav differansen mellom virkelige resultater og statisk budsjett, og gir den minst detaljerte informasjonen i en avviksanalyse (nivå 0). Et fordelaktig statisk budsjettavvik innebærer at resultatet for perioden er bedre enn budsjettet, enten som følge av høyere inntekter, lavere kostnader eller en kombinasjon av disse. For å øke informasjonsgraden kan det totale statiske budsjettavviket splittes på de ulike inntekts- og kostnadsgruppene (nivå 1).

3.4.2 Fleksibelt budsjett

Et fleksibelt budsjett viser periodens budsjetterte inntekter og kostnader basert på virkelig salgsvolum (Hoff & Bjørnenak 2005). Følgelig viser det fleksible budsjettet det opprinnelige statiske budsjettet korrigert for volumendringer. Dette innebærer at fleksibelt budsjett først kan utarbeides i etterkant av perioden. Fleksibelt budsjett kan utvikles ved å gjennomføre følgende 3-trinns prosedyre (Horngren et. al 2006).

1. Identifiser virkelig salgsvolum
2. Kalkuler fleksibelt budsjett for inntekter basert på budsjettert pris og virkelig volum.
3. Kalkuler fleksibelt budsjett for kostnader basert på budsjettert variabel kostnad pr enhet, virkelig volum og budsjetterte faste kostnader.

Når det fleksible budsjettet er beregnet, kan det totale statiske budsjettavviket splittes i fleksibelt budsjettavvik og salgsvolumavvik (nivå 2).



Figur 3-2: Statisk Budsjettavvik (Horngren et. al 2006)

Det fleksible budsjettavviket er differansen mellom virkelige resultater og fleksibelt budsjett. Tilsvarende er salgsvolumavviket differansen mellom det fleksible budsjettet og det statiske budsjettet.

3.4.2.1 Fleksibelt Budsjettavvik

Inntekter

På inntektssiden vil det fleksible budsjettavviket representere et rent salgsprisavvik. Avviket illustrerer følgelig den effekten endrede salgspriser har hatt på resultatet.

Følgende formel brukes ved beregning av salgsprisavvik:

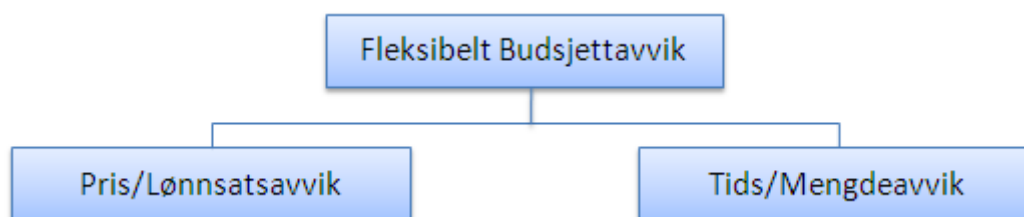
$$\text{Salgsprisavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig salgpris}}{SP_v} - \frac{\text{Budsjettert salgpris}}{SP_b} \right) * \frac{\text{Virkelig salgsvolum}}{M_v}$$

Endringer i salgpris kan blant annet skyldes økt konkurranse i markedet, der bedriften har måttet senke prisene for å opprettholde ønsket salgsvolum eller markedsandel. Det kan også skyldes konkrete prisstrategier som bedriften har gjennomført for å bedre selskapets profitt. Følgelig er dette et avvik som bedriften til en viss grad kan kontrollere, da pris kan være en

strategisk variabel i bedriften. Dersom bedriften ikke har tilstrekkelig markedsmakt til å påvirke prisene i markedet bør salgprisavviket behandles som et ikke-kontrollerbart avvik.

Direkte Kostnader

Fleksibelt budsjettavvik for direkte kostnader kan skyldes flere årsaker. Det er derfor vanlig å dele avviket i to mer detaljerte avvik; pris/lønnsavvik og tids/mengdeavvik (nivå 3). Prisavviket vil illustrere resultatforskjeller som kommer som følge av endrede priser på innsatsfaktorer. Tilsvarende vil mengdeavviket vise hvorvidt det benyttes mer eller mindre direkte material enn hva som er budsjettert for virkelig salgsvolum.



Figur 3-3: *Fleksibelt Budsjettavvik Direkte Kostnader (Horngren et. al 2006)*

Beregningen av pris/lønnsavvik og tids/mengdeavvik gjøres ved hjelp av følgende formler:

$$\text{Pris/lønnsavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig pris/lønnsats}}{P_V/L_V} - \frac{\text{Budsjettert pris/lønnsats}}{P_b/L_b} \right) * \text{Virkelig mengde } M_V$$

$$\text{Mengde/tidsavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig mengde}}{M_V} - \frac{\text{Budsjettert mengde for virkelig volum}}{M_b} \right) * \text{Budsjettert pris/lønnsats } P_b/L_b$$

Eksempler på årsaker som medfører denne type avvik kan oppsummeres i følgende tabell.

Pris/lønnsavvik	Mengde/Tidsavvik
- God forhandlingsevne	- Vedlikehold
- Kvantumsrabatter	- Driftsproblemer / Shut-down
- Endret arbeidskraft (faglært/ufaglært)	- Opplæring av ansatte
- Endret råvarekvalitet	- Endret råvarekvalitet
- Unøyaktige prognoser	- Unøyaktige prognoser

Tabell 3-1: *Årsaker til pris/lønnsavvik og mengde/tidsavvik*

For å gjøre inndelingen i pris/mengdeavvik kreves det både budsjetterte og virkelige satser for pris og mengde for de direkte kostnadene. Budsjetterte priser kan defineres på ulike måter. Følgende tre informasjonskilder kan brukes i budsjetteringen.

- Virkelige satser fra tidligere perioder
- Data fra lignende bedrifter
- Standarder utviklet i selskapet

Sistnevnte anses her som den mest anvendelige metoden. Årsaken er at virkelige satser fra tidligere perioder ikke tar hensyn til endrede forutsetninger i selskapet. For eksempel kan volumet være endret, slik at man oppnår ulik kvantumsrabatt hos leverandøren. Data fra lignende bedrifter er også vanskelig å bruke, da denne informasjonen vanligvis ikke er tilgjengelig i bedriften.

En standard skal representere en sats som bør kunne oppnås dersom bedriften handler mest mulig økonomisk rasjonelt. Standardsatser utvikles både for mengde, pris og tid. Fordelen ved å bruke standardsatser er at de (1) ekskluderer ineffektivitet som har forekommet i tidligere perioder og de (2) inkluderer endringer som vil inntreffe i kommende periode.

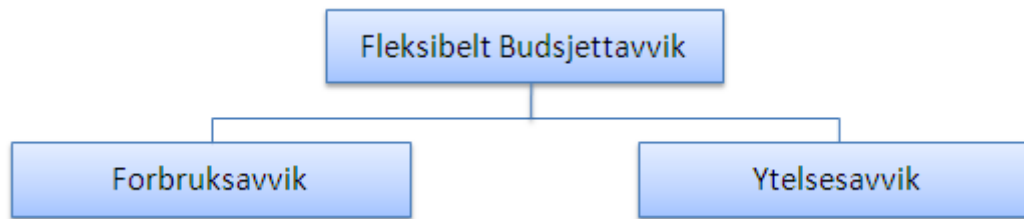
Indirekte Variable Kostnader

For indirekte variable kostnader kan ikke kostnaden henføres direkte til kostnadsobjektet. Kostnadene må derfor fordeles i henhold til en valgt kostnadsdriver. Følgende fire trinns prosedyre kan brukes ved kostnadsfordelingen av variable indirekte kostnader.

1. Velg periode for budsjetteringen.
2. Velg fordelingsnøkkel (for eksempel maskintimer).
3. Identifiser indirekte variable kostnader for hver fordelingsnøkkel.
4. Kalkuler kostnad pr. fordelingsnøkkel.

Når denne prosedyren er utført kan det fleksible budsjettet for indirekte variable kostnader beregnes. Dette beregnes ved å multiplisere produktet av budsjettert pris og budsjettert mengde av kalkylegrunlaget med virkelig salgsvolum.

Det fleksible budsjettavviket er videre gitt ved differansen mellom virkelige resultater og fleksibelt budsjett. Dette kan splittes i forbruksavvik og ytelsesavvik for å øke informasjonsgraden i analysen (nivå 3).



Figur 3-4: Fleksibelt budsjetttavik indirekte kostnader (Hornngren et. al 2006)

Ytelsesavviket måler hvorvidt bedriften effektivt klarer og utnytte den faktoren som representerer fordelingsnøkkelen. Et ufordelaktig ytelsesavvik innebærer følgelig at man bruker et høyere volum av fordelingsnøkkelen pr. enhet output enn budsjettert. Forbruksavvik skyldes pris- og mengdeendringer i de kostnadene som inngår i kostnadsgruppen indirekte variable kostnader. Følgende formler benyttes i beregningen av forbruks- og ytelsesavvik.

$$\text{Ytelsesavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig mengde}}{M_v} - \frac{\text{Budsjettert mengde}}{\text{virkelig volum}} \right) * \frac{\text{Budsjettert Pris}}{P_b}$$

$$\text{Forbruksavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig kostnad pr. fordelingsnøkkel}}{P_v} - \frac{\text{Budsjettert kostnad pr. fordelingsnøkkel}}{P_b} \right) * \frac{\text{Virkelig mengde for}}{\text{virkelig output}} M_v$$

Indirekte Faste Kostnader

Indirekte faste kostnader er kostnader som er uavhengig av hvor mye som produseres (innefor et relevant område). Dette innebærer at faste kostnader vil være uendret fra statisk til fleksibelt budsjett. Følgende 4 trinns prosedyre kan være nyttig i utviklingen av budsjett for faste indirekte kostnader

1. Velg tidsperiode for budsjettingen.
2. Velg fordelingsnøkkel.
3. Identifiser de faste indirekte kostnadene forbundet med hver fordelingsnøkkel.
4. Kalkuler enhetssatsen pr. fordelingsnøkkel.

Kostnad pr. fordelingsnøkkel kan deretter brukes i forbindelse med utarbeidelse av avviksanalysen.

Fleksibelt budsjetttavik for faste kostnader er differansen mellom virkelige faste kostnader og faste kostnader i fleksibelt budsjett. For indirekte variable kostnader ble det fleksible budsjetttaviket splittet i ytelses og forbruksavvik. For faste indirekte kostnader eksisterer det ikke ytelsesavvik, da faste kostnader er uavhengig av hvor effektivt bedriften klarer å utnytte den faktoren som brukes som fordelingsnøkkel. Følgelig vil hele det fleksible budsjetttaviket

for faste kostnader være et forbruksavvik. For faste indirekte kostnader eksisterer det imidlertid også et beskjeftigelsesavvik (produksjonsvolumavvik). Avviket oppstår fordi de faste indirekte kostnadene gjøres variable ved å beregne kostnad pr kostnadsdriver. Følgende formler benyttes i beregningen av forbruksavvik og beskjeftigelsesavvik for indirekte faste kostnader.

$$\text{Forbruksavvik indirekte faste kostnader} = \frac{\text{Virkelige faste kostnader}}{\text{Statisk/fleksibelt budsjett faste kostnader}}$$

$$\text{Beskjeftigelsesavvik} = \frac{\text{Budsjetterte indirekte faste kostnader}}{\text{IFKb}} * \left(\frac{\text{Budsjettert pris pr fordelingsnøkkel}}{\text{Pb}} - \frac{\text{Virkelig produksjonsmengde}}{\text{Mv}} \right)$$

Avviksanalysen for faste indirekte kostnader kan illustreres i følgende figur.



Figur 3-5: Indirekte faste kostnader (Horngren et. al 2006)

3.4.2.2 Salgsvolumavvik

Avvik mellom virkelige og budsjetterte resultater som ikke inngår i det fleksible budsjettavviket skyldes endret salgsvolum. Salgsvolumavviket er følgelig differansen mellom fleksibelt og statisk budsjett og representerer den virkningen endret salgsvolum har på periodens resultat. Salgsvolumavviket kan beregnes ved hjelp av følgende formel.

$$\text{Salgsvolumavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig salgsvolum}}{\text{M}_v} - \frac{\text{Budsjettert salgsvolum}}{\text{M}_b} \right) * \frac{\text{Budsjettert dekningsbidrag pr enhet}}{\text{DB}_b}$$

Salgsvolumavviket kan splittes i ytterligere avvik for å øke informasjonsgraden i analysen. Det er vanlig å splitte salgsvolumavvik i markedsavvik og salgsmiksavvik (nivå 3). Følgende formler benyttes i beregningen av markeds- og salgsmiksavvik.

$$\text{Markedsavvik} = \left(\frac{\text{Virkelig mengde alle produkter}}{\text{MT}_v} - \frac{\text{Budsjettert mengde alle produkter}}{\text{MT}_b} \right) * \frac{\text{Budsjettert salgsmiks (\%)}}{\text{SM}_b} * \frac{\text{Budsjettert DB pr enhet}}{\text{DB}_b}$$

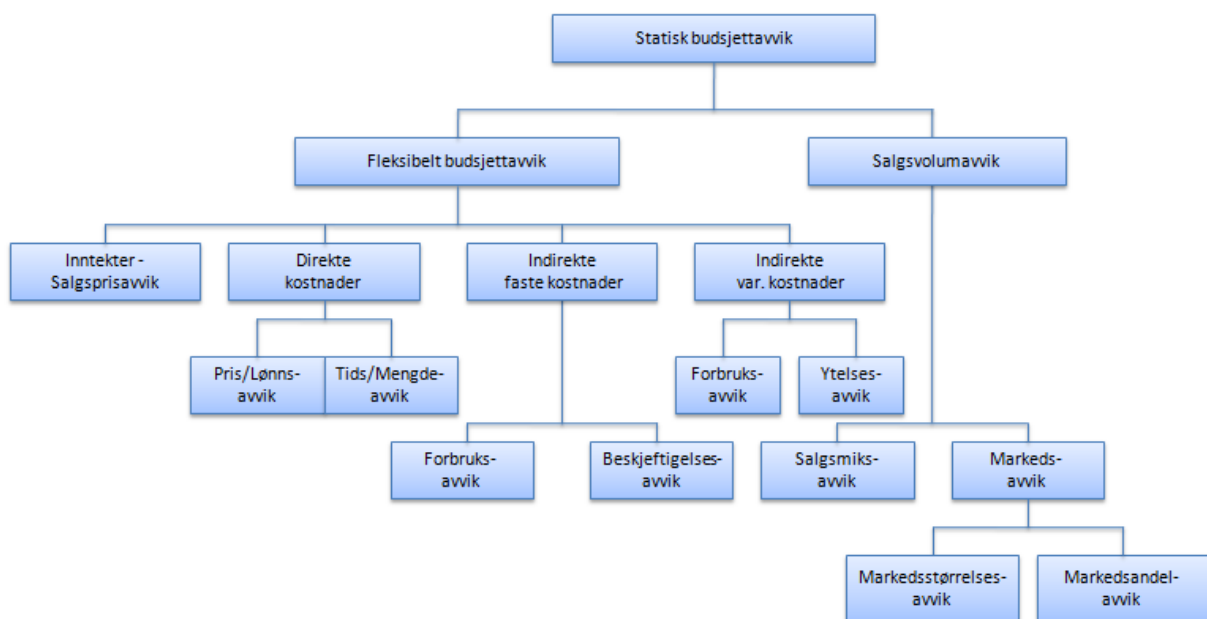
$$\text{Salgsmiksavvik} = \frac{\text{Virkelig mengde alle produkter}}{\text{MT}_v} * \left(\frac{\text{Virkelig salgsmiks (\%)}}{\text{SM}_v} - \frac{\text{Budsjettert salgsmiks (\%)}}{\text{SM}_b} \right) * \frac{\text{Budsjettert DB pr enhet}}{\text{DB}_b}$$

Det vil oppstå markedsavvik dersom bedriftens totale salg av samtlige produkter er forskjellig fra budsjett. Salgsmiksavvik vil oppstå dersom det relative salget av bedriftens produkter er endret fra budsjett. Følgende tabell oppsummerer eksempler på årsaker som kan medføre markeds- og salgsmiksavvik.

Markedsavvik	Salgsmiksavvik
<ul style="list-style-type: none"> - Prisendring - Generell vekst i markedet - Bedret kundeservice - Endret kapasitet - Unøyaktige prognoser 	<ul style="list-style-type: none"> - Endret konkurransegrad mellom bedriftens produkter - Prisstrategier fra konkurrentene - Ulik promotering av selskapets produkter

Tabell 3-2: Årsaker til markeds- og salgsmiksavvik

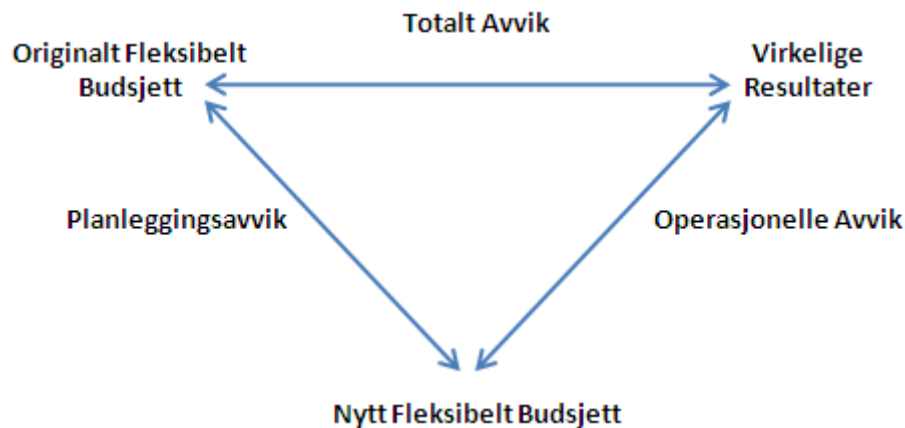
Markedsavvik kan splittes ytterligere i markedsandelsavvik og markedsstørrelsesavvik. Denne inndelingen er lite relevant for et raffineri som Mongstad og vil derfor ikke bli presentert i detalj. For ytterligere beskrivelse av den tradisjonelle avviksanalysen vises det til Horngren et. al. (2006). Rammeverket for tradisjonell avviksanalyse kan oppsummeres i følgende figur.



Figur 3-6: Oppsummering tradisjonell avviksanalyse

3.4.3 Tradisjonell avviksanalyse – Svakheter

Et problem som eksisterer ved tradisjonell avviksanalyse er at forutsetningene som inngår i budsjettet kan være unøyaktige, utdaterte eller uoppnåelige. Dersom budsjettet var umulig å oppnå, må dette tas til vurdering når evalueringen skal gjennomføres. En løsning på problemet er å skille mellom planleggingsavvik og operasjonelle avvik. Planleggingsavvikene vil representere den delen av avviket som skyldes feil i markedsbetingelser og forutsetninger. Dette kan illustreres i følgende figur.



Figur 3-7: Planleggingsavvik vs. operasjonell avvik (Garrett 1990)

Som vi ser kan det beregnes et nytt fleksibelt budsjett som tar hensyn til endrede forutsetninger. Ved å gjøre analyse på avviket mellom virkelige resultater og det nye fleksible budsjettet vil man i mange situasjoner derfor få et bedre referansepunkt (Garrett 1990). Denne analysetypen er mye omtalt i teori knyttet til avviksanalyse basert på lineær programmering.

I tillegg til dette fremhever Demski (1967) at den tradisjonelle analysen har to klare svakheter dersom den brukes i sammenheng med beslutningsmodeller (for eksempel optimeringsmodeller basert på Lineær programmering). Disse svakheterne kommenteres i det følgende

3.4.3.1 Signalisere avvik i inputvariabler

Den tradisjonelle avviksanalysen er begrenset til å inneholde avvik i inntekter og kostnader til de produktene som inngår i budsjettet. I komplekse bedrifter kan det imidlertid oppstå endringer både knyttet til hvilke produkter som selges og hvilke innsatsfaktorer som benyttes i produksjonen. Det kan følgelig være ønskelig å kunne analysere avvik som ligger utenfor de variablene som inngår i det planlagte budsjettet.

3.4.3.2 Måling av tapte muligheter

Endringer i forutsetninger knyttet til for eksempel pris, produksjonstid eller produksjonskapasitet vil direkte påvirke optimal løsning i LP-modellen. Oppdager man for eksempel at prisen for produkt A blir lavere enn planlagt eller at produktet krever lenger tid i produksjonen enn først antatt, vil dette kunne medføre at optimal produksjon endres. I den tradisjonelle avviksanalysen analyserer man differansen mellom budsjett og virkelige resultater. En slik analyse vil ikke fange opp avvik som eksisterer i form av tapte muligheter (Demski 1967). Denne svakheten ved tradisjonell avviksanalyse ble som tidligere nevnt også identifisert av Garrett (1990).

Svakhetene som er diskutert ovenfor kan i følge Ruhl (1995) medføre sub-optimale evalueringer og beslutninger. For eksempel kan ønsket om å unngå beskjefligelsesavvik for faste kostnader resultere i at produksjonen opprettholdes til tross for lavere etterspørsel. Analysen kan følgelig resultere i at ledere på lavere nivåer fokuserer på lokale resultatmål på bekostning av bedriften som helhet (Smith 2000). I henhold til Demski (1967) bør det derfor utføres en ytterligere analyse som tar høyde for disse svakhetene. Rammeverket går under betegnelsen ex-post analyse og introduseres i det følgende.

3.5 Ex-post Analyse

Demski skiller mellom ex ante, observerte og ex post resultater. Ex ante tilsvarer det statiske budsjettet fra den tradisjonelle analysen, mens observerte resultater tilsvarer de virkelige resultatene. I henhold til dette er differansen mellom ex ante og observerte resultater det samme som det statiske budsjettavviket i den tradisjonelle analysen. Da dette avviket er diskutert tidligere i oppgaven vil det ikke bli ytterligere kommentert her.

For å utarbeide ex-post budsjettet må alle endringer og ny informasjon som har tilkommet i løpet av perioden oppdateres i optimeringsmodellen. Det er viktig å fremheve at det er de virkelige forutsetningene som skal implementeres i modellen. Reduseres kapasiteten grunnet en kontrollerbar feil, skal altså ikke denne kapasitetsreduksjonen implementeres i modellen. Ved å løse modellen med virkelige forutsetninger avdekker man et nytt budsjett som viser hvilke muligheter som var tilstede i perioden. Dette resultatet betegnes som det optimale budsjettet ex-post. Differansen mellom ex-ante og ex-post er differansen mellom den planen som legges for perioden og den planen som burde vært lagt for perioden. Dette avviket går under betegnelsen statistisk planleggingsavvik (Yahya-Zadeh 2001). Tilsvarende er differansen mellom observerte resultater og ex-post forskjellen mellom de resultatene bedriften faktisk

har fått i perioden og de resultatene bedriften kunne oppnådd. Demski definerer forskjellen mellom observerte resultater og ex-post som alternativkostnaden ved at det ikke produseres optimalt.

Dersom det skal være relevant å utforme et ex-post system er det 4 forutsetninger som må være oppfylt (Demski 1967).

1. Bedriften benytter en spesifikk og veldefinert formulering i planleggingsprosessen. Dette innebærer bruk av optimeringsverktøy (for eksempel LP) som beslutningsverktøy.
2. Ledelsen klarer å skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik.
3. Feedback fra modellen resulterer i læring og handling
4. Planleggingsmodellen som brukes og de avvikene som beregnes er tilstrekkelig til å måle alle tapte muligheter.

3.5.1 Fleksibelt Budsjett – Ny definisjon

I henhold til artikler av Demski (1967) har Yahya-Zadeh (2002) utviklet et nytt rammeverk for beregning av fleksibelt budsjett. Det fleksible budsjettet skiller seg fra det tradisjonelle fleksible budsjettet og tilsvarer den optimale ex-post planen som er nevnt ovenfor. Ex-post rammeverket bygger på noen av prinsippene bak TOC (Theory of constraints). TOC er en ledelsesfilosofi der målet er å oppheve bedriftens flaskehals for å øke bedriftens gjennomstrømming. Filosofien vil ikke benyttes i oppgaven og forklares derfor ikke nærmere her. Det vises til Chase et. al (2007) for nærmere informasjon knyttet til prinsippene bak TOC.

I det følgende vil hovedtrekkene i ex-post rammeverket punktvis introduseres.

- Ex-post budsjett implementeres som evalueringsgrunnlag i analysen. Ex-post budsjettet representerer den optimale produksjonen gitt virkelige forutsetninger.
- Produksjons og markedsbetingelser er eksplisitt innarbeidet i det fleksible budsjettet. I en LP-modell vil endrede markedsbetingelser kunne medføre endringer i optimal produksjon. Det nye rammeverket implementerer informasjon om variabler som i utgangspunktet ikke er en del av produksjonsplanen i budsjettet. Dette kan for eksempel være priser på produkter som er supplement til produktene som inngår i budsjettet. På denne måten gjøres eksogene variabler i den tradisjonelle analysen til endogene variabler i det nye rammeverket. Dette er en viktig egenskap i prosessen med å skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik.

- LP-problemet er definert slik at bedriftens totale profitt maksimeres. Dette innebærer at lokale resultatmål er små bidrag til bedriftens totale profitt. Evalueringen av linjeledere vil følgelig være basert på avdelingens bidrag til bedriftens totale profitt.
- Budsjettert ledig kapasitet er implementert i produksjonsplanleggingen. Dette gjør at linjeledere ikke har insentiv til å bygge opp lager for å bedre lokale resultatmål.
- Direkte lønn inkluderes i driftskostnader. Årsaken til dette er høyere fokus på optimalisering av bedriftens knappe ressurser og maksimering av profitt.

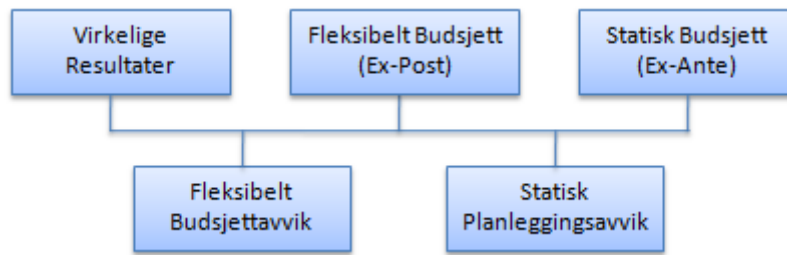
Ved beregning av statisk og fleksibelt budsjett i henhold til det nye rammeverket oppstår spørsmålet om hvilket budsjett som er egnet til evaluering av linjeledere. Evaluering etter statisk budsjett innebærer at linjelederen holdes ansvarlig for alle avvik som påvirker bunnlinjen. Evaluering etter fleksibelt budsjett fjerner imidlertid noen av avvikene som skyldes ikke kontrollerbare faktorer.

3.5.2 Avviksanalyse – Ny Tilnærming

Det nye rammeverket for avviksanalyse bruker kjente teknikker fra den tradisjonelle avviksanalysen for å beregne de ulike avvikene (Demski 1967). For å gjennomføre avviksanalysen må man som i den tradisjonelle avviksanalysen beregne statisk budsjett, fleksibelt budsjett og virkelige resultater. Det er som tidligere nevnt viktig å understreke at fleksibelt budsjett i denne sammenheng representerer det optimale budsjettet som beregnes ex-post. Det er altså ikke et volumjustert statisk budsjett som i den tradisjonelle analysen. Beregningen av budsjettene i det nye rammeverket foregår som følger.

- Statisk budsjett beregnes som det optimale årlige budsjettet basert på den informasjonen som er tilgjengelig på budsjetteringstidspunktet.
- I løpet av analyseperioden oppdateres den optimale planen ved å implementere den nyeste informasjonen i LP modellen.
- Ved slutten av perioden beregner man på nytt en optimal plan for året som har gått. Forskjellen fra den opprinnelige planen er at all virkelig informasjon er implementert i modellen. Resultatet man får ved å løse modellen representerer det fleksible budsjettet (ex-post).

Etter å ha beregnet disse budsjettene vil det ved årets slutt være mulig å gjøre en analyse tilsvarende den tradisjonelle avviksanalysen. Avvikene vil imidlertid ikke være de samme og heller ikke gi samme informasjon. Følgende figur illustrerer avvikene i det nye rammeverket.



Figur 3-8: *Fleksibelt budsjettavvik og Statisk planleggingsavvik*

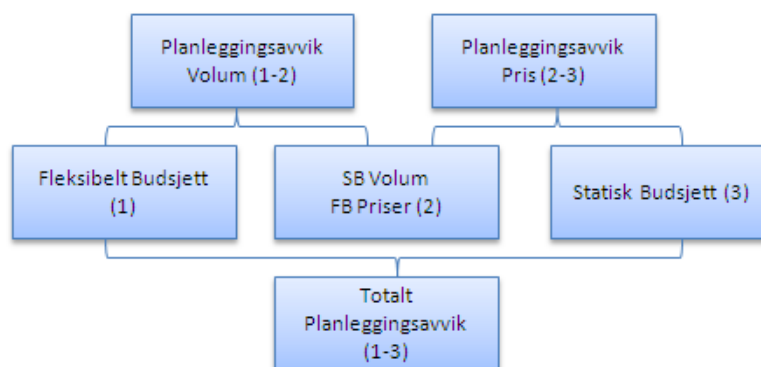
Det statiske planleggingsavviket er et nytt begrep og viser avviket mellom ex-post og ex-ante budsjett. Et stort planleggingsavvik kan signalisere behovet for bedre planlegging i fremtidige perioder. I tillegg viser avviket verdien av å kunne omstille produksjon etter hvert som ny informasjon blir tilgjengelig. Avvikene kan som i den tradisjonelle analysen splittes i mer detaljerte avvik. I ex-post rammeverket er det vanlig å skille mellom gjennomstrømningsanalyse og analyse av bedriftens driftskostnader (Yahya-Zadeh 2002).

3.5.2.1 Gjennomstrømningsanalyse

Gjennomstrømning defineres som differansen mellom inntekter og kostnader til direkte material. I gjennomstrømningsanalysen skilles det mellom statisk planleggingsavvik og fleksibelt budsjettavvik.

Statisk Planleggingsavvik

I henhold til Yahya-Zadeh (2002) kan komponentene i det statiske planleggingsavviket deles i to dimensjoner. For det første kan man skille mellom inntekts og kostnadsavvik, før man videre definerer pris og mengdeavvik. Følgende figur illustrerer denne inndelingen.

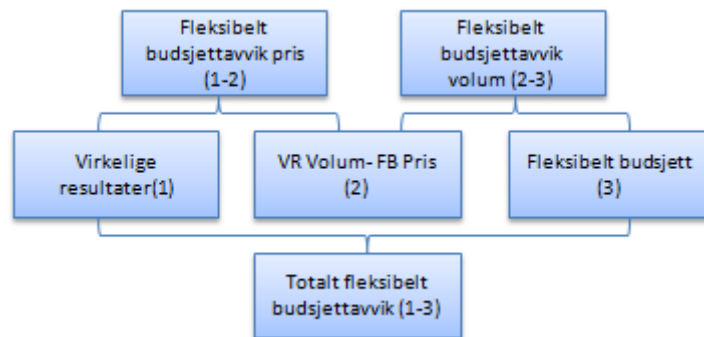


Figur 3-9: *Statisk Planleggingsavvik*

Et ufordelaktig prisavvik vil illustrere at selskaps produkter totalt sett har oppnådd lavere priser og/eller høyere materialkostnader enn de prisene som gjelder for det fleksible budsjettet. Tilsvarende vil mengdeavviket illustrere hvordan selskaps salg har vært i forhold til salgsvolumet i fleksibelt budsjett.

Fleksibelt Budsjettavvik

Det fleksible budsjettavviket kan også splittes for nøyere analyse. Følgende figur illustrerer denne oppdelingen.



Figur 3-10: *Fleksibelt Budsjettavvik*

Et mengdeavvik for inntekter vil skyldes enten endret salgsvolum eller endret salgsmiks. For eksempel vil et fordelaktig avvik indikere at det er solgt flere produkter og/eller endret salgsmiks i retning av relativt dyrere produkter. Samme resonnement gjelder på kostnadssiden. Økt salgsvolum og/eller endret salgsmiks i retning av produkter med relativt dyrere materialer vil medføre et ufordelaktig avvik på kostnadssiden. Som i den tradisjonelle avvikanalysen bør bedriften være opptatt av hvilken effekt avvikene har hatt på selskapets dekningsbidrag. Dersom bidragsvirkningen er ufordelaktig, innebærer dette at bedriften kunne økt bidraget ved å endre produksjonen i retning av produksjonen i det fleksible budsjettet. Grafisk innebærer dette at produksjonsløsningen i det fleksible budsjettet befinner seg på en høyere isobidragslinje enn den virkelige produksjonsløsningen. Dette vil gjøre det mulig å evaluere hvorvidt ledere klarer å tilpasse produksjonen til endrede markedsbetingelser som oppstår i løpet av budsjettperioden.

Et prisavvik vil vise hvorvidt det eksisterer avvik mellom virkelige priser (produkt/material) og prisene i det fleksible budsjettet. Ex-post priser vil her typisk være markedspriser. Et enkelt eksempel kan i den forbindelse illustrere ex-post analysens egenskaper til å avdekke tapte muligheter.

Gitt en bedrift der innkjøpssjefen er ansvarlig for å forhandle frem priser på råvarer. Det forutsettes at innkjøpssjefen direkte kan påvirke prisen som oppnås. Følgende tabell viser budsjetterte, virkelige og ex-post priser for perioden.

Budsjett (ex-ante)	Virkelig	Ex-post
100	90	80

Tabell 3-3: Forutsetninger eksempel

Tradisjonell avviksanalyse vil her indikere at innkjøpssjefen har oppnådd gunstigere priser enn hva som var budsjettert. Evaluering i henhold til ex-post rammeverket viser imidlertid at oppnådde priser er høyere enn den generelle markedsprisen. Eksempelet viser at innkjøpssjefens prestasjoner vil overvurderes dersom budsjettet i den tradisjonelle analysen brukes som evalueringsgrunnlag. Årsaken er at informasjon knyttet til hvilke muligheter som faktisk var til stede i perioden ikke tas hensyn til i det tradisjonelle rammeverket.

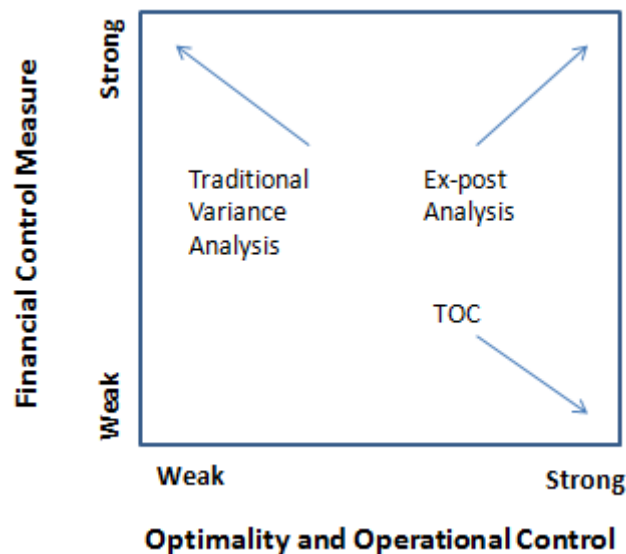
I tillegg til analyse av bedriftens gjennomstrømning, presenterer Yahya Zadeh (2002) et rammeverk for analyse av bedriftens driftskostnader. Et kjennetegn ved rammeverket er at driftskostnader regnes som faste på kort sikt. Driftskostnader inkluderer direkte lønn, salgs & administrasjonskostnader, samt det man tradisjonelt regner som faste kostnader (avskrivninger, leie, vedlikehold osv.) I et raffineri vil denne type kostnader utgjøre en relativt liten andel av de totale kostnadene i raffineriet. Dette gjenspeiles i avviksanalysen ved Mongstad der kun inntekter fra salg av produkter, samt kostnader knyttet til kjøp av råolje analyseres. Det gjøres ingen analyse av kostnader som lønn, administrasjon eller andre faste kostnader. På bakgrunn av dette velger jeg å ikke presentere det teoretiske ex-post rammeverket for bedriftens driftskostnader. Det vises imidlertid til artikler av Yahya Zadeh (2002) for ytterligere litteratur på dette området.

3.6 Ex-post vs. Tradisjonell Avviksanalyse

Jeg har ovenfor presentert en alternativ tilnærming til den tradisjonelle avviksanalysen. De to rammeverkene for avviksanalyse vil ha ulike styrker og svakheter og det vil kunne variere fra situasjon til situasjon hvilken metode som er best egnet. Undersøkelser foretatt av Lin (1978) viser at dersom avviksanalyse brukes i evalueringssammenheng vil ex-post analyse gi både høyere salg og profitt for ledere som fokuserer på at beslutninger skal være akseptable (satisficing). Det finnes imidlertid ingen signifikant forskjell mellom de to analysemetodene hos ledere som fokuserer på optimale beslutninger. Det konkluderes også med at atferdsbestemte og miljømessige faktorer som etterspørselsvariasjoner, bedriftens mulighet til å forutse etterspørselsvariasjoner, toleranse for stramme budsjetter og evnen til å forutse endringer kan påvirke valg av analysemetode. Det er viktig å presisere at studiene er basert på en forenkling av virkeligheten og at kostnadene ved analysemetodene ikke er tatt hensyn til. I

den forbindelse er det viktig å understreke at ex-post analyse er en dyrere og mer komplisert avviksmetode enn det tradisjonelle rammeverket (Lin 1978).

Ruhl (1995) argumenterer for at tradisjonell avviksanalyse kan medføre sub-optimale beslutninger. Årsaken er at det ved evaluering basert på denne avviksmetoden ofte fokuseres på lokale prestasjonsmål fremfor en overordnet strategi om høyere profitt for bedriften som helhet (Smith 2000). På bakgrunn av dette konkluderer Yahya Zadeh (2001) med at ex-post analyse er overlegen i forhold til tradisjonell analyse både i begrepsmessig utforming og praktisk bruk. Videre argumenteres det at ex-post analyse ekspanderer mulighetene i form av finansiell kontroll samt optimalitet og driftsmessig kontroll. Med finansiell kontroll menes systemets egenskaper til å sikre at finansielle mål nås. Optimalitet og driftsmessig kontroll måler to ting. For det første måles systemets evne til å optimalisere profitt gitt eksisterende betingelser. For det andre måles styrken i selskapets kontrollsystem til å sikre at driften går som planlagt. Ex-post analyse skiller seg her fra både tradisjonell analyse og TOC rammeverket (Yahya Zadeh 2001). Dette kan illustreres i følgende figur.



Figur 3-11: Financial, Optimality and Operational Control (Yahya Zadeh 2001)

Demski (1967) som først introduserte ex-post tilnærmingen argumenterer for at rammeverket tar hensyn til synergier i bedriften. Der tradisjonell analyse vurderer hvert produkt og forutsetning hver for seg, inkluderer ex-post analyse muligheten til å se bedriftens portefølje i sammenheng. Dette gjør at avvik (både positive og negative) som er med på å øke bedriftens totale profitt er fordelaktige. Videre argumenterer Demski (1967) at ex-post analyse signaliserer avvik i variabler som i utgangspunktet ikke er en del av bedriftens budsjett. Dette

innebærer for eksempel tekniske koeffisienter og priser på substitutter. I tillegg har ex-post analyse bedre mulighet til å måle bedriftens tapte muligheter, da det beregnes en plan som baseres på virkelige forutsetninger.

Det finnes imidlertid også argumenter som i enkelte tilfeller vil tale mot avviksanalyse i form av ex-post analyse. For det første krever analysemetoden kontinuerlig justering av budsjettet. Dette innebærer økt arbeidsmengde for bedriftens ledere. Dette vil trolig gi bedriften økte kostnader i form av opplæring. I tillegg til dette er verktøyet mest anvendelig for bedrifter der det er en sterk forbindelse mellom de ulike avdelingene i selskapet. Sentraliserte selskaper egner seg følgelig bedre enn desentraliserte selskaper. Til tross for at ex-post analyse favoriseres i litteraturen, kan det også stilles spørsmål ved hvor godt egnet ex-post budsjettet er som referansepunkt for periodens virkelige resultater. Dersom bedriften har begrensede muligheter til å justere produksjonen etter hvert som ny informasjon blir tilgjengelig, vil ex-post budsjettet ikke alltid være det beste evalueringsgrunnlaget. Siden man ved prestasjonsmåling bør fokusere på kontrollerbare avvik (Mitchell 2001), kan det argumenteres at denne type informasjonsavvik bør isoleres i analysen. Dette diskuteres nærmere senere i oppgaven.

3.7 Oppsummering teori

Etter å ha presentert teori knyttet til avviksanalyse ser jeg det som nødvendig å oppsummere ulike ønskede egenskaper som generelt sett bør være til stede ved denne analyseformen. Dette gjelder uavhengig av hvilket rammeverk som benyttes. Det er flere ønskede egenskaper som bør fremheves.

3.7.1 Kontrollerbarhet

I avviksanalysen bør det skilles mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik. Kun kontrollerbare avvik skal benyttes i tilknytning til evaluering og prestasjonsmåling.

3.7.2 Avstembarhet

I avviksanalyse splittes avvik med liten detaljgrad til avvik med høyere detaljgrad. Summen av avvikene på et nivå med høy detaljgrad skal være avstembart med det totale avviket som foreligger på et lavere detaljnivå. For eksempel skal summen av pris og mengdeavvik for direkte kostnader i den tradisjonelle analysen være avstembart med det fleksible budsjettavviket for direkte kostnader. Avstembarhet innebærer også at det ikke skal eksistere overlapp eller ikke-forklarte avvik i analysen.

3.7.3 Entydighet

Avviksberegning kan gjøres på mange forskjellige måter. Beregningen foretas ved at det etableres et midtpunkt mellom to budsjetter. Deretter splittes det totale avviket i henhold til dette midtpunktet. Valg av hvordan midtpunktet fastsettes vil kunne variere mellom ulike rammeverk. Dersom valg av metode har store konsekvenser for avvikets størrelse kan det stilles spørsmål ved hvor relevant informasjon analysen gir. Avviksanalyse er kun et av flere verktøy innen bedriftsøkonomisk styring. Det er derfor ikke gitt at analysemetoden er egnet i enhver situasjon.

3.7.4 Årsakssammenheng

Hensikten med avviksanalyse er å analysere årsakene til at det virkelige resultatet avviker fra budsjett. Forklaringen på hvorfor avviket oppstår skal derfor gjøres ut fra en årsakssammenheng. Dette innebærer at det bør fokuseres på årsaken til at et avvik oppstår fremfor konsekvensen av avviket. Konsekvensene som følger er selvsagt viktig informasjon og bør også inngå i analysen. Ved evaluering og prestasjonsmåling er det imidlertid årsaken til avvikene som bør være evalueringsgrunnlaget. I tillegg til dette innebærer årsakssammenheng analysens egenskaper til å isolere ulike avvik. Følgelig bør analysen kunne isolere andelen av det totale avviket som skyldes en gitt årsak.

3.7.5 Kostnad / Nytte

Avviksanalyse er et styringsverktøy som har til hensikt å bedre selskapets profitt. Dette innebærer at analysen ikke skal gjennomføres dersom kostnadene ved å utføre analysen er høyere enn verdien av den informasjonen som avdekkes.

4 Raffinerimodell

4.1 Generelt

For å analysere ulike tilnærminger til avviksanalyse har jeg valgt å benytte en modell som illustrerer et tenkt raffineri. Utgangspunktet er en raffinerimodell presentert av Favennec (2001), men det er gjort visse modifikasjoner. Jeg har valgt å gjøre modellen enkel, men har hatt fokus på at den skal inneholde tilstrekkelig med faktorer til å illustrere noen av de avvikene som kan oppstå i et raffineri. Modellen er en optimeringsmodell basert på lineær programmering, der *Microsoft Excel Solver* er benyttet som optimeringsverktøy. Årsaken til at jeg bruker lineær programmering er at dette er det primært brukte planleggingsverktøyet innenfor raffinerivirksomhet. Hensikten med modellen er å gjøre en avviksanalyse på det tenkte raffineriet, både i form av tradisjonell analyse og ex-post analyse. Jeg vil i den forbindelse også sammenligne de to avviksteknikkene for å illustrere styrker og svakheter med de to metodene, samt diskutere hvilken informasjon analysene gir. Underveis i analysen vil jeg fokusere på å forklare årsaken til avvikene som oppstår og klart definere et skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik. Modellen vil også brukes i ulike scenarioer der hensikten er å belyse ulike teknikker som benyttes ved avviksberegning.

Modellen er en-periodisk, noe som innebærer at lagervurderinger ikke er del av optimeringsbeslutningen. Dette er sammenlignbart med produksjonsplanleggingen på Mongstad. Konsekvensene av en-periodisk planlegging diskuteres i et eget kapittel senere i oppgaven.

4.2 Produkter

Raffineriet produserer 6 ulike produkter.

- Liquefied Petroleum Gas (LPG)
- Light Naphta (LN)
- Super 98 Gasoline (S98)
- Jet Fuel (JET)
- Gas Oil (AGO/HGO)
- Heavy Fuel Oil (HFO)

Produktene er et resultat av ulike prosesser som gjennomføres i raffineriet. Disse beskrives i det følgende.

4.3 Prosessanlegg

Raffinerimodellen inneholder destillasjonsanlegg, krakker og avsvovlingsanlegg. Dette er en klar forenkling i forhold til antall prosessanlegg som finnes ved Mongstad. Antall prosessanlegg anses imidlertid som tilstrekkelig for å analysere oppgavens problemstilling.

De tre prosessanleggene i raffineriet krever raffineribrenngass som energi for å drives. Denne energien utvinnes ved forbrenning av ulike typer gasser og betegnes i oppgaven som Refinery Fuel (RF).

Det finnes tre ulike typer komponenter som kan brukes som RF. Refinery Gas (RG) består av metan og etan og utvinnes i driften av samtlige prosessanlegg. RG har ingen alternativ verdi i raffineriet. I tillegg kan også LPG og LN benyttes som raffineribrenngass. LPG og LN har imidlertid alternativ verdi i form av direkte salg eller som komponent i blandingen av S98. De tre komponentene som brukes som RF har ulik effekt i forbrenningen. Effekten i forbrenningen måles i form av brennverdi (Calorific Value). Følgende tabell viser brennverdien til de tre ulike komponentene.

	Brennverdi (Calorific Value)
RG	1,3
LPG	1,2
LN	1,1

Tabell 4-1: Brennverdi

Som vi ser har RG høyest brennverdi, etterfulgt av LPG og LN. Mengden RF som kreves for å drive de ulike prosessanleggene er gjengitt i følgende tabell.

	Forbruk av RF
Destillasjon	1,80 %
Krakking	0,70 %
Avsvovling	2 %

Tabell 4-2: Forbruk av RG

Tabellen viser at det kreves 1,8 % RF for å destillere råolje. Dette innebærer at dersom 1kt råolje destilleres, kreves 0,018kt RF. Mengden RF er gitt ved produktet av mengde og brennverdi for de ulike komponentene. For eksempel kreves det 0,0138kt RG for å destillere 1kt råolje. Dette kan vises ved hjelp av følgende beregning

$$RG * 1,3 = 0,018 * 1kt \rightarrow RG = 0,0138$$

Driften av destillasjonsanlegget, krakkeren og avsvovlingsenheten forutsettes kostnadsfri utover kravet knyttet til RF.

4.3.1 Destillasjon

Destillasjon av råolje er som tidligere nevnt den første store prosessen i et raffineri. I modellen kan raffineriet kjøpe to ulike typer råolje. Disse har ulike priser og produktegenskaper. Råoljene har fått betegnelsen C1 (Crude 1) og C2 (Crude 2).

Råoljen destilleres til 8 ulike fraksjoner. Følgende fraksjoner utvinnes i destillasjonsprosessen.

- Liquefied Petroleum Gas (LPG)
- Heavy Naphta (HN)
- GO (Gas Oil)
- Vacuum Residue (VR)
- Light Naphta (LN)
- Kerosene (KE)
- Vacuum Gas Oil (VGO)
- Refinery Gas (RG)

Andelen av hver fraksjon som utvinnes i destillasjonsprosessen avhenger av råoljens produktegenskaper. Tabellen under viser utbytte av destillasjonsprosessen for råoljetypene som inngår i ex-ante budsjettet. Eksempelvis vil 1,2 % av C1 og 1,5 % av C2 resultere i LPG.

	C1	C2
RG	0,1 %	0,2 %
LPG	1,2 %	1,5 %
LN	4,0 %	4,0 %
HN	14,5 %	7,5 %
KE	15,0 %	9,0 %
GO1, GO2	31,0 %	20,3 %
VGO	21,2 %	27,5 %
VR1, VR2	13,0 %	30,0 %
TOTAL	100,0 %	100,0 %

Tabell 4-3: Råolje (ex-ante)

GO og VR er i tabellen nummerert med tallet 1 eller 2. Dette viser hvilken råolje fraksjonen utvinnes fra. GO og VR har ulike egenskaper avhengig av hvilken råolje de destilleres fra.

Som nevnt tidligere er det få av fraksjonene fra destillasjonsprosessen som kan selges direkte i markedet. Derfor kreves det videre behandling for å skape produkter som imøtekommer etterspørselen i markedet. I raffinerimodellen innebærer dette behandling i krakker og/eller avsvovlingsenhet.

4.3.2 Krakking

VGO er en relativt tung komponent som krever behandling i krakkeren. Resultatet av krakkingprosessen er LPG, CN (CC Spirit) og CGO (Light Cycle Oil Gas). CN er en lett komponent som brukes i blandingen av S98. CGO er en tyngre komponent som brukes i blandingen av AGO/HGO. I tillegg vil en liten andel av krakkerføde resultere i RG.

Krakkeren kan kjøres i to ulike modus (CN eller CGO). Valg av modus vil påvirke de relative andelene av komponentene som utvinnes fra krakkeren. Raffineriet har mulighet for å benytte begge typer modus i løpet av en periode. I LP-modellen er dette modellert som to ulike

prosesser. De knyttes deretter sammen ved at samlet produksjon ikke må overstige krakkerens totale kapasitet. Følgende tabell oppsummerer utbytte fra krakingprosessen. For eksempel vil 10 % av føde som krakkes i CGO modus resultere i LPG.

	CGO	VGO
RG (Refinery Gas)	2 %	1 %
LPG (Liquefied Petroleum Gas)	10 %	10 %
CN (CC Spirit)	44 %	38 %
CGO (Light Cycle Oil Gas)	45 %	51 %
Total	100 %	100 %

Tabell 4-4: Utbytte av krakingprosessen

4.3.3 Avsvovling

For å møte kvalitetsrestriksjonene knyttet til svovelinnhold i de raffinerte produktene har raffineriet mulighet til å redusere svovelinnholdet i GO og CGO ved hjelp av en avsvovlingsenhet. I avsvovlingsprosessen vil en liten andel av føde resultere i RG. Følgende tabell viser output fra avsvovlingsprosessen.

	GO1	GO2	CGO
Avsvovlet raffinert	98 %	97 %	96 %
RG	2 %	3 %	4 %
Total	100 %	100 %	100 %

Tabell 4-5: Utbytte i avsvovlingsprosess

4.4 Blandeprosess

Komponentene som utvinnes fra de ulike prosessanleggene (destillasjon, krakker, avsvovling) blandes til ferdigprodukter. Enkelte av komponentene kan også selges direkte i markedet. Følgende tabell viser hvilke komponenter som kan inngå i blandingen av de ulike produktene.

Produkt / Komponent	LPG	LN	HN	CN	KE	GO1	GO2	CGO	V1	V2
LPG	X									
LN		X								
JET		X	X		X					
S98	X	X	X	X						
AGO/HGO					X	X	X	X		
HFO								X	X	X

Tabell 4-6: Blandeprosess

Hvordan blandingen av de ulike produktene gjennomføres avhenger både av LP-modellens målfunksjon (profittmaksimering), samt fraksjonenes kvalitetsegenskaper. Det stilles kvalitetsrestriksjoner til enkelte av produktene som selges. I raffinerimodellen innebærer dette følgende restriksjoner

Produkt	Restriksjon
S98	$0,5 \leq \text{Damptrykk} \leq 0,86$
HFO	$30 \leq \text{Viskositet} \leq 33$
AGO/HGO	$\text{Svovelinhold} \leq 0,05 \%$

Tabell 4-7: Kvalitetsrestriksjoner

I restriksjonene er det lagt inn en liten sikkerhetsmargin som er nødvendig grunnet usikkerhet knyttet til den eksakte kvaliteten på komponentene som brukes i blandingen. Beregningen av kvaliteten i en blanding gjøres ved hjelp av "The Blending Rule" (Favennec 2001). Dette innebærer at kvaliteten er gitt ved summen av produktet mellom kvalitetsspesifikasjon og mengde av hver komponent, dividert med blandingens totale mengde. Matematisk kan dette vises ved hjelp av følgende formel:

$$Q = \frac{\sum q_i * X_i}{\sum X_i}$$

- $Q =$ Kvaliteten på blandingen
- $X_i =$ Mengde av komponent i
- $q_i =$ Kvaliteten til komponent i

Både kjøp av råolje og salg av produkter er i modellen gjengitt i masse (kt). Kvalitetsrestriksjonen knyttet til svovelinhold i AGO/HGO gjøres i henhold til denne måleenheten. Restriksjonene knyttet til damptrykk og viskositet gjøres imidlertid i henhold til blandingens volum. Det tas følgelig ikke hensyn til eskaleringseffekten som eksisterer i et raffineri. For å utføre blandingen i henhold til spesifikasjonskrav blir det nødvendig med en mellomregning som tar hensyn til komponentenes tetthet. Følgende tabell gjengir egenskaper ved de ulike komponentene.

Komponenter	Tetthet (g/cm ³)	Damptrykk (bar)	Svovelinnhold		Viskositet
			Før avsvovling	Etter avsvovling	
LPG	0,58	4,3			
LN	0,65	0,8			
HN	0,74	0,4			
KE	0,77		0,10 %		
GO1	0,83		0,20 %	0,006 %	
GO2	0,86		1,50 %	0,045 %	
VGO	0,92				
VR1	0,98				38
VR2	1,02				43
CN	0,75	0,65			
CGO	0,95		2 %	0,06 %	12

Tabell 4-8: Kvalitetssegenskaper (Ex-ante)

De to første kolonnene viser her komponentene og dens tetthet (g/cm³). Deretter viser de tre neste kolonnene komponentenes egenskaper i form av damptrykk, svovelinnhold (før/etter avsvovling) og viskositet. Omregningen fra masse til volum gjøres ved å dividere massen av hver komponent med komponentens tetthet. Deretter kan damptrykk og viskositet i blandingen beregnes.

Øvrige restriksjoner i raffineriet er kapasitetsrestriksjoner i de ulike prosessanleggene (destillasjon, krakker, avsvovling). I tillegg finnes det restriksjoner knyttet til råoljetilgang samt en viss etterspørsel av produkter som må dekkes i hver periode. Det forutsettes at alle produktene som produseres kan selges. Følgelig er det ikke begrensinger knyttet til maksimal etterspørsel. Denne forutsetningen er ikke helt i tråd med slik driften er ved Mongstad. Her er det både knyttet restriksjoner til minimal og maksimal etterspørsel. Forutsetningen vil imidlertid ikke påvirke resultatene av analysene som utføres senere i oppgaven.

I henhold til beskrivelsen ovenfor kan raffineriet illustreres i følgende flytdiagram.

4.6 Produksjonsplanlegging

Raffineriet planlegger produksjonen for perioden ved hjelp av den nevnte optimeringsmodellen. Optimeringen gjøres på bakgrunn av forutsetningene som er tilgjengelig ex-ante. Periodens virkelige forutsetninger vil imidlertid i mange tilfeller avvike fra ex-ante forutsetningene. Dette er en av årsakene til at det oppstår avvik mellom ex-ante og virkelige resultater.

Produksjonsplanleggingen i et raffineri gjøres på bakgrunn av inngåtte kontrakter, samt prognoser om spot salg i markedet. De inngåtte kontraktene er juridisk bindende og kan derfor ikke unnvikes. Hvor stor andel av produksjonsplanen som utgjør kjente kontrakter vil variere fra raffineri til raffineri. Ved Mongstad baseres produksjonsplanleggingen på en kombinasjon av inngåtte kontrakter og prognoser om spotsalg.

I raffinerimodellen forutsettes det imidlertid at hele produksjonsplanen legges på bakgrunn av kjente kontrakter. Forutsetningen representerer følgelig et ytterpunkt når det gjelder denne type produksjonsplanlegging. Hensikten med forutsetningen er å illustrere at et raffineri har begrensede muligheter til å justere produksjonen etter hvert som ny informasjon blir gjort tilgjengelig. I et raffineri vil dette både skyldes inngåtte kontrakter og tekniske aspekter i produksjonen.

På bakgrunn av forutsetningen nevnt ovenfor er raffineriet forpliktet til å kjøpe/selge den mengden råolje/ferdigprodukter som er fastsatt i ex-ante budsjettet. Raffineriet har imidlertid mulighet til å kjøpe inn ekstra råolje og selge mer ferdigprodukter dersom ny informasjon gjør dette fordelaktig. Raffineriet har også mulighet til å påvirke hvordan ferdigproduktene blandes. Dette vil være i tråd med driften på Mongstad der produktene blandes like før de leveres til kunden.

Forutsetningene som er tilgjengelig ex-ante er gjengitt i tabellene under. Den første tabellen viser egenskapene til de to ulike råoljene mens den siste tabellen viser pris, etterspørsel og kapasitetstall for perioden.

	C1	C2
RG	0,1 %	0,2 %
LPG	1,2 %	1,5 %
LN	4,0 %	4,0 %
HN	14,5 %	7,5 %
KE	15,0 %	9,0 %
GO1, GO2	31,0 %	20,3 %
VGO	21,2 %	27,5 %
VR1, VR2	13,0 %	30,0 %
	100,0 %	100,0 %

Tabell 4-9: Råoljeegenskaper (Ex-ante)

	Pris pr. kt	Min Salg (kt)	Maks kjøp (kt)	Kapasitet (kt)
C1	183		400	
C2	155		800	
LPG	200	6		
LN	200	11		
S98	240	20		
Jet Fuel	210	50		
AGO/HGO	205	160		
HFO	95	148		
Destillasjon				700
Kraker				135
Avsvovling				150

Tabell 4-10: Pris og Etterspørsel (Ex-ante)

På bakgrunn av forutsetningene ovenfor planlegger raffineriet følgende produksjon.

Inntekter (produkt salg)	Salg/Produksjon	Pris	Inntekt	Kapasitetsutnyttelse	Kapasitet	Utnyttelse	Slakk
LPG	6,6	200	1315	Destillasjon	700	572	128
LN	11,0	200	2200	Kraking	135	135	0
JetFuel	72,7	210	15273	Avsvovling	150	150	0
S98	148,6	240	35672				
AGO/HGO	170,7	205	35002				
HFO	151,0	95	14348				
RF	11,3	0	0				
Totale inntekter			103810				
Kostnader (kjøp av råolje)	Kjøp	Pris	Kostnad				
C1	354,1	183	64798				
C2	217,9	155	33781				
Totale kostnader			98579				
Profitt			5232				

Tabell 4-11: Produksjon (Ex-ante)

Som vi ser planlegger raffineriet en profitt på 5232. Vi ser også at kapasiteten i både kraker og avsvovlingsanlegg er fullt utnyttet. Det er imidlertid slakk i råoljeanlegget. Vi ser også at raffineriet benytter en relativt høyere andel C1 enn C2. Dette kan blant annet skyldes at en stor andel C2 (30 %) destilleres til VR2 som videre kun benyttes i blandingen av HFO. Prisen

på HFO er lav sammenlignet med prisen på C2, noe som kan indikere at denne råoljen er relativt mindre lønnsom enn C1.

Ex-ante forutsetningene er som tidligere nevnt basert på prognoser. Prognosene stemmer ikke helt overens med virkeligheten, noe som innebærer at det oppstår avvik mellom ex-ante og virkelige forutsetninger. Følgende virkelige forutsetninger gjelder for perioden.

	C1	C2
RG	0,1 %	0,3 %
LPG	1,2 %	1,5 %
LN	4,0 %	4,0 %
HN	16,5 %	7,5 %
KE	15,0 %	9,0 %
GO1, GO2	31,0 %	20,3 %
VGO	19,2 %	27,4 %
VR1, VR2	13,0 %	30,0 %
	100,0 %	100,0 %

Tabell 4-12: Råoljeegenskaper (Virkelig)

	Pris pr. kt	Min Salg (kt)	Maks kjøp (kt)	Kapasitet (kt)
C1	184		400	
C2	145		10000	
LPG	200	6		
LN	200	11		
PG98	230	20		
Jet Fuel	210	50		
AGO/HGO	200	160		
HFO	105	148		
Destillasjon				700
Krakker				140
Avsvovling				155

Tabell 4-13: Pris og etterspørsel (Virkelig)

Som vi ser er egenskapene til råoljen som ble levert forskjellig fra plan. C1 inneholder en høyere andel HN (+2%) og en lavere andel VGO (-2%). C2 inneholder en høyere andel RG (+0,1 %) og en lavere andel VGO (-0,1%). Råoljeprisene avviker også noe fra plan. C1 er blitt noe dyrere (+1), mens C2 har blitt rimeligere (-10). I tillegg til dette har prisen på ferdigproduktene endret seg noe. Prisen på S98 og AGO/HGO er redusert med henholdsvis 10 og 5, mens prisen på HFO har steget med 10. Kapasiteten i prosessanleggene er også høyere enn plan. Årsaken er at et planlagt vedlikeholdsarbeid er utsatt til en senere periode. Kapasitet ble derfor i utgangspunktet 10kt høyere i krakker og 5kt høyere i avsvovlingsanlegget. Det har imidlertid oppstått en teknisk feil i krakkeren, noe som har redusert kapasiteten med 5kt. Den virkelige tilgjengelige kapasiteten i krakkeren ble derfor 140kt.

På bakgrunn av denne informasjonen oppnår raffineriet følgende virkelige resultater i perioden.

Inntekter (produkt salg)	Salg / Produksjon	Pris	Inntekt	Kapasitetsutnyttelse	Kapasitet	Utnyttelse	Slakk
LPG	6,6	200	1315	Destillasjon	700	617	83
LN	11,0	200	2200	Krakking	140	140	0
JetFuel	76,8	210	16121	Avsvovling	155	155	0
S98	164,0	230	37710				
AGO/HGO	171,9	200	34377				
HFO	174,7	105	18341				
RF	12,1	0	0				
Totale inntekter			110064				
Kostnader (kjøp av råolje)	Kjøp	Pris	Kostnad				
C1	354,1	184	65152				
C2	262,8	145	38110				
Totale kostnader			103262				
Profitt			6802				

Tabell 4-14: Produksjon (Virkelig)

Som vi ser er profitten vesentlig forbedret i forhold til budsjett (ca 30 %). Kapasiteten i avsvovlingsanlegget og krakkeren er fremdeles fullt utnyttet, mens slakken i destillasjonstårnet er redusert.

Informasjonsgrunnlaget ovenfor viser at det oppstår et avvik mellom budsjetterte og virkelige resultater. Følgelig vil det være mulig å gjennomføre en avviksanalyse som har til hensikt å kartlegge årsaken til at avviket har oppstått. I det følgende vil jeg gjennomføre en avviksanalyse som er utført i henhold til det teoretiske rammeverket introdusert tidligere i oppgaven. Det vil i den forbindelse utføres både tradisjonell og ex-post analyse. Hensikten er å analysere hvorvidt rammeverkene oppfyller kravene som kjennetegner en god avviksanalyse. Både tradisjonell og ex-post analyse bruker mange av de samme teknikkene i avviksberegningen. Den største forskjellen mellom de to tilnærmingene er som tidligere nevnt hvilket budsjett de virkelige resultatene sammenlignes med. Etter at analysene er gjennomført vil metodene evalueres og sammenlignes for å undersøke hvorvidt teknikkene er egnet som analyseverktøy ved Mongstad raffineri.

5 Tradisjonell Avviksanalyse

For å kunne gjennomføre den tradisjonelle avviksanalysen er det enkelte forutsetninger som må klargjøres. En sentral forutsetning er knyttet til valg av kostnadsfordeling. Raffinerivirksomhet kjennetegnes av at produkter utvinnes gjennom en felles produksjonsprosess. Kostnader som påløper i en slik prosess defineres i henhold til Horngren et. al (2006) som felleskostnader. Ved fordeling av felleskostnader finnes det ulike tilnærminger. Det skilles i hovedsak mellom to grupper av fordelingsmetoder; markedsbaserte metoder og fysiske mål. Ved markedsbaserte metoder finnes det tre ulike tilnærminger som kan benyttes (Horngren et. al 2006).

1. Salgsverdi ved splitt-tidspunktet
2. Netto realiserbar verdi (NRV)
3. Konstant bruttomargin fortjeneste (KBF)

Salgsverdi ved splitt-tidspunktet innebærer at kostnaden fordeles i henhold til prisen på komponentene som er resultatet av felleprosessen. Metoden forutsetter at det eksisterer markedspriser på komponentene, noe som ikke er tilfellet for raffineriets komponenter. Følgelig kan ikke kostnadene fordeles ved hjelp av denne metoden. En annen metode er å fordele kostnadene i henhold til netto realiserbar verdi (NRV). NRV er gitt ved produktets salgsverdi fratrukket separable kostnader som inntreffer etter felleprosessen. Deretter fordeles kostnadene i henhold til produktets relative andel av bedriftens totale NRV. Den siste markedsbaserte tilnærmingen går under betegnelsen konstant bruttomargin fortjeneste og innebærer at felleskostnaden fordeles på en måte som gir hvert produkt lik bruttomargin. Fysiske metoder innebærer at kostnaden fordeles i henhold til relativ vekt, volum eller andre fysiske mål (Horngren et. al 2006).

I analysen har jeg valgt å fordele kostnadene i henhold til netto realiserbare verdi. For det første eksisterer det ikke gode markedspriser på alle komponenter som utvinnes i destillasjonsprosessen. Følgelig vil salgsverdi ved splitt-tidspunktet være vanskelig å benytte. I tillegg fremgår det av Horngren et. al (2006) at NRV er den mest benyttede fordelingsmetoden innen raffinerivirksomhet. Da det ikke eksisterer øvrige kostnader i raffineriet, vil NRV i eksempelet tilsvare at kostnadene fordeles etter relativ salgssinntekt. Dette gjør kostnadsfordelingen enkel, noe som også er et kriterium ved valg av fordelingsmetode (Horngren et. al 2006).

Første steg i kostnadsfordelingen er å beregne den relative inntekten til samtlige produkter. Denne vekten benyttes for å fordele kostnadene til produktene. Følgende tabell viser budsjettert og virkelig vekt pr produkt.

Inntekter	Budsjett	Vekt	Virkelig	Vekt
LPG	1 315	1 %	1 315	1 %
LN	2 200	2 %	2 200	2 %
S98	35 672	34 %	37 710	34 %
Jet Fuel	15 273	15 %	16 121	15 %
Ago/Hgo	35 002	34 %	34 377	31 %
HFO	14 348	14 %	18 341	17 %
Total	103 810	100 %	110 064	100 %

Tabell 5-1: NRV ved kostnadsfordeling

Vekten til hvert produkt er gitt ved produktets relative andel av raffineriets totale inntekt. Etter å ha beregnet vekten for samtlige produkter fordeles kostnadene ved å multiplisere vekten med periodens totale kostnader. Kostnad pr produkt kan deretter beregnes ved å dividere produktets totale kostnad med antall enheter. For eksempel kan budsjetterte kostnader for LPG fordeles ved å multiplisere periodens totale kostnad (98 579) med produktets vekt (1,3 %). Dette gir en fordelt kostnad på 1249. Følgende tabell oppsummerer budsjettert og virkelig kostnadsfordeling for samtlige av raffineriets produkter.

Budsjett	Vekt	Kostnad	Antall Enheter	Kostnad / Enhet
LPG	1,3 %	1 249	6,6	189,9
LN	2,1 %	2 089	11,0	189,9
S98	34,4 %	33 874	148,6	227,9
Jet Fuel	14,7 %	14 503	72,7	199,4
Ago/Hgo	33,7 %	33 238	170,7	194,7
HFO	13,8 %	13 625	151,0	90,2
Total	100 %	98 579	560,7	
Virkelig	Vekt	Kostnad	Antall Enheter	Kostnad / Enhet
LPG	1,2 %	1 234	6,6	187,6
LN	2,0 %	2 064	11,0	187,6
S98	34,3 %	35 380	164,0	215,8
Jet Fuel	14,6 %	15 125	76,8	197,0
Ago/Hgo	31,2 %	32 252	171,9	187,6
HFO	16,7 %	17 207	174,7	98,5
Total	100 %	103 262	604,9	

Tabell 5-2: Kostnadsfordeling

Etter at kostnadene er fordelt til de ulike produktene kan avviksanalysen gjennomføres.

Første steg i analysen er å utarbeide det statiske budsjettavviket. Dette viser differansen mellom budsjetterte og virkelige inntekter, kostnader og resultat. Det statiske budsjettavviket er gjengitt i følgende tabell.

	Statisk Budsjett	Statisk Budsjettavvik	Virkelig
Inntekt	103 810	6 253	110 064
Kostnad	98 579	4 684	103 262
Resultat	5 232	1 570	6 802

Tabell 5-3: Statisk Budsjettavvik

Som vi ser opplever raffineriet et fordelaktig statistisk budsjettavvik i perioden.

Neste steg i analysen er å splitte det statiske budsjettavviket i salgsvolumavvik og fleksibelt budsjettavvik. Dette gjøres ved å beregne det fleksible budsjettet for perioden. Følgende tabell viser statistisk budsjett, fleksibelt budsjett og virkelige resultater, samt avvikene som skiller de ulike budsjettene.

Inntekter	Virkelig	Fleksibelt Budsjettavvik	Fleksibelt Budsjett	Salgsvolum- avvik	Statisk Budsjett
LPG	1 315	0	1 315	0	1 315
LN	2 200	0	2 200	0	2 200
S98	37 710	-1 640	39 350	3 678	35 672
Jet Fuel	16 121	0	16 121	848	15 273
Ago/Hgo	34 377	-859	35 236	234	35 002
HFO	18 341	1 747	16 594	2 245	14 348
Total	110 064	-752	110 816	7 006	103 810
Kostnader					
LPG	1 234	-15	1 249	0	1 249
LN	2 064	-25	2 089	0	2 089
S98	35 380	-1 987	37 366	3 493	33 874
Jet Fuel	15 125	-184	15 309	806	14 503
Ago/Hgo	32 252	-1 208	33 460	222	33 238
HFO	17 207	1 450	15 757	2 132	13 625
Total	103 262	-1 969	105 231	6 653	98 579
Resultat					
LPG	81	15	66	0	66
LN	136	25	111	0	111
S98	2 330	347	1 983	185	1 798
Jet Fuel	996	184	812	43	770
Ago/Hgo	2 124	349	1 776	12	1 764
HFO	1 133	297	836	113	723
Total	6 802	1 217	5 585	353	5 232

Tabell 5-4: Fleksibelt budsjettavvik og Salgsvolumavvik

Beregningen av det fleksible budsjettet for inntekter gjøres ved å multiplisere budsjettet pr. produkt med virkelig salgsvolum. For eksempel beregnes fleksibelt budsjett for S98 som produktet av 240 (budsjettet pr. produkt) og 163,96 (virkelig mengde).

Tilsvarende fremgangsmåte gjelder også ved beregning av fleksibelt budsjett for periodens kostnader. Dette innebærer å multiplisere budsjettet pr. produkt med virkelig

salgsvolum. For eksempel er fleksibelt budsjett for S98 gitt ved produktet av 227,9 (budsjettert kostnad pr enhet) og 163,96 (virkelig mengde).

Oppsplittingen i salgsvolumavvik og fleksibelt budsjettavvik isolerer avviket som skyldes endret salgsvolum mellom budsjetterte og virkelige resultater. Som vi ser er begge disse avvikene fordelaktige i perioden. Det er imidlertid nødvendig å analysere avvikene i nærmere detalj for å forsøke å forklare årsaken til hvorfor avvikene har oppstått.

Salgsvolumavviket kan som tidligere nevnt splittes i salgsmiksavvik og markedsavvik. Ved analyse av volumendringer i perioden er det resultatvirkningen som bør analyseres, da separat analyse av inntekter og kostnader gir lite informasjon alene.

Nedenfor vises markedsavvik og salgsmiksavvik for samtlige produkter, samt beregningen av avvikene for S98. Salgsmiksavviket beregnes ved at differansen mellom virkelig og budsjettert salgsmiks multipliseres med periodens totale produksjon og produktets budsjetterte bidrag. Markedsavviket beregnes ved at differansen mellom periodens virkelige og budsjetterte totalproduksjon multipliseres med budsjettert salgsmiks og budsjettert dekningsbidrag. Som tidligere nevnt er det viktig å understreke at de ulike produktenes dekningsbidrag vil variere i henhold til valg av metode for kostnadsfordeling. Avvikene kan derfor oppfattes som noe tilfeldig.

$$\text{Salgsmiksavvik S98} = 604,9 * \left(\frac{163,96}{604,9} - \frac{148,63}{560,7} \right) * (240 - 227,9) = 44 \text{ (F)}$$

$$\text{Markedsavvik S98} = (604,9 - 560,7) * \frac{148,63}{604,9} * (240 - 227,9) = 142 \text{ (F)}$$

	Fleksibelt Budsjett	Salgsmiks- avvik	Markeds- avvik	Statisk Budsjett
LPG	66	-5	5	66
LN	111	-9	9	111
S98	1 983	44	142	1 798
Jet Fuel	812	-18	61	770
Ago/Hgo	1 776	-127	139	1 764
HFO	836	56	57	723
Total	5 585	-59	412	5 232

Tabell 5-5: Salgsmiksavvik og Markedsavvik

Salgsmiksavviket for perioden er totalt sett ufordelaktig. Dette innebærer at raffineriet selger en mindre gunstig salgsmiks i henhold til budsjetterte priser. Endrede markedsbetingelser kan imidlertid ha forårsaket at det er fordelaktig å gjennomføre en vridning i retning av en annen porteføljesammensetning.

Markedsavviket for perioden er totalt sett fordelaktig. Dette innebærer at raffineriet i perioden produserer en større mengde ferdigprodukter enn budsjettert. Årsaken til dette skyldes blant annet økt tilgjengelig kapasitet i krakker og avsvovlingsenheten, noe som har økt gjennomstrømmingen i raffineriet. En svakhet med den tradisjonelle analysen er at markedsavviket ikke avdekker avviket som kommer som følge av feil i krakkeren. Siden det planlagte vedlikeholdsarbeidet ikke gjennomføres, økes kapasiteten i krakkeren. Dette dekker over den kontrollerbare feilen som oppstår i perioden og resulterer i et fordelaktig markedsavvik. Eksempelet illustrerer svakheten ved tradisjonell avvikanalyse i tilknytning til identifisering av tapte muligheter. Markedsavviket kan også skyldes endrede markedsbetingelser. Siden det er ledig kapasitet i destillasjonstårnet kan endringer i markedsbetingelser ha gjort det gunstig å øke produksjonen.

Det fleksible budsjettavviket kan også analyseres i nærmere detalj. For inntekter vil avviket i sin helhet skyldes endrete salgspriser på raffineriets produkter. Dette gjelder generelt, noe som innebærer at avviket kan defineres som et rent salgprisavvik. Som vi ser av tabell 5-4 har raffineriet fordelaktig prisavvik på HFO og ufordelaktig prisavvik på S98 og AGO/HGO. Dette skyldes prisendringene som er skissert tidligere. Prisendringer kan skyldes endringer på markedssiden (tilbud/etterspørsel), valutakursendringer eller endrede fraktpriser. I tillegg kan endringen skyldes endringer i kontrakter knyttet til kvaliteten på produktene som leveres. Er denne høyere enn budsjettet tilsier dette en prisøkning.

Det forutsettes at prisøkningen på HFO skyldes at raffineriet har klart å kombinere leveringer til flere kunder samtidig, slik at fraktkostnadene reduseres. Kontraktprisen på HFO inkluderer levering til kunde, og prisen som er oppgitt er derfor det kunden betaler fratrukket fraktkostnader. Siden fraktkostnadene er redusert, øker derfor prisen raffineriet mottar. Dette prisavviket er påvirkbart, da raffineriet selv planlegger hvilke kunder de selger produkter til, samt hvordan leveringen foretas. Prisavvikene på S98 og AGO/HGO skyldes leveringsproblemer fra et stort raffineri i USA. Dette har medført ubalanse i tilbud/etterspørsel, noe som har drevet Platts noteringen på disse produktene opp. Dette avviket bør anses som et ikke kontrollerbart avvik fra raffineriets side.

Siste steg i analysen er å analysere det fleksible budsjettavviket for raffineriets råoljekostnader. Dette avviket eksisterer i hovedsak som følge av to årsaker. Den ene er knyttet til endret pris / miks av råolje. Den andre er knyttet til avvik mellom budsjettert og virkelig mengde betalbare produkter som utvinnes fra råoljen. Det fleksible budsjettavviket kan analyseres i nærmere detalj for å beregne effekten av hver årsak.

Som tidligere nevnt oppfattes råoljekostnadene som fellekostnader i raffineriet. I henhold til Horngren et. al (2006) innebærer dette at kostnadene er å betrakte som indirekte kostnader. Hvorvidt kostnadene behandles som direkte eller indirekte i avviksanalysen vil imidlertid ikke ha betydning for resultatet av analysen. Den eneste forskjellen er betegnelsen på de ulike avvikene. Analyse av indirekte variable kostnader benytter forbruks / ytelsesavvik, mens direkte kostnader benytter pris/mengdeavvik. Da terminologien i avvikene for direkte kostnader passer bedre for avvikene som har oppstått i raffineriet har jeg valgt å bruke denne tilnærmingen.

Mengdeavvik skyldes som tidligere nevnt at det eksisterer avvik mellom budsjettert og virkelig forbruk av råolje pr. enhet ferdigprodukt. Hvor mange kt råolje som kreves for å fremstille 1kt råolje finnes ved å dividere totalt råoljeforbruk med total produksjon av ferdigprodukter. Resultatet av beregningen er gjengitt i følgende tabell.

	Budsjett	Virkelig
Total mengde råolje (kt)	572,0	616,9
Total mengde ferdigprodukter (kt)	560,7	604,9
Råolje pr kt ferdigprodukt	1,0202	1,0199

Tabell 5-6: Mengdeavvik råolje

Som tabellen viser kreves en relativt større andel råolje for å fremstille produktene i budsjettet enn i de virkelige resultatene. Årsaken til dette er at den virkelige råoljemiksen inneholder en høyere andel RG enn budsjettert. I både budsjett og virkelige resultater benyttes LPG som supplement til RG. RG har imidlertid høyere brennverdi enn LPG. Derfor trenger raffineriet en relativt mindre totalmengde RF for å drive prosessanleggene. Dette medfører at råoljeforbruk pr kt ferdigprodukt er mindre enn budsjettert. Mengdeavviket er en konsekvens av den råoljemiksen som velges. Avviket bør derfor til en viss grad behandles som et kontrollerbart avvik. Grunnet raffineriets begrensede mulighet til å endre produksjonen vil imidlertid store deler av avviket også skyldes ikke kontrollerbare faktorer.

Det er ikke nødvendig å fordele mengdeavviket til de ulike produktene. Beregningen kan derfor gjøres direkte for raffineriets totalproduksjon. Avviket er gitt ved differansen mellom virkelig og budsjettert råolje pr kt ferdigprodukt, multiplisert med virkelig produksjon og budsjettert pris pr kt råolje. Dette kan vises i følgende beregning.

$$\text{Mengdeavvik} = (1,0199 - 1,0202) * 604,9 * 172,33 \approx 25(F)$$

604,9 refererer her til virkelig produksjon av ferdigprodukter i perioden. 172,33 er budsjettert pris pr kt råolje og beregnes som et vektet snitt av budsjettert råoljemiks.

Den resterende andelen av det fleksible budsjettavviket er knyttet til prisendring på råoljen. Periodens prisavvik er følgelig gitt ved følgende beregning:

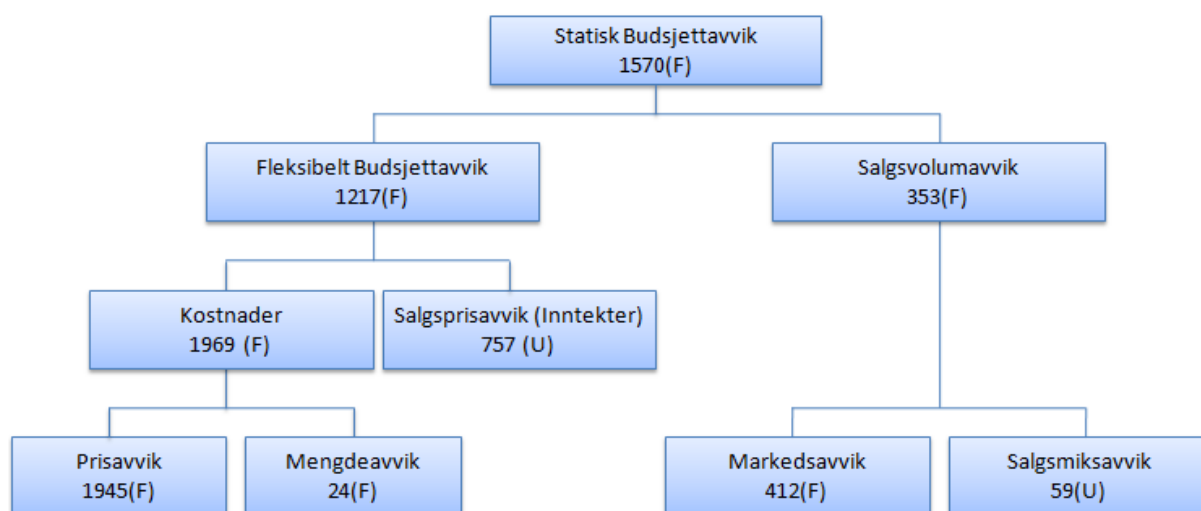
$$\text{Prisavvik} = 1969 (F) - 25 (F) = 1945 (F)$$

Prisavviket på 1945 (F) skyldes i sin helhet endrede råoljepriser. Dette kan imidlertid komme av tre årsaker. For det første kan prisene på råolje ha endret seg. Dette er tilfellet både for C1 og C2, der prisen har økt/reduisert med henholdsvis 1 og 10. Prisen på C1 har økt, noe som skyldes at kvaliteten på produktet er noe høyere enn budsjettet. Det kan diskuteres hvorvidt dette er et kontrollerbart avvik eller ikke. Prisen på C2 er redusert i forhold til budsjett noe som skyldes to årsaker. For det første er råoljekvaliteten noe lavere enn budsjettet (høyere andel RG). I tillegg skyldes prisreduksjonen en reduksjon i Platts Brent noteringen. Det siste avviket antas som ikke kontrollerbart fra raffineriets siden. Forbruksavviket kan også skyldes at den relative andelen av råoljene som benyttes er endret i forhold til budsjett. Dette er tilfellet for raffineriet, da andelen C2 som benyttes er høyere enn budsjettet. Valg av råolje kan til en viss grad anses som et kontrollerbart avvik. Inngåtte kontrakter innebærer imidlertid at det eksisterer restriksjoner knyttet til hvilken råoljemiks som kan benyttes. En tredje årsak kan være at komponentene som brukes i blandingen av ferdigproduktene er av høyere kvalitet enn budsjettet. Dersom dette er i henhold til ønske fra kunden vil prisen justeres. I blandedprosessen eksisterer det imidlertid en viss usikkerhet ved komponentene som brukes i blandingen. Dette fordi kvaliteten på komponentene i raffineriets komponentlager varierer. Dette betyr at blandingen som leveres til kunden lett kan avvike fra spesifikasjonskravene. Det vil få svært negative konsekvenser for raffineriet dersom blandingen er under spesifikasjonskrav, da dette gir kunden sterk forhandlingsmakt og mulighet til å kreve høye rabatter. Derfor utføres blandingen på en måte som sikrer at kvaliteten ikke er under spesifikasjonskravene. Variasjon i kvaliteten på komponentene vil derfor medføre at produktene som leveres til kunden ofte er over spesifikasjonskravene. Dersom vi beregner svovelinnholdet i den virkelige AGO/HGO blandingen ved hjelp av ”*The Blending Rule*” finner vi at innholdet er 0,45 %. Dette vises i følgende beregning.

$$\frac{1}{\text{AGO|HGO}} * (0,1\text{KEGO} + 0,2\text{GO1GO} + 1,5\text{GO1GO} + 2\text{CGOG} + 0,006\text{DSGO1GO} + 0,045\text{DSGO2GO} + 0,06\text{DSCGOGO}) =$$

$$\frac{1}{171,9} * (0,1 * 0 + 0,2 * 20,8 + 1,5 * 0 + 2 * 0 + 0,006 * 87,2 + 0,045 * 51,8 + 0,06 * 12,1 = 0,045$$

Som tidligere nevnt er spesifikasjonskravet 0,5 %. Raffineriet leverer altså et produkt med lavere svovelinnhold (høyere kvalitet) enn budsjettet. Da raffineriet ikke får betalt for denne kvalitetsøkningen betegnes dette som give-away fra raffineriets side. Hvorvidt give-away bør behandles som et kontrollerbart avvik eller ikke avhenger av om det er innarbeidet en viss sikkerhetsmargin i de standardene som brukes. Dersom ingen sikkerhetsmargin er innarbeidet i standardene kan det diskuteres hvorvidt avviket er kontrollerbart. Siden raffineriet ikke har perfekt informasjon om kvaliteten på komponentene som befinner seg i komponentlageret, er man tvunget til å blande med en viss grad av slakk. Ligger det imidlertid allerede en sikkerhetsmargin i de standardene som brukes, bør raffineriet klare å holde seg innenfor disse. Give-away utover dette bør følgelig behandles som et kontrollerbart avvik. Oppsummert gir den tradisjonelle avviksanalysen for raffineriet følgende avvik.



Figur 5-1: Oppsummering tradisjonell avviksanalyse

6 Ex-post analyse

Raffineriet benytter som tidligere nevnt en optimeringsmodell i produksjonsplanleggingen. Ex-post budsjettet beregnes ved å løse LP-modellen for virkelige forutsetninger. Følgende tabell sammenstiller ex-ante, ex-post og virkelige resultater.

	Ex Ante	Virkelig	Ex Post
Inntekt	103 810	110 064	101 611
Kostnad	-98 579	-103 262	-93 411
Resultat	5 232	6 802	8 200

Tabell 6-1: Budsjettsammenstilling

Resultatene i tabellen er basert på følgende produksjon.

Produktportefølje	Ex-Ante (kt)	Virkelig (Kt)	Ex-Post (kt)
LPG	6,6	6,6	9,1
LN	11,0	11,0	11,0
S98	148,6	164,0	148,1
Jet Fuel	72,7	76,8	50,0
Ago/Hgo	170,7	171,9	160,0
HFO	151,0	174,7	200,1
Total	560,7	604,9	578,4
Råolje	Ex-Ante (kt)	Virkelig (Kt)	Ex-Post (kt)
C1	354,1	354,1	202,4
C2	217,9	262,8	387,4
Total	572,0	616,9	589,8

Tabell 6-2: Produksjonssammenstilling

Som vi ser er resultatet i ex-post budsjettet høyere enn ex-ante budsjettet. Dette innebærer at markedsbetingelsene for raffineriet er bedret i forhold til budsjett. Dersom det er muligheter for å justere produksjonen i henhold til ny informasjon vil evaluering i forhold til tradisjonell avviksanalyse følgelig overvurdere raffineriets prestasjoner.

Differansen mellom resultatene i tabell 6-1 kan splittes i statisk planleggingsavvik og fleksibelt budsjettavvik. Det fleksible budsjettavviket er gitt ved differansen mellom virkelige resultater og ex-post budsjett, mens det statiske planleggingsavviket er gitt ved differansen mellom ex-post og ex-ante budsjett. Tabellen nedenfor oppsummerer disse avvikene.

	Virkelig	Fleksibelt Budsjettavvik	Ex Post	Statisk Planleggingsavvik	Ex Ante
Inntekter					
LPG	1 315	-511	1 827	511	1 315
LN	2 200	0	2 200	0	2 200
PG 98	37 710	3 640	34 070	-1 601	35 672
Jet Fuel	16 121	5 621	10 500	-4 773	15 273
Ago/Hgo	34 377	2 377	32 000	-3 002	35 002
HFO	18 341	-2 674	21 014	6 666	14 348
Total	110 064	8 453	101 611	-2 199	103 810
Kostnader					
C1	65 152	27 908	37 243	-27 554	64 798
C2	38 110	-18 057	56 168	22 387	33 781
Total	103 262	9 851	93 411	-5 168	98 579
Resultat	6 802	-1 399	8 200	2 968	5 232

Tabell 6-3: Fleksibelt budsjettavvik og Statisk planleggingsavvik (ex-post)

6.1 Statisk planleggingsavvik

Det statiske planleggingsavviket illustrerer forskjellen mellom budsjetterte og virkelige muligheter i perioden. Bedrede markedsbetingelser har medført en potensiell resultatøkning på 2968 for raffineriet som helhet. Årsakene til det statiske planleggingsavviket kan være mange. Blant annet vil prisendringer på produkter/råvarer medføre at optimal produktmiks er endret. Som nevnt tidligere er råoljespesifikasjonene til C1 og C2 noe endret fra budsjett. Endringer i råoljespesifikasjoner vil trolig også påvirke valg av ferdigprodukter. Tabellen ovenfor viser at den virkelige produksjonen er vridd i retning av ex-post budsjettet. Blant annet har raffineriet økt andelen C2 betraktelig. Grunnet inngåtte kontrakter har imidlertid raffineriet begrensede muligheter knyttet til hva som kan justeres i henhold til ny informasjon. I tillegg til pris og spesifikasjonsendringer eksisterer det endrede betingelser for raffineriets prosessanlegg. Som nevnt under den tradisjonelle analysen er dette tilfellet for både krakker og avsvovlingsenhet. En av svakhetene i den tradisjonelle analysen var at kapasitetsreduksjonen som oppstod i krakkeren som følge av en kontrollerbar feil ikke ble identifisert. Årsaken var at reduksjonen ble dekket over av en generell kapasitetsøkning grunnet utsatt vedlikehold. Ved å undersøke kapasitetsutnyttelsen i de tre ulike budsjettene avdekkes det skjulte avviket fra den tradisjonelle analysen.

Krakker (gjennomstrømming)		
Ex-Ante	Virkelig	Ex-post
135	140	145

Tabell 6-4: Kapasitetsutnyttelse Krakker

Den tradisjonelle analysen identifiserte kun avviket mellom virkelig og ex-ante (5kt). Det totale avviket i perioden er imidlertid gitt ved differansen mellom ex-post og ex-ante (10kt). Analyse i henhold til ex-post budsjett identifiserer følgelig avvik i form av tapte muligheter. Dette er en av rammeverkets viktigste egenskaper.

6.2 Fleksibelt budsjettavvik

Det fleksible budsjettavviket illustrerer hvorvidt raffineriet klarer å tilpasse seg endrede markedsbetingelser. Avviket som oppstår i perioden må betraktes som relativt stort, da det utgjør ca 20 % av det oppnådde resultatet. Dette viser raffineriets begrensede mulighet til å justere produksjonen i løpet av perioden. En av årsakene er at raffineriet er forpliktet til kjøp av råolje / salg av produkter i henhold til inngåtte kontrakter. Dette viser at ex-post budsjettet for de aller fleste bedrifter vil være et uoppnåelig resultat. Evaluering bør følgelig ikke gjøres direkte mot dette budsjettet. Et alternativ kan være å utforme et ex-post budsjett basert på kontrollerbare forutsetninger. Dette alternative diskuteres grundigere senere i oppgaven.

Som nevnt tidligere bruker ex-post rammeverket teknikker fra den tradisjonelle analysen i beregningen av ulike avvik. Prosedyren for å beregne avvikene i raffineriet vil følgelig være tilnærmet identisk som under den tradisjonelle analysen. Forskjellen mellom de to teknikkene vil være hvilket budsjett som brukes som sammenligningsgrunnlag. Siden teknikkene som brukes er de samme vil også ex-post analysen arve en del av egenskapene til den tradisjonelle analysen. Dette innebærer at rammeverket kan evalueres uten å gjennomgå en detaljert avviksanalyse.

6.3 Evaluering: Tradisjonell vs. Ex-post

Analysene som er gjennomført kan evalueres i henhold til de ønskede kravene som ble oppsummert under det teoretiske rammeverket tidligere i oppgaven. Som vi ser oppfylder både tradisjonell og ex-post analyse kravet om avstembarhet. Dette vil alltid være tilfellet ved en formelbasert tilnærming. I tillegg vil det være mulig å gjøre en kostnad/nytte vurdering når det gjelder valg av detaljnivå i analysen. Disse to kravene anses følgelig som oppfylt for begge analyseformene.

Når det gjelder kravet knyttet til årsakssammenheng identifiseres det to problemer under den tradisjonelle analysen. For det første utføres analysen som en standardisert prosedyre ved

beregningen av de ulike avvikene. Det er ikke gitt at denne oppsplittingen passer til enhver bedrift. Analysen viser at dette er tilfellet for det tenkte raffineriet. De ulike hendelsene som har oppstått fordeles utover rekke ulike avvik og det blir følgelig vanskelig å isolere effekten av de ulike hendelsene. Denne svakheten identifiseres også i ex-post analysen. Den andre svakheten knyttet til årsakssammenheng er at tradisjonell analyse ikke tar hensyn til hvilke muligheter som foreligger i perioden. Enkelte avvik skjules derfor i analysen. Dette problemet løses i ex-post analysen da man sammenligner virkelige resultater mot det optimale ex-post budsjettet. På bakgrunn av dette konkluderes det med at kravet knyttet til årsakssammenheng ikke oppfylles for noen av metodene. Ex-post analyse skiller seg imidlertid ut med bedre egenskaper til å avdekke avvik i form av tapte muligheter.

Årsakssammenheng vil også påvirke kravet knyttet til kontrollerbarhet. Siden det er vanskelig å isolere effekten av en hendelse, vil det også være vanskelig å isolere bort hendelser som ikke kan kontrolleres. Det blir følgelig vanskelig å skille mellom avvik som skyldes kontrollerbare og avvik som skyldes ikke kontrollerbare hendelser.

Det siste kravet i analysen er knyttet til entydighet. Tidlig i analysen ble det gjort forutsetninger knyttet til fordeling av raffineriets felleskostnader. Det er nødvendig å problematisere denne forutsetningen, da avviksanalysen i stor grad vil avhenge av hvilken metode for kostnadsfordeling som velges. Dette innebærer at størrelsen på de ulike avvikene kan oppfattes som mer eller mindre tilfeldig, da en annen kostnadsfordelingsmetode ville gitt andre resultater. Usikkerheten som eksisterer rundt valg av kostnadsfordeling medfører at kravet til entydighet ikke anses som oppfylt. Dette gjelder både for tradisjonell og ex-post analyse.

Evalueringen viser at verken det tradisjonelle eller ex-post rammeverket er anvendbart i et raffineri som Mongstad. Hovedårsaken er igjen den store avhengigheten i raffineriet, noe som medfører at en standardisert prosedyre er lite egnet. Analysen fremhever imidlertid at ex-post rammeverket har klare fordeler sammenlignet med den tradisjonelle analysen. Følgelig bør ex-post budsjettet implementeres i avviksanalysen ved Mongstad, selv om man benytter andre teknikker i beregningen av de ulike avvikene.

Analysen ovenfor indikerer at andre teknikker for avviksanalyse bør benyttes. Ved Mongstad benyttes pr i dag teknikker der LP-modellen benyttes som analyseverktøy. Denne tilnærmingen kan også evalueres i henhold til de ønskede egenskapene som bør kjennetegne en avviksanalyse. Før analysen gjennomføres kreves imidlertid en detaljert beskrivelse av nåværende avviksanalyse ved Mongstad.

7 Avviksanalyse ved StatoilHydro, Mongstad

Det utføres pr i dag jevnlig avviksanalyser av raffinerivirkosomheten på Mongstad. Informasjonen i dette kapittelet er innhentet gjennom samtaler med Eivind Blindheim.

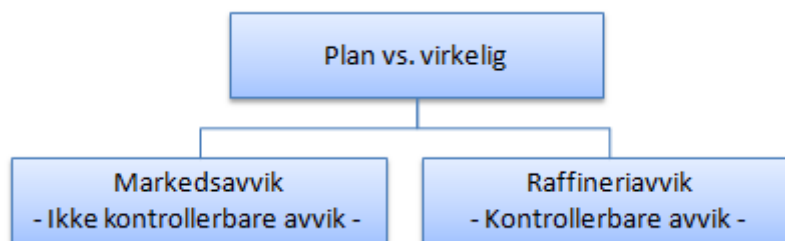
Avviksanalysen innebærer både analyse i henhold til årsplan og månedsplan. Analyse mot årsplan brukes i hovedsak mot ledelsesgruppen, mens analyse mot månedsplan brukes i tilknytning til de operative miljøene ved Mongstad. Hovedfokuset i oppgaven vil være den månedlige avviksanalysen. Evalueringsgrunnlaget er her planen som legges i forkant av perioden. Arbeidet med å utarbeide produksjonsplaner for påfølgende måned starter i midten av inneværende måned. Deretter justeres planen flere ganger i tiden fremover. Den oppdaterte planen som er tilgjengelig ved inngangen til analyse måneden vil være evalueringsgrunnlaget for avviksanalysen.

Analysen undersøker marked og prisdifferensialer, råstofftilgang og råstoffanvendelse, komponentanvendelse og anleggsgjennomstrømning. Avviksanalysen fokuserer på verdiskapningen som oppnås i perioden. Verdiskapningen sammenlignes mot månedsplan og peker på mulige årsaker til eventuelle avvik. Dette kan blant annet være endrede priser på raffineriets produkter eller komponenter. Årsaken til endrede priser forsøkes også forklart. Et eksempel kan være høyere gassoljepris som følge av lave temperaturer i USA (øker etterspørselen etter energi til oppvarming). Relative endringer mellom produktene vil gi incentiver til omprioritering av produksjonen, der man produserer mer av de relativt mer lønnsomme produktene. Raffinerivirkosomhetens gjennomstrømning vil også være essensiell i forbindelse med en avviksanalyse. Både den totale gjennomstrømningen samt gjennomstrømning i de ulike prosessanleggene analyseres. Man forsøker her å finne årsaken til eventuelle avvik i produksjonen. Videre analyseres råoljesammensetningen og komponentanvendelse i de ulike prosessanleggene. Som tidligere nevnt vil disse kunne avvike fra plan som følge av endrede pris eller kvalitetsegenskaper. Man sammenligner her både mot månedsplan og mot ex-post løsningen som beregnes ved hjelp av LP-modellen. Til slutt analyserer man hvor mye av råoljen som resulterer i betalbare produkter. Produktene som ikke kan selges brukes som fyrgass. Dersom det er overskudd av fyrgass må denne brennes ved hjelp av fakkell. Økt fakling vil medføre tap. I tillegg kartlegges leveransen av kondensat fra Vestprosess. Mengden kondensat som leveres bestemmes fra Vestprosess og vil avhenge av blant annet etterspørselen etter tørrgass i Europa. Økt/reduert leveranse i forhold til plan

er følgelig noe som ikke kan kontrolleres fra Mongstad. Redusert leveranse vil imidlertid medføre tap og derav et ufordelaktig avvik.

Avviksanalysen inneholder en rekke ulike avvik. Målet er å forklare en størst mulig andel av differansen mellom budsjettet og virkelig verdiskaping i perioden. Analysen vil imidlertid også inneholde avvik som ikke kan forklares. Følgelig stilles det ingen krav til at avviksanalysen må være avstembar. Størrelsen på avviket som ikke kan forklares varierer fra periode til periode.

Analysen forsøker å skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik. Disse går under betegnelsen *Raffineriavvik* og *Markedsavvik*.



Figur 7-1: Avviksanalyse Mongstad

Deretter deles avvikene i en rekke mer detaljerte avvik. I det følgende beskrives de ulike avvikene som beregnes ved Mongstad.

7.1 Markedsavvik

Markedsavvik er avvik som skyldes eksterne faktorer. Følgende figur oppsummerer markedsavvikene som beregnes ved Mongstad.



Figur 7-2: Markedsavvik Mongstad

7.1.1 Valutaavvik

StatoilHydro gjennomfører de fleste transaksjoner i utenlandsk valuta. Dersom virkelige valutakurser avviker fra plan vil det oppstå valutaavvik.

7.1.2 Prisavvik

Prisavvik antas som ikke påvirkbart. Det kan imidlertid tenkes at Mongstad som aktør i markedet for ferdigprodukter og råolje har markedsmakt til å kunne påvirke prisene. I tillegg har Mongstad en viss mulighet til å påvirke fraktkostnader ved å kjøpe/selge produkter fra andre geografiske områder. Det er også mulig å bestemme kvaliteten på den råoljen som kjøpes inn.

7.1.2.1 Prisavvik – Basis

Priser på sluttprodukter er knyttet opp mot en markedsnotering. Den ledende leverandøren av markedsinformasjon knyttet til olje, energi og gass er Platts. McGraw-Hill selskapet leverer realtime nyheter, priser, og analytiske tjenester. I tillegg står selskapet bak utgivelsen av en rekke velrenommerte magasiner, nyhetsbrev, internett-tjenester og databaser for energibransjen. Denne informasjonen brukes i næringslivet til å utføre handel og investeringsbeslutninger (Platts 2007:1). Plattsnoteringen gir prisen på et hovedprodukt for salg i et definert marked. Produkter som ikke er en del av hovedproduktene vil tillegges differensialer (+/-) i henhold til kvalitetsspesifikasjonene på produktet. StatoilHydro utfører Platts-prognoser som er markedsforventningene som inngår i budsjett. Dersom virkelig Platts-notering og prognostisert Platts-notering avviker vil det forekomme prisavvik-basis.

Tilsvarende som for ferdigprodukter kan prisavvik-basis også oppstå for kjøp av råolje. Prisen på råolje oppgis vanligvis i henhold til Platts Brent indeksen. Dette er en indeks som oppgir prisen på råolje i henhold til et gitt sett av egenskaper (Platts 2007:2). Dersom råoljen er av høyere/lavere kvalitet enn referanseoljen vil det beregnes differensialer i forhold til dette. StatoilHydro utfører også prognoser knyttet til Platts Brent noteringen. Dersom virkelig notering avviker fra prognostisert notering vil det oppstå prisavvik-basis for råolje. Differensialene som benyttes for ulike råoljer/ferdigprodukter antas å være relativt konstante.

7.1.2.2 Prisavvik – Kvalitet

Prisavvik-kvalitet oppstår dersom produktene som selges er av ulik kvalitet i forhold til den porteføljen som planlegges i budsjettet. Selger raffineriet produkter med høyere kvalitetsegenskaper (og derav høyere pris) vil det altså oppstå et fordelaktig prisavvik-kvalitet. Dersom en kunde ønsker et produkt med høyere oktaninnhold vil dette også øke prisen på produktet. Dette er et eksempel på en situasjon som vil medføre prisavvik-kvalitet. Det er viktig å skille mellom prisavvik-kvalitet og give-away som forklares senere i avsnittet.

7.1.2.3 Prisavvik – Frakt

Ved levering av ferdigprodukter finnes det to alternativ. Det ene alternativet er at kjøper henter oljen selv på Mongstad havn. Det andre alternativet er at shippingavdelingen i StatoilHydro selv leverer produktet til kunden på avtalt sted. Dersom fraktkostnadene fra Mongstad til kunden ved det siste alternativet blir høyere enn budsjettet oppstår prisavvik – frakt. Dersom kunden selv henter produktene vil det ikke kunne oppstå et slikt avvik. Tilsvarende avvik kan oppstå ved kjøp av råolje.

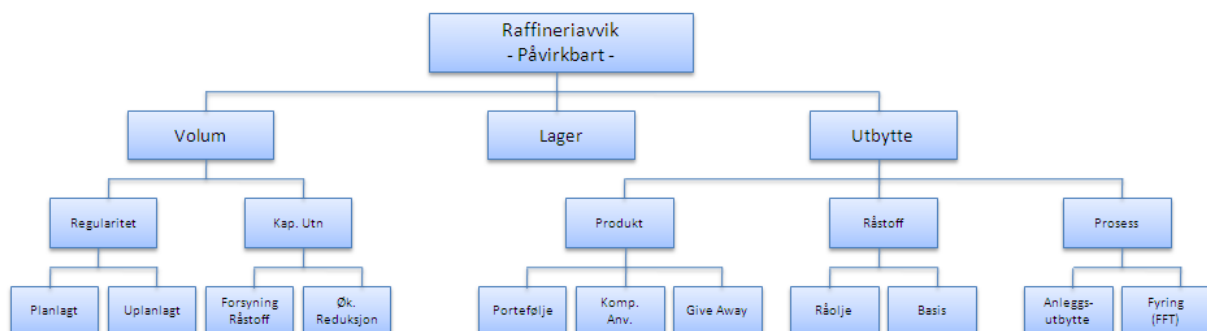
Pr. i dag er det vanskelig å skille kvalitet og fraktavvik og disse oppgis derfor som et samlet avvik. Ideelt sett ønsker imidlertid Mongstad å skille disse avvikene.

7.1.2.4 Prisavvik – Råoljedifferanse og etterspørsel

Dette avviket oppstår dersom kvaliteten på den råoljen som kjøpes inn er forskjellig fra budsjett (i henhold til Platts Brent noteringen). Kjøp av råolje med høyere kvalitet vil være dyrere og derfor medføre et ufordelaktig prisavvik-råoljedifferanse. Det er imidlertid verdt å fremheve at råolje med høyere kvalitetsegenskaper også vil medføre et bedre produktutbytte fra raffineringen. Et ufordelaktig prisavvik-råoljedifferanse vil derfor trolig medføre et fordelaktig prisavvik-kvalitet for ferdigproduktene.

7.2 Raffineriavvik

Raffineriavvik er avvik som antas som påvirkbare fra raffineriets side. Følgende figur oppsummerer raffineriavvikene som beregnes ved Mongstad.



Figur 7-3: Raffineriavvik Mongstad

7.2.1 Volum & Mengde

7.2.1.1 Regularitet

De ulike prosessanleggene i raffineriet har en definert maksimal ytelse gitt ved maksimal kapasitet. Det er imidlertid ikke mulig å utnytte denne 100 % grunnet hendelser som

nødvendig vedlikehold i raffineriet. Regularitet kan altså illustreres som forskjellen mellom teoretisk og praktisk kapasitetsutnyttelse. Det skilles mellom planlagt og uplanlagt regularitet.

Planlagt

Dersom raffineriet mottar ny informasjon om planlagte vedlikeholdsaktiviteter vil det kunne oppstå et planlagt regularitetsavvik. Dette kan for eksempel være rettet mot planlagte stanstimer i løpet av måneden.

Uplanlagt

Endringer i omfang av vedlikeholdsarbeid i form av lengre eller kortere avbruddstid vil medføre avvik i form av uplanlagt regularitet. Ved planlegging av regularitet brukes vanligvis en gitt prosentsats. For eksempel kan regularitet antas å være 1 % av total kapasitet. Siden vedlikeholdsarbeid utføres periodevis vil dette medføre at regularitetsprosenten varierer fra periode til periode.. For eksempel kan kapasiteten være redusert med 2 % i november og 0 % i desember dersom vedlikeholdsarbeidet utføres i november. Regularitetsprosenten vil imidlertid settes likt for begge periodene. Dette vil medføre avvik i form av uplanlagt regularitet.

7.2.1.2 Kapasitet

Forsyning Råstoff

Kapasitetsavvik råstoff oppstår dersom gjennomstrømningen av råstoff/komponent i et prosessanlegg er forskjellig fra budsjettet. Dette vil altså si at kapasiteten i et av prosessanleggene er redusert. Som tidligere nevnt omfatter regularitet differansen mellom teoretisk og praktisk kapasitet. Kapasitetsavviket vil følgelig eksistere dersom kapasiteten reduseres utover praktisk kapasitet. Ved beregningen tilbakestilles kapasiteten til budsjett i samtlige anlegg. Ved å løse LP modellen med disse kapasitetene finner man tapte verdiskapning som følge av kapasitetsavviket. Deretter analyseres skyggeprisene i de ulike anleggene (råolje, koks, krakker). Analysen av skyggepris brukes til å kartlegge tap/gevinst ved endret kapasitetsutnyttelse i hvert enkelt prosessanlegg. Opplever man for eksempel lav kapasitet i krakkeren brukes skyggeprisen til å bestemme hvor høy den tapte verdiskapningen er som følge av kapasitetsreduksjonen. Eksisterer det slakk i et prosessanlegg vil kapasitetsreduksjon ikke ha økonomisk betydning.

Økonomisk Reduksjon

I enkelte tilfeller vil det være økonomisk fordelaktig å redusere gjennomstrømmingen i et anlegg. Dette kan inntreffe dersom markedsforutsetningene tilsier at det ikke er lønnsomt å produsere. I slike tilfeller vil reduksjon av gjennomstrømming kunne bedre raffineriets verdiskapning.

7.2.2 Utbytte

7.2.2.1 Produkt

Produktavvik innebærer avvik som følge av endret produktportefølje. Avviket splittes i 3 ulike avvik.

Produktporteføljevridning

Ved endringer i relative priser mellom produktene kan det lønne seg å endre den relative mengden av produktene som selges. En slik vridning av porteføljen vil medføre et avvik. I tillegg kan det oppstå avvik dersom produkter leveres i andre markeder enn budsjettert. Årsaken er at prisene i markedene er forskjellig. Avvik i form av produktporteføljevridning vil kunne skyldes mange faktorer. For eksempel vil ulikt utbytte fra råolje/prosess kunne påvirke produktporteføljen. I tillegg har man mulighet for å bruke enkelte komponenter til flere produkter og derfor vil man kunne tilpasse blandedprosessen til endrede markedsbetingelser. Også her brukes relative størrelser i beregningen av avvikene. Dette for å forsøke å utelukke kapasitetsvirkningen.

Komponentanvendelse

Avvik som oppstår som følge av at komponenter blandes til andre produkter enn det som er optimalt i henhold til LP modellen betegnes som avvik i form av komponentanvendelse.

Give Away

Blandingen som selges til kundene skal tilfredsstillende enkelte kvalitetsspesifikasjoner. Dersom spesifikasjonene er lavere enn avtalt vil kunden kunne kreve lavere pris eller at produktet skal pumpes tilbake i raffineriet. Et komponentlager lagrer komponenter produsert på ulik tid og av ulik råolje. Dette medfører at det eksisterer en viss usikkerhet knyttet til den eksakte kvaliteten på komponentene som brukes i blandingen av ferdigproduktene. Det benyttes derfor en viss sikkerhetsmargin i blandingen, slik at man ikke skal risikere at leveransen er under spesifikasjonskravene. Dersom det ferdigblandede produktet som leveres til kunden er av høyere kvalitet enn spesifikasjonene, medfører dette give-away til kunden. Kunden får

altså et produkt av høyere kvalitet enn hva han faktureres for. Differansen mellom levert kvalitet og produktspesifikasjonene utgjør give-away avviket. Avviket må ikke forveksles med pris-avvik kvalitet. Forskjellen på de to avvikene er at prisavvik-kvalitet skyldes endringer i de avtalte kvalitetskravene, mens give-away skyldes at blandingen som leveres er av høyere spesifikasjoner enn det som avtales med kunden. Ved prisavvik-kvalitet får altså Mongstad betalt for kvalitetsendringen. Dette er ikke tilfellet ved blanding over avtalte spesifikasjonskrav (give-away).

7.2.2.2 Råstoff

Dette avviket oppstår dersom råstoffutbyttet er forskjellig fra budsjett. Dette kan inntreffe både ved at råoljemiksen endres, samt at det forekommer endringer i koksføde og RCC-fødesammensetning. De to sistnevnte er tung olje som brukes som feedstock i henholdsvis koks og krakkeranlegg. Denne feedstocken kan både komme fra destillasjonen av råolje og direkte import. Grunnen til at avvik i form av råstoffutbytte oppstår er at ulike råoljer gir ulikt komponentutbytte med ulik sammensetning. Siden utbytte fra destillasjonstårnet vil avhenge av kvaliteten på den råolje som benyttes, vil det eksisterer avhengighet mellom prisavvik-kvalitet og råstoffutbytte. Råolje av høyere kvalitet vil gi et ufordelaktig prisavvik-kvalitet men derav også bedre komponentutbytte. I tillegg vil utbytte kunne påvirkes av enkelte driftsparametere i raffineriet. Ved beregning av avviket forsøker man å utelukke effekter som kommer som følge av endret kapasitet. Det er altså relative størrelser som endres i LP modellen.

7.2.2.3 Prosess

Prosessavvik oppstår dersom utbytte fra de ulike prosessanleggene er forskjellig fra forventet utbytte. Dette kan komme som følge av endringer i driftsparametere (temperatur, trykk, damp, refluks). I tillegg vil det kunne oppstå prosessavvik dersom det er avvik i mengden som produseres av de enkelte komponentfraksjonene. Det vil være en viss sammenheng mellom utbytte-råstoff og utbytte-prosess. Denne er imidlertid vanskelig å isolere. Også her benyttes relative størrelser i beregningen for å forsøke å utelukke avvik som skyldes kapasitetsendringer.

Fyring, Fakling & Tap

I budsjettet beregner LP modellen hvor stor andel av utbytte som går til betalbare produkter og hvor stor andel som utnyttes på andre måter. Dersom det er forskjell mellom plan og virkelig andel betalbare produkter vil det oppstå et avvik. Avviket beregnes ved å prise

differansen som snittverdien av de betalbare produktene i raffineriet. Fyrgass produseres både i råoljeanlegget og i de andre prosessanleggene. Andelen av fyrgass vil være avhengig av egenskapene til råoljen som brukes, samt driftsparameter i de ulike anleggene. Fyrgass brukes til å drive de ulike prosessanleggene. I perioder vil det kunne oppstå ubalanse mellom mengden fyrgass som produseres og mengden fyrgass som brukes i de ulike prosessene. Dette medfører at man ved overskudd må fikle fyrgass og med underskudd må bruke alternative komponenter (for eksempel LPG) som fyrgass.

7.3 Lager

Lagervurdering er ikke implementert i LP-modellen men gjøres på bakgrunn av en subjektiv vurdering fra hovedkontoret i Stavanger. Avviket som beregnes reflekterer hvorvidt det bygges opp/ ned lager for de ulike komponentene i løpet av perioden. Lageret verdsettes med utgangspunkt i markedsverdi. Da det ikke finnes gode markedsverdier for samtlige komponenter gjøres verdsettingen med utgangspunkt i prisen for ferdigproduktet. Prisen på komponentene blir skalert i forhold til ferdigprodukter i samme produktgruppe i henhold til differanser i kvalitetsegenskaper. Beregningen knyttet til lager har følgelig til hensikt å utelukke effekter som skyldes lagerjusteringer. Beregningen er følgelig ikke et avvik på linje med de øvrige avvikene i raffineriet.

7.4 Oppsummering

Av beskrivelsen ovenfor fremgår det at inndelingen av avvik i raffineriavvik (påvirkbare avvik) og markedsavvik (ikke påvirkbare avvik) ikke er helt korrekt. For eksempel kan Mongstad påvirke prisavvik frakt, kvalitet og råoljedifferanse. I tillegg til dette vil det i en ex-post analyse oppstå et informasjonsavvik som skyldes at raffineriet ikke har tilgang på perfekt informasjon ved beslutningstidspunktet. I henhold kravet om kontrollerbarhet er det viktig å isolere dette avviket.

I det følgende fortsetter analysen av raffinerimodellen introdusert tidligere i oppgaven. Hensikten er å analysere alternative tilnærminger til avviksanalyse i henhold til de ønskede egenskapene ved avviksanalyse. Blant annet analyseres metoden som pr. i dag brukes ved Mongstad. Som beskrivelsen viser er det en utfordring å skille korrekt mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare forutsetninger. Dette er imidlertid viktig dersom analysen skal brukes til evaluering og prestasjonsmåling. Før de konkrete analysemetodene analyseres ser jeg det derfor som nødvendig å gjøre et klart skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik i eksempelet.

8 Ulike tilnæringer til avviksanalyse

8.1 Kontrollerbarhet

I eksempelet vil avviket mellom virkelige resultater og det optimale ex-post budsjettet analyseres. Informasjonen presentert i tilknytning til raffinerimodellen tidligere i oppgaven viser at det er fire forutsetninger som skiller disse budsjettene. Forutsetningene kan oppsummeres i følgende tabell:

Virkelig	Ex-post
<ul style="list-style-type: none">• Kapasitet Krakker = 140kt• Svovelinnhold S98= 4,5 %• Forpliktet til å selge minst det kvantum av produkter som er planlagt i ex-ante budsjettet.• Forpliktet til å kjøpe minst det kvantum av de råoljene som er planlagt i ex-ante budsjettet.	<ul style="list-style-type: none">• Kapasitet Krakker = 145kt• Svovelinnhold S98= 5 %• Ingen restriksjoner knyttet til produktportefølje.• Ingen restriksjoner knytte til kjøp av råolje.

Tabell 8-1: Oppsummering forutsetter (virkelig vs. Ex-post)

Som tidligere nevnt er det lagt inn en viss sikkerhetsmargin i restriksjonskravene. Dersom blandingens kvalitet er høyere enn restriksjonskravet regnes dette følgelig som give-away i raffineriet. På bakgrunn av denne informasjonen kan de virkelige resultatene og ex-post budsjettet sammenstilles. Informasjonen er identisk med resultatene presentert under ex-post analysen.

	Virkelig	Ex-Post	Avvik
Inntekt	110 064	101 611	8 453
Kostnad	-103 262	-93 411	-9 851
Resultat	6 802	8 200	-1 399

Tabell 8-2: Virkelige resultater og ex-post budsjett

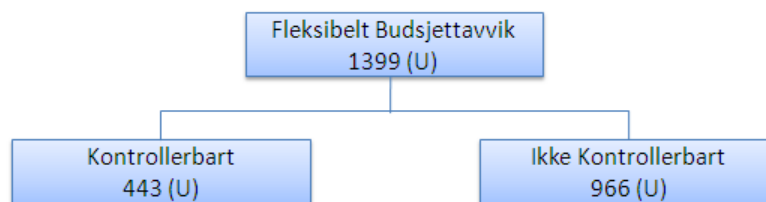
Forutsetningene som skiller virkelige resultater fra ex-post budsjett kan deles i to kategorier avhengig av om forutsetningene er kontrollerbare eller ikke. Forutsetningen knyttet til redusert kapasitet i krakkeren er å oppfatte som et kontrollerbart avvik. Kapasitetsreduksjonen skyldes en feil som ved justeringer kunne vært unngått. Det samme gjelder blandingen av AGO/HGO. Denne blandingen er av høyere kvalitet (lavere svovelinnhold) enn spesifikasjonskravene. Følgelig eksisterer det give-away i blandingen. Forutsetningene knyttet

til råolje og portefølje kommer imidlertid som en direkte følge av endrede markedsbetingelser. Siden raffineriet har begrenset mulighet til å justere produksjonen i henhold til ny markedsinformasjon bør disse avvikene behandles som ikke kontrollerbare avvik. For å skille kontrollerbare fra ikke kontrollerbare avvik kan det gjennomføres en analyse som sammenligner de virkelige resultatene med en plan som tar hensyn til informasjonsavviket. Den eneste forskjellen fra de virkelige resultatene er altså at kapasiteten i krakkeren økes og at AGO/HGO blandingen gjøres i henhold til kvalitetskrav. Dersom LP modellen løses med disse forutsetningene, finner jeg følgende resultater.

	Kontrollerbare Forutsetninger	Virkelige Resultater	Avvik
Inntekt	113 162	110 074	-3 089
Kostnad	-105 908	-103 262	2 646
Resultat	7 254	6 811	-443

Tabell 8-3: Kontrollerbare Forutsetninger

Det totale fleksible budsjettavviket mellom ex-post og virkelige resultater kan derfor splittes på følgende måte



Figur 8-1: Kontrollerbare vs. Ikke-kontrollerbare avvik

Som vi ser er en stor andel av det totale avviket et informasjonsavvik som skyldes at raffineriet ikke har tilgang på perfekt informasjon ved beslutningstidspunktet. Dette viser at raffineriet ikke bør bruke et rent ex-post budsjett som referansepunkt. Et bedre referansepunkt vil være et ex-post budsjett basert på kontrollerbare forutsetninger. Evaluering i forhold til dette budsjettet vil gi mer relevant informasjon enn evaluering i forhold til både ex-ante budsjettet og et rent ex-post budsjett. Det anbefales følgelig at Mongstad inkluderer evaluering i forhold til et ex-post budsjett basert på kontrollerbare forutsetninger. I tillegg bør Mongstad gjøre en grundigere analyse for å øke kvaliteten på skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare avvik.

8.2 Hendelsesbasert Avviksanalyse

Det teoretiske rammeverket for avviksanalyse benytter formelbaserte teknikker ved beregning av de ulike avvikene. Det finnes imidlertid alternative metoder for avviksberegning. I en bedrift som bruker optimeringsverktøy i produksjonsplanleggingen vil det være mulig å

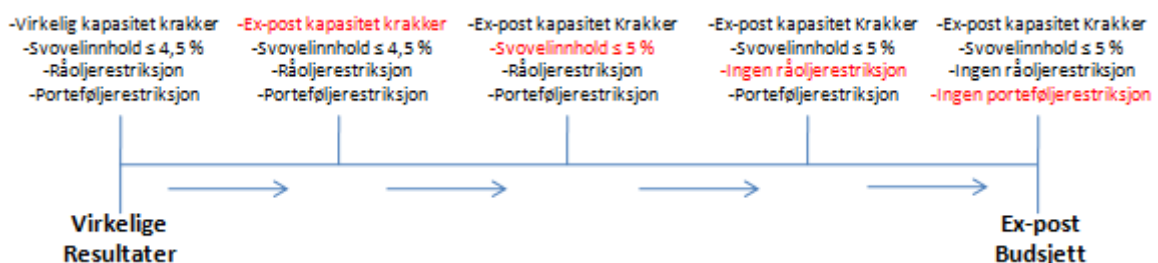
nyttiggjøre seg av dette verktøyet også i forbindelse med avviksberegningen. Dette innebærer at LP modellen løses for to ulike sett av forutsetninger, og at resultatdifferansen mellom de to løsningene representerer avviket for den respektive endringen. Denne metoden for avviksberegning vil i oppgaven bli betegnet som *hendelsesbasert avviksanalyse*. Dette fordi avvik beregnes i henhold til ulike hendelser som inntreffer i perioden. I det følgende diskuteres og analyseres denne analysemetoden.

Under beskrivelsen av nåværende avviksanalyse ved Mongstad ble det identifisert at avvikene beregnes ved å løse LP-modellen for ulike sett av forutsetninger. Følgelig er det en form for hendelsesbasert avviksanalyse som brukes ved Mongstad. Denne type analyse kan imidlertid gjøres på flere ulike måter. Jeg vil i det følgende illustrere og diskutere to ulike tilnærminger, hvor begge har vært benyttet i avviksanalysen ved Mongstad. Siden det tidligere er argumentert at ex-post budsjett er ett bedre referansepunkt enn statisk budsjett, vil analysen undersøke differansen mellom virkelige resultater og ex-post budsjett.

8.2.1 Tilnærming 1

Den første tilnærmingen innebærer å bevege seg fra ex-post til virkelige resultater ved å stegvis endre forutsetningene i LP-modellen. Denne tilnærmingen har tidligere vært benyttet ved Mongstad. Som tidligere nevnt eksisterer det fire ulike forutsetninger som utgjør forskjellen mellom ex-post og virkelige resultater. Dersom man endrer disse stegvis vil man bevege seg fra virkelige resultater til ex-post budsjett. For hvert sett av forutsetninger reoptimeres LP-modellen og avviket beregnes som resultatforskjellen mellom de to løsningene.

I eksempelet er det tidligere identifisert fire forutsetninger som skiller virkelige resultater fra ex-post budsjett. Stegvis bevegelse fra virkelig til ex-post kan derfor illustreres på følgende måte.



Figur 8-2: Stegvis avviksberegning

Dersom avvikene beregnes i henhold til denne rekkefølgen får jeg følgende avviksfordeling.



Figur 8-3: Avviksinndeling 1

I henhold til figuren ovenfor ser vi at det er restriksjonen knyttet til kjøp av råolje som har påvirket verdiskapningen i bedriften i høyest grad. Nesten 70 % av det totale avviket henføres til denne restriksjonen. I tillegg medfører den reduserte kapasiteten i krakkeren et relativt stort avvik. Give-away i S98 blandingen samt restriksjonen knyttet til salg av produkter påvirker imidlertid verdiskapningen i uvesentlig grad.

Et problem med tilnærmingen som er gjennomført er imidlertid at rekkefølgen forutsetningene oppdateres i vil påvirke størrelsen på de respektive avvikene. Dette kan enkelt illustreres ved å snu rekkefølgen forutsetningene oppdateres i. Dette vil gi følgende avviksfordeling.



Figur 8-4: Avviksinndeling 2

Som vi ser gir denne rekkefølgen en annen avviksfordeling. Forskjellen mellom de to eksemplene kan også betraktes som relativt stor. Give-away, råoljerestriksjon og porteføljerestriksjon utgjør nå ca like stor andel av det totale avviket. Avviket som skyldes kapasitetsreduksjon i krakkeren er imidlertid uvesentlig. En annen observasjon i eksempelet er at størrelsen som tildeles et avvik vil avhenge av hvordan de ulike restriksjonene henger sammen. Blant annet er størrelsen som tildeles råoljerestriksjonen størst i det første eksempelet. Motsatt gjelder for porteføljerestriksjonen. Årsaken til dette er at den restriksjonen som oppheves tidlig har størst effekt i LP-løsningen. Det er imidlertid viktig å utheve at dette resonnementet kan variere fra situasjon til situasjon.

I et raffineri der mange forutsetninger avviker mellom virkelig og ex-post, vil det eksistere mange avviksfordelinger. Dette fordi det finnes mange rekkefølger forutsetningene kan endres i. Hvorvidt avviksfordelingene blir forskjellig vil avhenge av om det eksisterer avhengighet

mellom restriksjonene. Dersom analysemetoden skal benyttes bør det derfor først gjøres en test som analyserer avhengigheten mellom restriksjonene. Er denne stor vil nøyaktigheten i de isolerte avvikene være liten dersom en tilfeldig rekkefølge velges. Som tidligere nevnt eksisterer det sterk avhengighet mellom avvikene som beregnes på Mongstad. Følgelig vil et vilkårlig valg av rekkefølge i utgangspunktet gi liten informasjon. Følgelig bør ikke en slik fordeling benyttes i forbindelse med evaluering og prestasjonsmåling.

I tillegg vil størrelsen på de ulike avvikene avhenge av hvilke hendelser som identifiseres. Utelukkes en hendelse vil avviket som skyldes denne hendelsen fordeles til andre hendelser. Det stilles følgelig krav til prosessen med å identifisere hvilke hendelser som har oppstått. På bakgrunn av dette identifiseres en generell svakhet med hendelsesbasert avviksanalyse. Analysen i seg selv er ikke i stand til å identifisere hvilke hendelser som er oppstått. Følgelig må hendelser identifiseres i forkant av analysen ved at det identifiseres endrede forutsetninger i parametre mellom de to budsjettene som analyseres.

Oppsummert viser analysen at tilnærmingen oppfylder kravet knyttet til avstembarhet. Det vil aldri oppstå ikke forklarte avvik dersom denne analysemetoden benyttes. I tillegg er analysen hendelsesbasert, noe som innebærer at kravet til årsakssammenheng anses som oppfylt. Det vil også være mulig å skille mellom kontrollerbare og ikke kontrollerbare hendelser, samt gjøre en kostnad/nytte vurdering knyttet til hvor detaljert analysen skal gjøres. Tilnærmingen oppfylder imidlertid ikke kravet knyttet til entydighet. Som analysen viser vil valg av rekkefølge spille stor rolle for den relative størrelsen på avvikene når det eksisterer avhengighet mellom restriksjonene. En mulig løsning som kan øke kvaliteten på analysen vil være å gjennomføre avviksanalysen for flere ulike rekkefølger. For eksempel vil det være mulig å gjennomføre analysen for samtlige rekkefølger og deretter beregne gjennomsnittet for hvert avvik. Dersom denne teknikken benyttes i eksempelet får jeg følgende avviksfordeling.



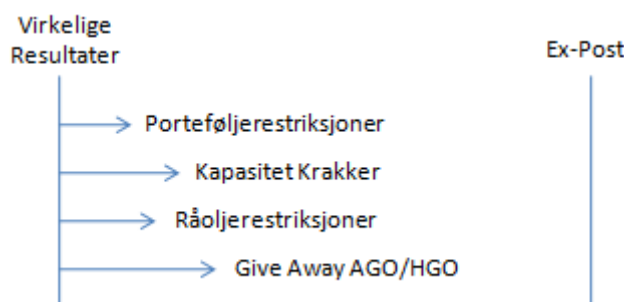
Figur 8-5: Avviksinndeling 3

Siden samtlige rekkefølger tas hensyn til i beregning anses kravet til entydighet som bedre oppfylt. Et problem som eksisterer ved denne tilnærmingen er imidlertid arbeidsmengden knyttet til å gjennomføre analysen. Antall rekkefølger som eksisterer vil være gitt ved $n!$ (fakultet). I eksempelet er det 24 ($4!$) rekkefølger som eksisterer. Følgelig må analysen

gjennomføres 24 ganger før man har kan beregne den endelige avvikfordelingen. Økes antall avvik til 5, vil antall rekkefølger som eksistere være 120 (5!). I et raffineri som Mongstad vil det eksistere mange avvik og metoden vil trolig ikke kunne gjennomføres i praksis.

8.2.2 Tilnærming 2

En alternativ tilnærming som kan gjennomføres ved hjelp av LP-modellen er å beregne samtlige avvik i forhold til et fast referansepunkt. Dette referansepunktet vil i analysen kunne være gitt ved enten ex-post budsjett eller virkelige resultater. Prosedyren for avviksberegning innebærer at man undersøker avviket hver endret forutsetning medfører, for deretter å tilbake stille samtlige forutsetninger til det gitte referansepunktet. Denne teknikken brukes pr. i dag ved Mongstad og referansepunktet som brukes her er de virkelige resultatene. Analysemetoden kan følgelig illustreres i følgende figur.



Figur 8-6: Avviksillustrasjon 1

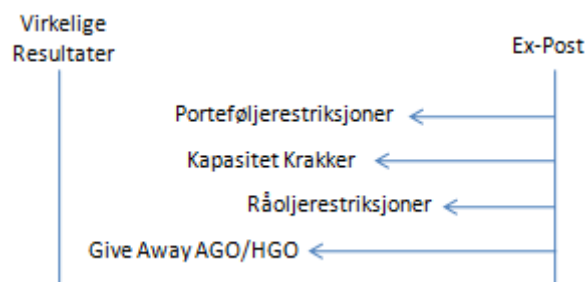
Figuren illustrerer at hver forutsetning vil endre resultatet i retning av ex-post løsningen. Den relative størrelsen på pilene i figuren ovenfor er valgt vilkårlig. Dersom denne tilnærmingen utføres finner jeg følgende avvik.



Figur 8-7: Avviksinndeling 4

Som vi ser vil også denne tilnærmingen gi en annen avvikfordeling enn de tidligere eksemplene. Rekkefølgen avvikene beregnes i vil imidlertid ikke ha betydning for resultatet, da referansepunktet hele tiden er det samme.

I eksempelet ovenfor er de virkelige resultatene benyttet som referansepunkt. Et referansepunkt som anses som like naturlig (hverken mer eller mindre) er ex-post resultatet. Avvikene beregnes følgelig på samme måte som under forrige tilnærming, bortsett fra at ex-post resultatet nå er referansepunktet. Dette kan illustreres på følgende måte



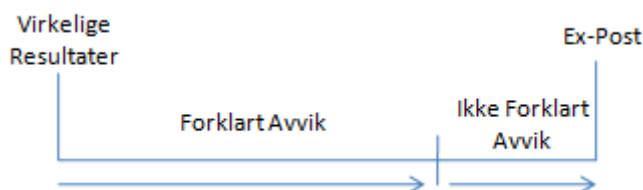
Figur 8-8: Avviksillustrasjon 2

Figuren illustrerer at hver forutsetning vil endre resultatet i retning av de virkelige resultatene. Dersom denne metoden benyttes finner jeg følgende avvik.



Figur 8-9: Avviksinndeling 5

Eksempelet ovenfor identifiserer to problemer ved analysemetoden. For det første er ikke summen av de ulike avvikene avstembart med det totale avviket i perioden. I eksempelet oppstår det ikke forklarte avvik på 400 (U) og 407 (F) for de to ulike teknikkene. Analysen oppfyller følgelig ikke kravet knyttet til avstembarhet. Det ikke forklarte avviket som oppstår i det første eksempelet kan illustreres i følgende figur.



Figur 8-10: Avviksillustrasjon 3

Eksempelet avdekker også en annen svakhet ved analysemetoden. Siden begge referansepunktene som benyttes anses som like naturlig, vil analysen heller ikke oppfylle kravet knyttet til entydighet. Dette fordi det eksisterer store forskjeller i avviksfordelingen mellom de to ulike eksemplene.

Eksempelet viser at metoden må forbedres dersom denne skal kunne benyttes i forbindelse med avviksanalyse. Justeringene må redusere svakhetene knyttet til entydighet og avstembarhet. En mulig tilnærming som kan løse problemet knyttet til avstembarhet er

normalisering. Dette innebærer å skalere avvikene forholdsmessig slik at det ikke forklarte avviket fordeles. Deretter kan svakheten knyttet til entydighet reduseres ved å beregne gjennomsnittet av de to normaliserte avviksfordelingene. Dersom denne teknikken gjennomføres får jeg følgende avviksfordeling.



Figur 8-11: Avviksinndeling 6

Som vi ser er nå summen av avvikene identisk med det totale avviket i perioden. I tillegg er begge referansepunktene inkludert ved at de ulike avvikene er gitt ved gjennomsnittet av begge metodene. Følgelig anses kravene knyttet til avstembarhet og entydighet som oppfylt. I tillegg er øvrige krav oppfylt på lik linje med metoden som ble benyttet under tilnærming 1.

8.2.3 Evaluering

Eksempelet ovenfor viser to ulike tilnærminger for avviksanalyse og identifiserer svakheter ved disse analysemetodene. I hovedsak er svakhetene knyttet til entydighet og avstembarhet. Det ble deretter antydnet to tilnærminger som forbedrer disse svakhetene. Den første tilnærmingen er tidkrevende og kan trolig ikke gjennomføres i praksis. Den andre metoden er relativt mye enklere å utføre da antall avviksfordelinger vil være uavhengig av hvor mange avvik som identifiseres. Dersom disse metodene skal representere to alternativer som oppfyller de ønskede kravene knyttet til avviksanalyse, er det også naturlig at avviksfordelingen i de to metodene bør være sammenlignbare. Tabellen under illustrerer differansen mellom de to metodene.

	Tilnærming 1 (Gjennomsnitt)	Tilnærming 2 (Normalisert Gjennomsnitt)	Differanse
Porteføljerestriksjon	228	171	56
Råoljerestriksjon	707	743	-36
Kapasitet Krakker	221	196	25
Give-Away AGO/HGO	243	288	-45

Tabell 8-4: Sammenligning av avvik ved to ulike tilnærminger

Som vi ser eksisterer det en viss differanse mellom de to tilnærmingene. Differansen anses imidlertid som relativt liten sammenlignet med tidligere resultater. Når LP-modellen benyttes i avviksberegningen vil det også alltid eksistere enn viss grad av tilfeldigheter, noe som innebærer at analysen aldri vil være 100 % entydig. På bakgrunn av dette anses de to

tilnærmingene som en klar forbedring sammenlignet med utgangspunktet. Avvikene er både avstembare og i høy grad entydige. Ved valg mellom de to metodene bør kravet knyttet til kostnad/nytte vurdering legges til grunn. Et normalisert gjennomsnitt av tilnærming 2 er mye mindre tidkrevende å gjennomføre enn et gjennomsnitt av tilnærming 1. På bakgrunn av dette anbefales det at Mongstad vurderer å innføre en slik avviksberegning.

Det finnes enkelte kritiske faktorer knyttet til gjennomføringen av en hendelsesbasert avviksanalyse. Disse er i hovedsak knyttet til identifiseringen av hendelsene som har inntruffet samt at det bør fokuseres på årsaken til en hendelse fremfor konsekvensen av hendelsen. Årsaken til at disse faktorene er kritiske er i hovedsak skyldes i hovedsak den sterke avhengigheten som eksisterer i et raffineri samt det faktum at det lett kan oppstå overlapp mellom avvikene som beregnes. Dette illustreres i det følgende.

8.3 Avhengighet

Et kjennetegn ved raffinerivirksomhet er den store avhengigheten som eksisterer i produksjonen. Dette er en av årsakene til at avvikenes størrelse varierer i henhold til valg av metode for avviksberegning. Dette kan illustreres ved hjelp av et enkelt eksempel. Utgangspunktet for analysen er ex-post resultatene som er gjengitt tidligere i oppgaven. I denne løsningen foreligger det følgende informasjon.

Produktportefølje			Kapasitet			
LPG	9,1	2 %		Utnyttet Kap	Tilgjengelig Kap	Slakk
LN	11,0	2 %	Destillasjon	589,8	700	110,2
Jet Fuel	50	8 %	Cracker	145,0	145	0,0
S98	148,1	25 %	Avsvovling	136,7	155	18,3
AGO/HGO	160,0	27 %				
HFO	200,1	34 %				
RF	11,4	2 %				
Total	589,8	100 %				
Råoljemiks			Resultat			
C1	202,4	34 %	Inntekt	101 611		
C2	387,4	66 %	Kostnad	-93 411		
Total	589,8	100 %	Resultat	8 200		

Tabell 8-5: Avhengighet(ex-post)

Det forutsettes nå at kapasiteten i destillasjonsanlegget blir kraftig redusert. Årsaken er en teknisk feil som medfører produksjonsstans over flere dager. Kapasiteten reduseres fra 700kt til 500kt. Øvrige forutsetninger er identiske. Dersom LP-modellen løses med den nye kapasiteten i destillasjonsanlegget får jeg følgende løsning.

Produktportefølje			Kapasitet			
LPG	11,1	2 %		Utnyttet Kap	Tilgjengelig Kap	Slakk
LN	11,0	2 %	Destillasjon	500,0	500	0,0
Jet Fuel	50	10 %	Cracker	127,0	145	18,0
S98	74,9	15 %	Avsvovling	125,5	155	29,5
AGO/HGO	160,0	32 %				
HFO	183,2	37 %				
RF	9,8	2 %				
Total	500,0	100 %				
Råoljemiks			Resultat			
C1	122,1	24 %	Inntekt	83 383		
C2	377,9	76 %	Kostnad	-77 262		
Total	500,0	100 %	Resultat	6 121		

Tabell 8-6: Avhengighet (virkelig)

Som vi ser vil kapasitetsreduksjon i destillasjonsanlegget resultere i at restriksjonen knyttet til kapasitetsutnyttelsen nå blir bindende. Kapasitetsreduksjonen medfører også at den utnyttede kapasiteten i både avsvovlingsanlegg og krakker reduseres. Det er nå slakk i begge disse enhetene. I tillegg til dette medfører kapasitetsreduksjonen endring i både produktportefølje og råoljemiks. Den nye løsningen produserer en relativt større andel av JetFuel, AGO/HGO og HFO. Den relative andel av S98 er redusert, mens LPG og LN produseres i ca samme relative mengder. Når det gjelder råoljemiksen har kapasitetsreduksjonen medført at det benyttes en høyere andel C2. Resultatet i perioden er naturligvis også redusert, da kapasitetsreduksjonen medfører en innsnevring av mulighetsområdet i LP-modellen.

Eksempelet illustrerer godt den avhengigheten som eksisterer i et raffineri. Avhengigheten i raffineriet på Mongstad vil være noe mindre enn hva som er tilfellet for raffinerimodellen. Årsaken er at det benyttes råolje og komponentlager, samt at det foreligger mulighet for import av komponenter. Følgelig vil Mongstad ha bedre muligheter for å tilpasse seg endrede markedsbetingelser. Det er imidlertid ingen tvil om at det også her eksisterer avhengighet mellom de ulike prosessene.

På bakgrunn av dette er det viktig at avviksanalysen fokuserer på årsaken og ikke konsekvensen av et avvik. Det gir for eksempel liten mening å forklare avviket som er skissert ovenfor i henhold til endret produktportefølje, selv om porteføljen er endret. Avviket skyldes i sin helhet redusert kapasitet i destillasjonsanlegget og det er dette som bør fremheves i analysen. Eksempelet illustrerer igjen viktigheten av å identifisere hvilke hendelser som har oppstått i løpet av perioden.

Ved å benytte en fast oppsplitting av det totale avviket mellom plan og virkelige resultater risikerer man at en rekke av avvikene egentlig er en direkte konsekvens av andre årsaker som

har oppstått i raffineriet. Dersom en slik oppsplitting benyttes er det også en fare for at det vil eksisterer overlapp mellom avvikene som beregnes. Dette illustreres i det følgende.

8.4 Overlapp

Den sterke avhengigheten som eksisterer i et raffineri kan også medføre overlapp mellom avvikene som beregnes. Overlapp er ikke identisk med at det oppstår ikke forklarte avvik som under tilnærming 2. Overlapp innebærer at en gitt hendelse inkluderes flere ganger i ulike avvik. For å illustrere at det lett kan oppstå overlapp i avvikene som beregnes ved Mongstad velger jeg å skissere et enkelt eksempel. Eksempelet tar utgangspunkt i ex-ante budsjettet som er beregnet tidligere i oppgaven. Dette er den budsjetterte produksjonsplanleggingen i perioden. Det viser seg imidlertid at kapasiteten i destillasjonstårnet reduseres fra 700kt til 500kt. Dette er den eneste hendelsen som eksisterer mellom budsjett (ex-ante) og virkelige resultater. For enkelhetsskyld forutsettes det også at raffineriet klarer å tilpasse seg optimalt til den nye kapasiteten, slik at både ex-ante og virkelige resultater er optimale løsninger i henhold til de forutsetningene som foreligger. Ved å løse LP-modellen for disse forutsetningene får jeg følgende resultater.

	Virkelig	Budsjett	Avvik
Inntekt	88 359	103 810	-15 452
Kostnad	-84 527	-98 579	14 051
Resultat	3 832	5 232	-1 400

Tabell 8-7: Virkelige og budsjetterte resultater

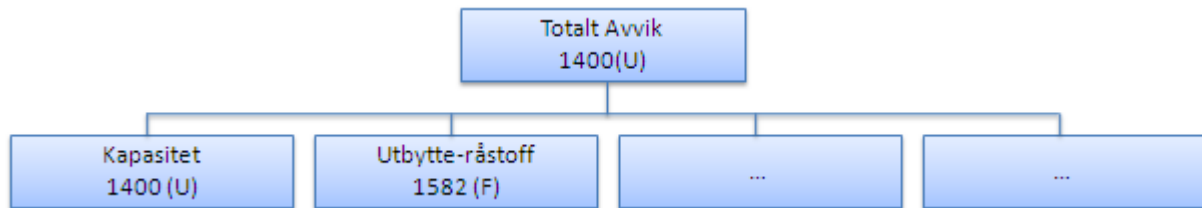
Årsaken til det ufordelaktige avviket er i sin helhet knyttet til redusert kapasitetsutnyttelse. Grunnet avhengigheten i raffineriet vil imidlertid kapasitetsreduksjonen også påvirke andre beslutningsvariabler i modellen. For eksempel vil utbytte fra råoljen som destilleres være endret. Dersom avvikanalysen utføres på samme måte som ved Mongstad vil det derfor kunne tilegnes et avvik pga endret råstoffutbytte. Dersom LP modellen løses med virkelig tilgjengelig kapasitet og budsjettert komponentutbytte får jeg følgende løsning.

Inntekt	88 416
Kostnad	-86 166
Resultat	2 250

Tabell 8-8: Resultatet ved budsjettert komponentutbytte

Størrelsen på de ulike avvikene er som tidligere nevnt gitt ved endret verdiskapning. Differansen mellom virkelig verdiskapning og løsningen ovenfor er 1582. Dette innebærer at endringen i råstoffutbytte tilegnes et fordelaktig avvik på 1582. Tilsvarende vil det også kunne beregnes avvik for øvrige beslutningsvariabler. Det er imidlertid ikke nødvendig å

utføre flere beregninger her. Eksempelet viser at det lett kan oppstå overlapp mellom avvikene i analysen. Dette kan illustreres i følgende figur.



Figur 8-12: Overlapp

Eksempelet kan virke noe ekstremt. Årsaken til den store overlappen skyldes at begge løsningene er optimale produksjonsløsninger, der den eneste forskjellen er knyttet til kapasitet i destillasjonstårnet. Endringen i råstoffutbytte kommer som en direkte konsekvens av kapasitetsendringen. I virkeligheten vil det imidlertid være sannsynlig at raffineriet ikke klarer å tilpasse seg optimalt til den nye kapasiteten. Virkelig komponentutbytte vil derfor trolig ligge nærmere budsjettert komponentutbytte og overlappet mellom avvikene vil derfor være mindre.

Eksempelet fremhever likevel viktigheten av å identifisere hvilke hendelser som har oppstått i raffineriet og deretter beregne avvikene i henhold til disse. Dersom det fokuseres på årsakene som har medført avviket vil graden av overlapp kunne reduseres. Identifiseres kapasitetsreduksjonen som den eneste hendelsen i perioden unngår man problemet med overlapp i eksempelet.

I en mer komplisert virkelighet vil det imidlertid også kunne eksistere overlapp selv om man kun beregner avvik i henhold til en årsakssammenheng. Dette fordi det kan eksistere avhengighet mellom de ulike hendelsene i perioden. Graden av overlapp vil imidlertid reduseres. På bakgrunn av dette anbefales det at Mongstad ikke benytter en fast oppsplitting av det totale avviket mellom plan og budsjett. Raffineriet bør aktivt kartlegge hvilke hendelser som har oppstått i perioden, for å deretter gjøre disse hendelsene til gjenstand for avviksanalyse. Dette vil øke kvaliteten på analysen da graden av overlapp vil reduseres.

Analysen av ulike tilnærminger til avviksanalyse belyser første del av oppgavens problemstilling. En annen relevant problemstilling er knyttet til hvilket budsjett som benyttes som referansepunkt i analysen. Avvikenes størrelse vil i stor grad avhenge av hvilket budsjett de virkelige resultatene sammenlignes med. Tidligere i oppgaven ble ex-post analysens egenskaper i form av å identifisere avvik knyttet til tapte muligheter illustrert. Det ble derfor

foreslått at Mongstad implementerer et ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer som referansepunkt.

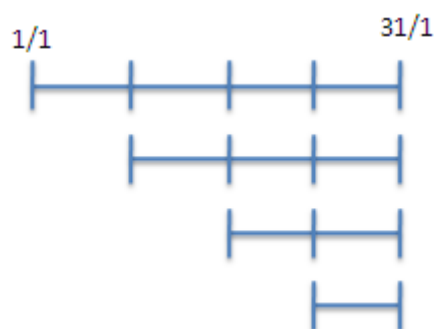
Et raffineri som har tilgang på prognoser og informasjon om fremtidige perioder vil imidlertid også ha mulighet til å benytte denne informasjonen i produksjonsplanleggingen. Som tidligere nevnt er dette tilfellet for Mongstad der det blant annet foreligger prisprognoser på råolje og ferdigprodukter. Ved å benytte denne informasjonen i produksjonsplanleggingen vil det kunne foreligge muligheter til å øke profitten i raffineriet. Dette innebærer at det eksisterer et ex-post budsjett som tar hensyn til denne informasjonen. Budsjettet vil gi høyere resultat enn et rent en-periodisk budsjett, da produksjonsplanleggingen gjøres på bakgrunn av et større informasjonsgrunnlag. Pr. i dag gjøres samtlige lagervurderinger ved Mongstad subjektivt. Flerperiodisk planlegging er følgelig ikke implementert i LP-modellen. Evaluering i forhold til et ex-post budsjett som tar hensyn til informasjon over flere perioder vil følgelig ikke være rimelig i dagens situasjon. I det følgende vil jeg imidlertid gjennomføre et eksempel som illustrerer forskjellen mellom en-periodisk og flerperiodisk planlegging. Dette for å problematisere hvilket budsjett som egentlig representerer det optimale ex-post budsjettet og derav bør benyttes som referansepunkt på lang sikt. Analysen vil også illustrere verdien av flerperiodisk planlegging.

9 Valg av planleggingsperiode

Flerperiodisk planlegging innebærer at informasjon om fremtidige perioder implementeres i produksjonsplanleggingen. Forventede markedsendringer vil kunne gjøre det lønnsomt å bygge opp/ned lager av råolje, komponenter eller ferdigprodukter. Dette gjelder både prisendringer, kapasitetsendringer og endringer i informasjon knyttet til tilgang på råolje. Vet man for eksempel at det skal utføres vedlikehold i destillasjonstårnet i neste periode, kan det være lønnsomt å øke produksjonen i inneværende periode. I tillegg vil en forventet prisøkning på et ferdigprodukt indikere at det kan være lønnsomt å bygge opp lager i periodene frem mot prisøkningen.

I det følgende vil jeg gjennomføre et eksempel som illustrerer tre ulike former for produksjonsplanlegging. Grunnlaget for å gjøre dette er å identifisere hva som egentlig representerer ex-post budsjettet i analysen. Dersom informasjon om fremtidige perioder er tilgjengelig kan det argumenteres at et ex-post budsjett som tar hensyn til denne informasjonen representerer et riktigere evalueringsgrunnlag enn et rent en-periodisk ex-post budsjett. I denne sammenheng er der imidlertid viktig å fremheve forskjellen mellom et optimalt ex-post budsjett og et ex-post budsjett som er utarbeidet på grunnlag av kontrollerbare faktorer. Et raffineri har ikke full fleksibilitet i produksjonen og kun den informasjonen som raffineriet kan nyttiggjøre seg av bør derfor implementeres i ex-post budsjettet.

9.1 Alternativ 1: Fast Planlegging

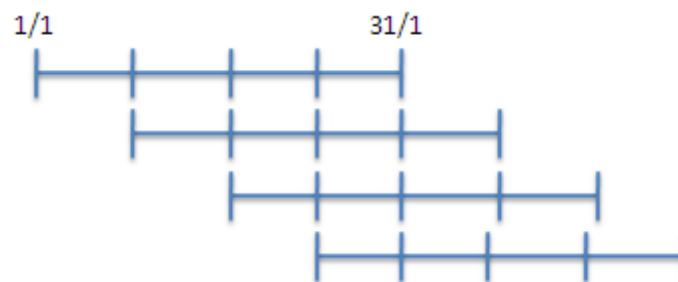


Figur 9-1: Fast planlegging (flerperiodisk)

Den første tilnærmingen innebærer at raffineriet planlegger produksjonen for en kalendermåned om gangen. Raffineriet kan justere produksjonen hver uke i henhold til ny markedsinformasjon. Planleggingen skjer imidlertid hele tiden innenfor samme måned. Også i dette eksempelet forutsettes det at samtlige produkter som produseres i markedet kan selges.

Følgelig vil det verken eksisterer råoljelager eller ferdigvarelager ved slutten av hver måned. Det kan diskuteres hvorvidt denne forutsetningen er rimelig eller ikke. I virkeligheten finnes det grenser for maksimal etterspørsel av produkter, noe som innebærer at en maksimal salgsgrense eksisterer. Forutsetningen er i eksempelet innført for å unngå problemer med verdsetting av lager ved slutten av perioden og vil ikke påvirke resultatene av analysen.

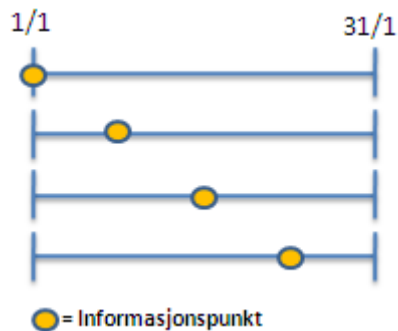
9.2 Alternativ 2: Rullende Horisont



Figur 9-2: Rullende horisont (flerperiodisk)

I alternativ 2 planlegger raffineriet produksjonen for de 4 påfølgende ukene. Følgelig vil også informasjon som eksisterer om perioder utenfor inneværende måned tas hensyn til i planleggingen. Metoden kan følgelig oppfattes som mer dynamisk.

9.3 Alternativ 3: En-periodisk Planlegging



Figur 9-3: Planlegging ved Mongstad (en-periodisk planlegging)

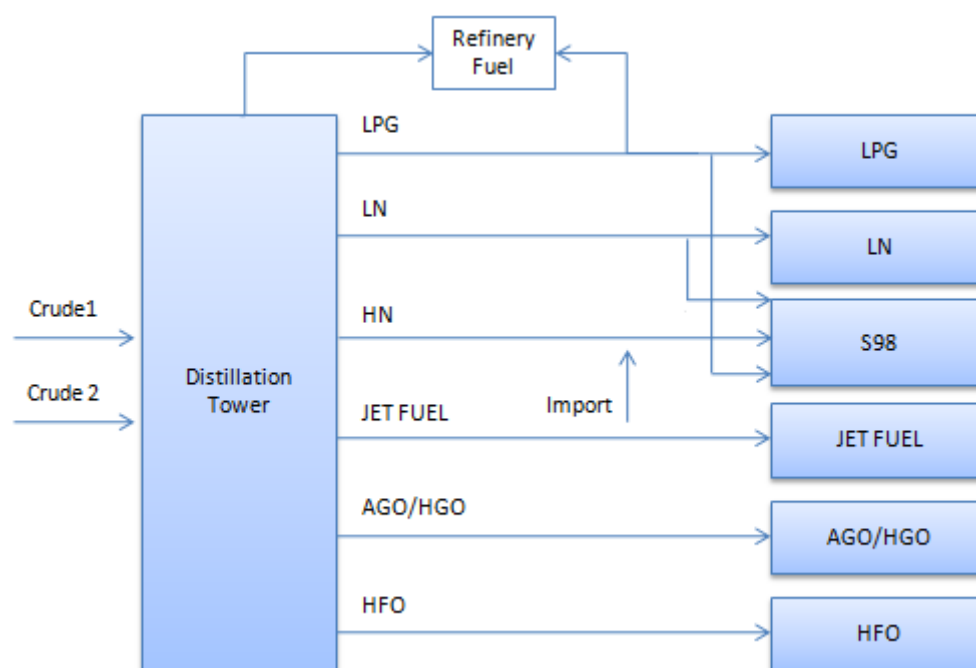
Det siste alternativet jeg har valgt å belyse inneholder ikke muligheten for lager. Planleggingen gjennomføres ved at LP-modellen optimerer produksjonen for hele måneden, uavhengig av hvilket tidspunkt man befinner seg på. Når ny informasjon blir gjort tilgjengelig kjøres derfor modellen for hele måneden. Produksjonsplanleggingen for den resterende perioden av måneden justeres deretter etter den nye planen. Beslutningsgrunnlaget legges på bakgrunn av forventede snittpriser for resterende periode av inneværende måned. Resultatet hver uke beregnes som $\frac{1}{4}$ av månedens totale produksjon multiplisert med virkelige priser for

den respektive uken. Årsaken til at jeg har valgt denne planleggingsmetoden er at den kan sammenlignes med prosedyrene som utføres ved StatoilHydro, Mongstad.

9.4 Modell

I eksemplene som følger vil jeg benytte en raffinerimodell som er mindre kompleks enn modellen i den foregående analysen. Hensikten er nå å avdekke avvik som eksisterer som følge av valg av planleggingsmetode, noe som innebærer at kompleksiteten i raffineriet spiller mindre rolle. Analysen vil følgelig ikke splitte avvikene som oppstår, men vise resultatavviket som eksisterer mellom de ulike metodene.

Modellen jeg har utviklet har verken krakker eller avsvovlingsanlegg. Det forutsettes altså en enklere sammenheng mellom råolje og ferdigprodukter, der de fleste komponentene som kommer fra destillasjonsprosessen kan selges direkte i markedet. Den nye raffinerimodellen kan illustreres på følgende måte.



Figur 9-4: Raffinerimodell 2

Som vi ser kan samtlige komponenter med unntak av HN selges direkte i markedet. S98 blandes nå ved hjelp av komponentene LN, HN og LPG. Det finnes også et eksternt marked for HN, slik at denne komponenten om ønskelig kan importeres. S98 har i modellen kvalitetsegenskaper knyttet til oktan og trykk. Utover dette finnes det ingen kvalitetsrestriksjoner i raffineriet. Råoljene forutsettes å ha samme egenskaper som i forrige

modell (ex-ante). Det forutsettes også at kvalitetsegenskapene er konstante i løpet av hele analyseperioden. Som i den forrige modellen eksisterer det også restriksjoner knyttet til destillasjonskapasitet, tilgang på råolje og etterspørselsrestriksjoner. I tillegg er det en maksimal begrensning på hvor mye HN som kan importeres. For de flerperiodiske modellene eksisterer det også en restriksjon som sikrer at utgående lagerbalanse aldri er negativ.

Raffineriet har mulighet for å lagre råolje og ferdigprodukter. Ved bruk av lager påløper det en enhetsbasert lagerkostnad. Denne antas å være konstant gjennom hele perioden. Det er imidlertid ulike lagerkostnader for de ulike produktene. Dette fordi det er ulike kravspesifikasjoner til oppbevaring av produktene. Lagerkostnaden beregnes ved at lagerkostnad pr. enhet (kt) multipliseres med gjennomsnittet av inngående og utgående lagerbalanse. I det følgende utføres en grov beskrivelse av informasjonsgrunnlaget og beregningene som utføres i analysen. En mer detaljert beskrivelse samt matematisk dokumentasjon finnes imidlertid i oppgavens appendiks. Det vises derfor til dette for en dypere forståelse av modellen og de forutsetningene som ligger bak.

9.5 Informasjonsgrunnlag

I det følgende presenteres informasjonen som er grunnlaget for planleggingen i perioden. Basert på informasjonsgrunnlaget gjennomføres produksjonsplanleggingen for de tre ulike metodene.

Enkelte faktorer forutsettes konstant i løpet av perioden. Dette gjelder blant annet raffineriets lagerkostnader som er gjengitt i tabellen nedenfor. Som vi ser gjelder prisene for alle de 8 ukene i analyseperioden.

Lagerkostnader	Uke 1-8
C1	5
C2	5
LPG	4
LN	3
HN	6
Jet Fuel	3
AGO/HGO	4
HFO	2
S98	1

Tabell 9-1: Lagerkostnader

I tillegg til dette forutsettes minimal etterspørsel pr uke å være konstant i perioden. Restriksjonene for de ulike produktene er gjengitt i følgende tabell.

Min. etterspørsel	Uke 1-8
LPG	6
LN	11
HN	2
Jet Fuel	50
AGO/HGO	160
HFO	148
S98	20

Tabell 9-2: Etterspørsel

For øvrige faktorer antas det endringer i løpet av perioden. I det følgende presenteres informasjonen som er tilgjengelig på ulike tidspunkt i analyseperioden. Den første produksjonsplanleggingen som forekommer skjer ved begynnelsen av uke 1

Uke 1

Følgende prognoser er tilgjengelig ved starten av uke 1.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4
C1	160	165	165	160
C2	140	148	148	140
LPG	180	180	180	180
LN	200	200	200	200
HN	250	250	250	250
Jet Fuel	250	250	230	230
AGO/HGO	205	205	205	205
HFO	180	180	180	180
S98	250	260	265	270
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4
C1	800	800	800	800
C2	800	800	800	800
HN	50	50	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	700

Tabell 9-3: Markedsinformasjon (ex-ante)

Som vi ser forventer raffineriet at råoljeprisen i uke 2 og 3 skal være høyere enn prisen i uke 1 og 4. Dette kan tilsi at det lønner seg å kjøpe inn råolje i periode 1 som legges på lager. Prisene på resten av produktene forventes å være relativt stabile. Unntaket er at det forventes en gradvis økning i prisen på S98 og en reduksjon i prisen på Jet Fuel.

På bakgrunn av dette legges følgende plan for perioden. Planen vil være identisk for tilnærming 1 og 2, da informasjonsgrunnlaget her er det samme.

	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4
C1	600	0	69	0
C2	800	0	631	700
LPG	6	6	6	6
LN	11	11	12	12
Jet Fuel	73	89	67	63
AGO/HGO	160	160	160	160
HFO	364	302	386	403
S98	20	20	20	439
Import HN	50	50	50	50
Inntekt	560 900			
Råoljekostnad	-410 776			
Lagerkostnad	-4 345			
Resultat	145 779			

Tabell 9-4: Budsjett (ex-ante) flerperiodisk planlegging

Planen for tilnærming 3 vil imidlertid avvike noe fra de andre tilnærmingene. Dette fordi beslutningsgrunnlaget legges på bakgrunn av gjennomsnittlige priser for perioden.

	Uke 1-8
C1	1189
C2	1411
LPG	24
LN	44
Jet Fuel	305
AGO/HGO	655
HFO	1218
S98	592
Import HN	280
Inntekt	594 575
Kostnad	466 395
Resultat	128 180

Tabell 9-5: Budsjett (ex-ante) en-periodisk planlegging

Resultatene er beregnet på bakgrunn av prisprognosene for perioden. Som vi ser gir muligheten for flerperiodisk planlegging høyere resultatmuligheter.

I løpet av perioden inntreffer det imidlertid endringer i informasjonsgrunnlaget. Det gjøres her forutsetninger på enkelte hendelser som inntreffer. Disse hendelsene gjengis i det følgende sortert etter hvilken periode informasjonen gjøres kjent. Ny informasjon er markert med blått i tabellene. Etter hvert som ny informasjon gjøres tilgjengelig justeres produksjonsplanleggingen for hver av de ulike tilnærmingene i tråd med tidligere beskrivelse.

Oppgaven skisseres ikke hver enkelt justert produksjonsplan, da det er vanskelig å følge sammenhengen mellom endret informasjon og endret produksjonsplan. Hver enkelt produksjonsplan er et resultat av en LP-kjøring der ny informasjon er implementert i modellen. Oppgaven viser imidlertid resultatforskjellene som oppstår mellom de tre ulike tilnærmingene. Disse resultatforskjellene vil illustrere verdien av fleksibilitet og flerperiodisk planlegging.

Uke 2

- Prisen for C1 i uke 1 ble høyere enn forventet. Prisøkningen forventes å vedvare for senere perioder.
- Tidligere prognoser forventet en prisnedgang på Jet Fuel. Dette skyldes forventninger om turbulens i det amerikanske flymarkedet og derfor lavere etterspørsel etter dette produktet. Ved begynnelsen av uke 2 forventes prisnedgangen å inntreffe en periode tidligere enn først antatt.
- Prognoser for uke 5 gjøres tilgjengelig. Disse skiller seg fra prognosene for uke 4 ved at det forventes en prisøkning på Jet Fuel og S98.

Informasjonen som er grunnlaget for produksjonsplanleggingen ved begynnelsen av uke 2 er gjengitt i tabellen under.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5
C1	165	170	170	165	165
C2	140	148	148	140	140
LPG	180	180	180	180	180
LN	200	200	200	200	200
HN	250	250	250	250	250
Jet Fuel	250	230	230	230	250
AGO/HGO	205	205	205	205	105
HFO	180	180	180	180	180
S98	250	260	265	270	280
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5
C1	800	800	800	800	800
C2	800	800	800	800	800
HN	50	50	50	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	700	700

Tabell 9-6: Markedsinformasjon uke 2

Uke 3

- Den ventede prisnedgangen på Jet Fuel inntraff ikke likevel.
- Det oppstod leveringsproblemer av S98 fra en stor leverandør i USA. Prisen på S98 i uke 2 ble derfor høyere enn forventet. Den høye prisen ventes å vedvare i neste periode.
- En ny leverandør av HN entret markedet i forrige periode. Tilgjengelig import av dette produktet var derfor høyere i uke 2 enn tidligere antatt. Det forventes også en høyere tilgang på importert HN i de tre neste periodene.
- Informasjonen som blir gjort tilgjengelig for uke seks viser en økning i destillasjonskapasitet i raffineriet. Årsaken er en utbygging som ferdigstilles i nærmeste fremtid.
- Det forventes en relativt kraftig økning i pris på Jet Fuel i uke 5.

Informasjonen som er grunnlaget for produksjonsplanleggingen ved begynnelsen av periode 3 er gjengitt i følgende tabell.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6
C1	165	170	170	165	165	165
C2	140	148	148	140	140	140
LPG	180	180	180	180	180	180
LN	200	200	200	200	200	200
HN	250	250	250	250	250	250
Jet Fuel	250	250	230	230	260	270
AGO/HGO	205	205	205	205	105	105
HFO	180	180	180	180	180	180
S98	250	265	270	270	280	280
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6
C1	800	800	800	800	800	800
C2	800	800	800	800	800	800
HN	50	70	70	70	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	700	700	800

Tabell 9-7: Markedsinformasjon uke 3

Uke 4

- Det planlegges en produksjonsstans i uke 4 grunnet vedlikeholdsarbeid. Dette reduseres destillasjonskapasiteten fra 700kt til 680kt.
- Tilgjengelig mengde C1 i kommende uke reduseres kraftig. Årsaken er leveringsproblemer fra en av raffineriets hovedleverandører.
- Prisen på Jet Fuel forventes å øke mer i uke 5 enn tidligere antatt.
- Informasjon som blir gjort tilgjengelig for uke 7 er identisk med tilgjengelig informasjon for uke 6.

Informasjonen som er grunnlaget for produksjonsplanleggingen ved begynnelsen av uke 4 er gjengitt i følgende tabell.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7
C1	165	170	170	165	165	165	165
C2	140	148	148	140	140	140	140
LPG	180	180	180	180	180	180	180
LN	200	200	200	200	200	200	200
HN	250	250	250	250	250	250	250
Jet Fuel	250	250	230	230	270	270	270
AGO/HGO	205	205	205	205	105	105	105
HFO	180	180	180	180	180	180	180
S98	250	265	270	270	280	280	280
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7
C1	800	800	800	500	800	800	800
C2	800	800	800	800	800	800	800
HN	50	70	70	70	50	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	680	700	800	800

Tabell 9-8: Markedsinformasjon uke 4

Uke 5

- Prisen på HN i uke 4 ble høyere enn budsjettet. Prisen forventes å holde samme nivå i fremtidige perioder.
- Prisøkningen på HN har også medført høyere pris på S98. Da alternative komponenter kan benyttes i blandingen av produktet forventes imidlertid ikke den høye prisen å vedvare i flere perioder.
- Den ventede prisøkningen på Jet Fuel inntraff en uke tidligere enn først antatt.

- Informasjon som blir gjort tilgjengelig for uke 8 er identisk med uke 7.

Informasjonen som er grunnlaget for produksjonsplanleggingen ved begynnelsen av uke 5 er gjengitt i følgende tabell.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8
C1	165	170	170	165	165	155	155	155
C2	140	148	148	140	140	140	140	140
LPG	180	180	180	180	180	180	180	180
LN	200	200	200	200	200	200	200	200
HN	250	250	250	255	255	255	255	255
Jet Fuel	250	250	230	270	270	270	270	270
AGO/HGO	205	205	205	205	105	105	105	105
HFO	180	180	180	180	180	180	180	180
S98	250	265	270	290	280	280	280	280
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8
C1	800	800	800	500	800	800	800	800
C2	800	800	800	800	800	800	800	800
HN	50	70	70	70	50	50	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	680	700	800	800	800

Tabell 9-9: Markedsinformasjon uke 5

Uke 6

- De virkelige forutsetningene for uke 5 avviker ikke mye fra budsjett. Den eneste forskjellen som inntraff var en høyere pris på S98. Årsaken er at markedet ikke har klart å tilpasse seg leveringsproblemene fra den store amerikanske leverandøren
- Informasjonen som blir gjort tilgjengelig for uke 9 er identisk med uke 8.

Informasjonen som er grunnlaget for produksjonsplanleggingen ved begynnelsen av uke 6 er gjengitt i følgende tabell.

Pris råolje og ferdigprodukter	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9
C1	165	170	170	165	165	155	155	155	155
C2	140	148	148	140	140	140	140	140	140
LPG	180	180	180	180	180	180	180	180	180
LN	200	200	200	200	200	200	200	200	200
HN	250	250	250	255	255	255	255	255	255
Jet Fuel	250	250	230	270	270	270	270	270	270
AGO/HGO	205	205	205	205	105	105	105	105	105
HFO	180	180	180	180	180	180	180	180	180
S98	250	265	270	290	300	280	280	280	280
Tilgang	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9
C1	800	800	800	500	800	800	800	800	800
C2	800	800	800	800	800	800	800	800	800
HN	50	70	70	70	50	50	50	50	50
Destillasjonskapasitet (kt)	700	700	700	680	700	800	800	800	800

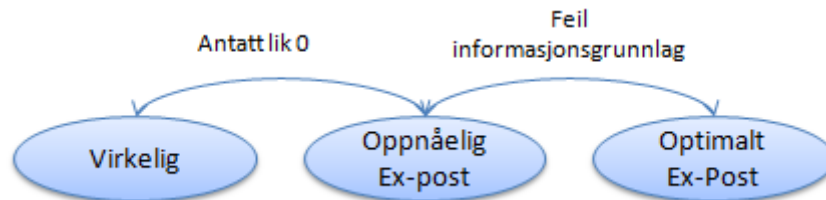
Tabell 9-10: Markedsinformasjon uke 6

Uke 7 →

I ukene fremover stabiliserer markedet seg. Dette innebærer at informasjonen for perioder lenger frem i tid er identisk med prognosene for uke 6-8. I tillegg forutsettes det at samtlige prognoser fra og med uke 6 stemmer overens med virkeligheten. På grunn av lagerkostnadene i raffineriet vil det derfor ikke være lønnsomt å opprettholde lager i ukene etter uke 6. Dette innebærer at lageret i raffineriet også vil være tomt ved utgangen av uke 8. Grunnet denne forutsetningen unngår jeg problematikken knyttet til verdsetting av utgående lager. Dette er fordelaktig da ulike metoder for verdsetting av lager vil kunne påvirke resultatet av analysen.

Informasjonsgrunnlaget presentert ovenfor gjør det mulig å sammenligne de tre ulike metodene for produksjonsplanlegging. Før analysen gjennomføres kreves imidlertid en klargjøring av hvilke budsjetter som sammenlignes. For enhver planleggingsmetode vil det eksistere et optimalt ex-post budsjett basert på perfekt informasjon. Dette budsjettet finnes ved å bruke virkelig informasjon for hver av de ulike planleggingsmetodene. I tillegg vil det eksistere et oppnåelig ex-post budsjett som er det optimale budsjettet i henhold til den informasjonen som foreligger på planleggingstidspunktet. Differansen som eksisterer mellom optimalt og oppnåelig ex-post budsjett vil følgelig skyldes feil informasjon på beslutningstidspunktet.

I analysen forutsettes det at raffineriet klarer å følge den produksjonsplanen som legges. Følgelig vil de virkelige resultatene være identiske med det oppnåelige ex-post budsjettet for perioden. Denne forutsetningen vil gjøre det lettere å isolere avviket som skyldes valg av planleggingsmetode. På bakgrunn av dette eksisterer følgende sammenheng mellom budsjettene.



Figur 9-5: Budsjettsammenheng

Både oppnåelig og optimalt ex-post budsjett vil være forskjellig i de tre ulike tilnærmingene. Dette skyldes at produksjonsplanleggingen legges på bakgrunn av ulikt informasjonsgrunnlag. I det følgende analyseres både oppnåelig og optimalt ex-post budsjett for de tre ulike tilnærmingene.

9.6 Analyse

9.6.1 Tilnærming 1

Ved tilnærming 1 optimerer LP-modellen kontantstrømmen for gjenstående periode av inneværende måned. Siden analyseperioden består av 2 måneder utføres altså samme analyse to ganger, der eneste forskjell er informasjonsgrunnlaget. Siden raffineriet må følge produksjonsplanen som bestemmes ved starten av uken, låses beslutningsvariablene for tidligere uker når modellen reoptimeres. Ved å utføre denne teknikken på informasjonsgrunnlaget som er presentert ovenfor får jeg følgende virkelige resultater.

	Uke 1-4	Uke 5-8	Total
Inntekt	629 194	615 288	1 244 482
Kostnad Råolje / HN	-477 620	-489 182	-966 802
Lagerkostnad	-4 039	0	-4 039
Resultat	147 534	126 106	273 640

Tabell 9-11: Resultater tilnærming 1 (virkelig)

Tilsvarende kan ex-post budsjettet beregnes. Dette gjøres ved å optimere månedsplanen for de virkelige forutsetningene for uke 1-4 og 5-8. Dette gir følgende resultat.

	Uke 1-4	Uke 5-8	Total
Inntekt	638 504	615 288	1 253 792
Råoljekostnad	-479 670	-489 182	-968 852
Lagerkostnad	-2 586	0	-2 586
Resultat	156 248	126 106	282 354

Tabell 9-12: Resultater tilnærming 1 (Ex-post)

Som vi ser eksisterer det en differanse mellom virkelig og ex-post på 8714 (U). Dette er som tidligere nevnt et rent informasjonsavvik og skyldes feil informasjon på planleggingstidspunktet.

9.6.2 Tilnærming 2

Tilnærming 2 optimerer som tidligere nevnt produksjonen for de fire påfølgende ukene. I modellen flyttes derfor beslutningsvariablene en uke frem i tid ved starten av en ny periode. Utover dette utføres planleggingen identisk med tilnærming 1. Dersom denne metoden utføres får jeg følgende resultater.

	Uke 1-8
Inntekt	1 251 999
Kostnad Råolje / HN	-963 464
Lagerkostnad	-3 181
Resultat	285 354

Tabell 9-13: Resultater Tilnærming 2 (virkelig)

Tilsvarende kan ex-post budsjettet beregnes ved at virkelig informasjon implementeres i modellen. Dette gir følgende resultat.

	Uke 1-8
Inntekt	1 258 479
Kostnad Råolje / HN	-967 514
Lagerkostnad	-4 099
Resultat	286 867

Tabell 9-14: Resultater tilnærming 2 (Ex-post)

Årsaken til at ex-post budsjettet for tilnærming 2 er høyere enn ex-post budsjettet for tilnærming 1 skyldes at førstnevnte plan kun planlegger for inneværende måned. Tilnærming 2 oppnår et høyere ex-post budsjett siden metoden er mer fleksibel og planlegger for de fire påfølgende ukene. Følgelig tas de hensyn til et større informasjonsgrunnlag i planleggingen.

9.6.3 Tilnærming 3

Tilnærming 3 er som tidligere nevnt en en-periodisk modell som kan sammenlignes med planleggingen som utføres på Mongstad. Uten muligheten for å modellere lager vil raffineriet

ikke har mulighet for å dra nytte av prognoser knyttet til fremtidige priser. Dersom denne metoden utføres får jeg følgende resultat.

	Uke 1-4	Uke 5-8	Total
Inntekter	630 807	621 897	1 252 704
Kostnader Råolje / HN	495 498	513 955	1 009 453
Resultat	135 309	107 942	243 251

Tabell 9-15: Resultater tilnærming 3 (virkelig)

Tilsvarende kan ex-post resultatene beregnes. Forskjellen fra de virkelige resultatene er at planen blir utarbeidet på bakgrunn av virkelige forutsetninger. Dette gir følgende resultat.

	Uke 1-4	Uke 5-8	Total
Inntekter	632 334	621 897	1 254 231
Kostnader Råolje / HN	493 789	513 955	1 007 743
Resultat	138 545	107 942	246 487

Tabell 9-16: Resultater tilnærming 3 (Ex-post)

9.6.4 Analyse

Utgangspunktet for å utføre en analyse rundt ulike planleggingsmetoder er valg av referansepunkt i avviksanalysen. I tillegg ønsker analysen å kartlegge verdien av flerperiodisk planlegging. Ved å analysere differansen mellom det optimale ex-post budsjettet ved ulike planleggingsformer, vil man kunne avdekke forskjellen i profittmulighet dersom all korrekt informasjon er tilgjengelig i forkant av planleggingen. Ved å sammenstille ex-post resultatene for de tre tilnærmingene får jeg følgende tabell.

	Tilnærming 2	Tilnærming 1	Tilnærming 3
Inntekt	1 258 479	1 253 792	1 254 231
Kostnad Råolje / HN	-967 514	-968 016	1 007 743
Lagerkostnad	-4 099	-3 422	0
Resultat	286 867	282 354	246 487

Tabell 9-17: Oppsummering resultater (ex-post)

For de optimale ex-post resultatene vil denne rangeringen gjelde i alle situasjoner. Rullende horisont (tilnærming 2) vil alltid være like god eller bedre enn fast planlegging (tilnærming 1). Tilsvarende vil fast planlegging (tilnærming 1) alltid være like god eller bedre enn en-periodisk planlegging (tilnærming 3). Årsaken er at forskjellen mellom metodene er en ren utvidelse av mulighetsområde i LP modellen. Med perfekt informasjon (ex-post) vil muligheten for å planlegge for flere perioder alltid gi et like godt eller bedre resultat enn dersom man gjennomfører en-periodisk planlegging. I eksempelet ser vi at det er relativt liten forskjellen mellom rullende horisont og fast planlegging, mens en-periodisk planlegging

ligger et stykke unna. Den relative forskjellen mellom metodene vil variere fra situasjon til situasjon. I en ex-post analyse vil høy volatilitet i informasjonsgrunnlaget medføre store forskjeller mellom metodene. Er informasjonen relativt stabil vil forskjellene være mindre. Dette fordi volatilitet i informasjonsgrunnlaget øker verdien av flerperiodisk planlegging. Dette resonnetet gjelder også for forskjellen mellom de to metodene for flerperiodisk planlegging. Ved høy volatilitet vil rullende horisont kunne øke resultatet ved å ta hensyn til informasjon som ikke benyttes i den faste planleggingen. Forventes det for eksempel en sterk prisøkning på et produkt den første uken i neste måned vil rullende horisont kunne dra nytte av denne informasjonen. Dette er ikke tilfellet for fast planlegging.

Tilsvarende kan de virkelige resultatene (oppnåelig ex-post) for perioden sammenlignes for å analysere verdien knyttet til valg av planleggingsperiode i et konkret eksempel. Som tidligere nevnt skyldes hele differansen mellom ex-post og virkelige resultater feil informasjon på beslutningstidspunktet. Planene gjennomføres perfekt men det eksisterer feil i informasjonsgrunnlaget som er grunnlaget for planleggingen. Dette informasjonsavviket er altså et ikke kontrollerbart avvik i raffineriet. Dersom de virkelige resultatene sammenstilles får jeg følgende tabell.

	Tilnærming 2	Tilnærming 1	Tilnærming 3
Inntekt	1 251 999	1 244 482	1 252 704
Kostnad Råolje / HN	-963 464	-966 802	1 009 453
Lagerkostnad	-3 181	-4 039	0
Resultat	285 354	273 642	243 251

Tabell 9-18: Oppsummering resultater (virkelig/oppnåelig ex-post)

Som vi ser er rangeringen den samme som under analysen av de optimale ex-post budsjettene. Det er imidlertid nå en større forskjell mellom resultatet ved tilnærming 2 og tilnærming 1. Årsaken til forskjellene er den samme som under den forrige analysen. Muligheten for å planlegge for flere perioder øker resultatmulighetene i raffineriet. For de virkelige resultatene vil imidlertid rangeringen som er gitt ovenfor ikke alltid være entydig. Rangeringen vil avhenge av kvaliteten på den informasjonen som er utgangspunktet for planleggingen. Forventer man for eksempel en prisøkning på et produkt vil de flerperiodiske modellene bygge opp lager av dette produktet frem mot perioden med høyest pris. Dersom prisøkningen ikke inntreffer vil dette kunne medføre tap for raffineriet. Dette kan illustreres med et enkelt eksempel. Samtlige priser som er tilgjengelig på beslutningstidspunktet er identisk med informasjonen som er skissert tidligere. I uke 4 og 5 inntreffer det imidlertid en sterk uventet prisnedgang på S98. Prisen faller til 50 i disse ukene. Dette er ingen realistisk prisnedgang,

men eksempelet vil illustrere viktigheten av høy kvalitet på informasjonen som er bakgrunnen for den flerperiodiske planleggingen. Dersom denne prisendringen implementeres får jeg følgende resultat.

	Tilnærming 2	Tilnærming 1	Tilnærming 3
Inntekt	1 100 866	1 173 042	1 180 184
Kostnad Råolje / HN	-963 464	-961 802	1 009 453
Lagerkostnad	-3 181	-4 019	0
Resultat	134 221	207 220	170 731

Tabell 9-19: Oppsummering av resultater ved nye prisforutsetninger

Resultatene ved denne situasjonen er av en helt annen rangering. Tilnærming 2 har nå det laveste resultatet, mens tilnærming 1 oppnår høyest resultat. Årsaken er at raffineriet ved tilnærming 1 har bygget opp et stort lager av S98 som skal selges i uke 5. Når prisreduksjonen inntreffer medfører dette store tap for raffineriet. Eksempelet kan virke ekstremt, men det belyser et viktig moment knyttet til valg av planleggingsmetode. For at flerperiodisk planlegging skal ha verdi, kreves det god kvalitet på de prognosene som brukes i produksjonsplanleggingen. Dersom kvaliteten på informasjonen er dårlig vil det være tilfeldig hvilken metode som gir det høyeste resultatet. En fordel som ikke er belyst i eksempelet, men som kan fremheves med den flerperiodiske planleggingen er lagerets bufferegenskaper. For eksempel vil uforutsette feil i destillasjonsanlegget kunne få mindre konsekvenser dersom det eksisterer lager i raffineriet. Dette fordi det er sannsynlig at raffineriet har ferdigprodukter på lager som kan selges. Dette vil minske sannsynligheten for at det må betales bøter til kunder som ikke får levert produkter i henhold til avtale. Når det gjelder vurderingen mellom rullende horisont (tilnærming 2) og fast planlegging (tilnærming 1) vil rullende horisont som oftest ha de beste bufferegenskapene. Årsaken er at fast planlegging jevnt over vil ha lavere lagerverdier da lageret tømmes ved slutten av hver måned. Det må understrekes at dette vil kunne variere fra situasjon til situasjon og at lager også kan justeres utenfor LP-modellen.

Mongstad benytter som tidligere nevnt en løsning som kan sammenlignes med tilnærming 3. En stor forskjell er imidlertid at Mongstad også har muligheten for å lagre råolje og komponenter. Lagervurderingen gjøres imidlertid fra Stavanger og er ikke en del av LP modellen i raffineriet. Lageret gjør det imidlertid mulig å tilpasse seg bedre til endrede markedsbetingelser enn hva som er tilfellet for ren en-periodisk planlegging. På grunnlag av dette er det grunn til å tro at løsningen på Mongstad vil ligge mellom tilnærming 2 og 3. Grunnen til at tilnærmingen vil gi et lavere resultat enn resultatet ved flerperiodisk planlegging er at lagervurderingen ikke gjøres optimalt. Sannsynligvis vil det oppstå situasjoner der man

opplever ekstreme lagerverdier (min/maks) slik at man ikke kan tilpasse salg av ferdigprodukter optimalt i henhold til markedsbetingelser. I tillegg vil en subjektiv fastsettelse av lagerverdiene trolig medføre en jevnt høyere lagerbestand enn lagerverdiene som fastsettes i LP-modellen. Dette vil da kunne medføre økte lagerkostnader. Det bør også nevnes at et jevnt høyre lager vil ha fordeler i forbindelse med bedre bufferegenskaper. Dette er viktig dersom kvaliteten på de prognosene som legges er lav.

Analysen viser at det eksisterer profittmuligheter ved å implementere flerperiodisk planlegging. Dette forutsetter imidlertid høy kvalitet på de prognosene som er utgangspunktet for produksjonsplanleggingen. På bakgrunn av dette anbefales det derfor at Mongstad undersøker mulighetene for å implementere flerperiodisk planlegging i LP-modellen. Når dette eventuelt er på plass vil et flerperiodisk ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer være det beste evalueringsgrunnlaget i raffineriet. I perioden frem til flerperiodisk planlegging er implementert anbefales det at et en-periodisk ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer benyttes som evalueringsgrunnlag i avviksanalysen.

10 Konklusjon

Som nevnt i introduksjonen til oppgaven er oppgavens problemstilling todelt. For det første har arbeidet beskrevet og analysert ulike avviksteknikker i forbindelse med avviksanalyse. Gjennom analysen er det fokusert på hvorvidt teknikkene kjennetegnes av et sett ønskede egenskaper. For det andre diskuterer oppgaven ulike referansepunkt som kan benyttes ved avviksanalyse. Det er her både diskutert forskjellen mellom ex-ante og ex-post budsjett, samt verdien av å åpne for flerperiodisk planlegging.

Første del av oppgaven analyserer hvorvidt de teoretiske rammeverkene for avviksanalyse (tradisjonell / ex-post) er egnet som analyseverktøy ved Mongstad. Det konkluderes at dette ikke er tilfellet. Årsaken er at kravene knyttet til årsakssammenheng, kontrollerbarhet og entydighet ikke er oppfylt. Gjennom analysen avdekkes imidlertid ex-post rammeverkets gode egenskaper i form av å identifisere tapte mulighet i perioden. Analysen avdekker imidlertid at et optimalt ex-post budsjett ikke er oppnåelig da en rekke av faktorene som skiller virkelige resultater fra ex-post budsjett ikke kan kontrolleres fra raffineriets side. På bakgrunn av dette anbefales det at et ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer implementeres i analysen. Informasjonsavviket som skyldes begrenset tilgang på informasjon samt raffineriets begrensede mulighet til å justere produksjonen vil da isoleres i analysen.

Neste del av oppgaven analyserer to ulike tilnærminger av hendelsesbasert avviksanalyse. Dette fordi hendelsesbasert avviksanalyse benyttes ved Mongstad. Analysen avdekker svakheter i begge tilnærmingene. Ved den første tilnærmingen er avvikenens størrelse sterkt avhengig av analysens rekkefølge. Kravet knyttet til entydighet anses følgelig ikke som oppfylt. Som en løsning på problemet analyseres en metode der gjennomsnittet av samtlige rekkefølger benyttes. Kravet knyttet til entydighet anses da som bedre oppfylt, men metoden er tidkrevende og ikke gjennomførbar i praksis. I den andre tilnærmingen identifiseres to svakheter. For det første anses kravet knyttet til entydighet ikke som oppfylt da to ulike avviksfordelinger kan benyttes. Avviket mellom disse fordelingene er relativt stort. I tillegg oppstår det ikke forklarte avvik i analyse, noe som innebærer at kravet knytte til avstembarhet ikke er oppfylt. Som en løsning på disse svakhetene analyseres en metode som benytter gjennomsnittet av de to avviksfordelingene samt normaliserer denne for å fordele det ikke forklarte avviket. Resultatene av analysen er sammenlignbart med resultatet under tilnærming 1 der gjennomsnittet av samtlige rekkefølger ble benyttet. Metoden er imidlertid mye mindre tidkrevende og kan gjennomføres i praksis. Det konkluderes derfor at denne analysemetoden

bedre oppfyller de ønskede egenskapene ved avviksanalyse sammenlignet med nåværende avviksanalyse ved Mongstad.

En svakhet som identifiseres ved hendelsesbasert avviksanalyse er metodens evne til å identifisere hendelser. For å gjennomføre analysen må samtlige hendelser være identifisert på forhånd. Dersom hendelser utelukkes vil avviket som skyldes hendelsen fordeles til andre avvik. I tillegg er det kritisk at analysen fokuseres på årsaker fremfor konsekvenser av hendelsene som oppstår. Dersom dette ikke gjøres vil graden av overlapp i analysen øke.

Når det gjelder problemstillingen knyttet til valg av referansepunkt er det utført ulike analyser. Som tidligere nevnt anbefales det at et ex-post budsjett basert på kontrollerbare faktorer implementeres i analysen. Det stilles imidlertid spørsmål ved hvilket budsjett som egentlig representerer raffineriets ex-post budsjett. Dette fordi Mongstad har tilgang på prognoser om fremtidige perioder samt har muligheten til å lagre både råolje og komponenter. Analysen viser at profittmulighetene øker ved å åpne for flerperiodisk planlegging. Siden Mongstad både har lager for råolje og komponenter bør flerperiodisk planlegging absolutt være en realistisk ambisjon for raffineriet. Som nevnt i analysen utføres pr i dag lagervurderingen subjektivt fra selskapets hovedkontor i Stavanger. Analysen viser imidlertid at raffineriet vil øke profittmulighetene ved å implementere lagervurderingen i planleggingsmodellen. Et viktig kriterium er imidlertid at kvaliteten på prognosene som utgjør beslutningsgrunnlaget er høy. Ved lav kvalitet på prognosene vil det være tilfeldig om verdien av flerperiodisk planlegging er positiv eller negativ.

Når det gjelder referansepunkt i avviksanalysen bør dette bestemmes i henhold til kravet om kontrollerbarhet. Mongstad har pr i dag ikke mulighet for flerperiodisk planlegging og et slikt resultat som referansepunkt er derfor urimelig. I henhold til et langsiktig perspektiv kan dette imidlertid være realistisk.

Analysen som er gjennomført illustrerer at det eksisterer svakheter med analysen som utføres ved Mongstad. Oppgaven foreslår i den forbindelse tilnærminger for å forbedre nåværende analyse. I tillegg kan det vurderes hvorvidt andre styringsverktøy kan benyttes som supplement til avviksanalysen. Analysen som gjennomføres ved Mongstad splitter det totale avviket i relativt detaljerte avvik. Oppgaven fremhever at detaljnivået i en analyse kun skal økes dersom dette er lønnsomt i henhold til en kostnad/nytte vurdering.

Et alternativ kan være å gjennomføre en grovere avviksanalyse som i tillegg suppleres av andre styringsverktøy. For eksempel kan det tenkes at analyseformer som fokuserer på

driftsmessige fremfor økonomisk avvik vil passe bedre for raffineriet. Avvik i driftsmessige variabler vil illustrere årsakene som medfører det totale avviket, uten at hver enkelt variabel fordeles en økonomisk størrelse. Et verktøy som er mye benyttet innenfor bedriftsøkonomisk styring er Balansert Målstyring (BSC). Rammeverket som er utviklet av *Kaplan & Norton* innebærer at det utvikles måltall innenfor fire ulike perspektiver. Ideen er at forbedringer innenfor hvert perspektiv skal resultere i bedre finansielle resultater for bedriften som helhet (Kaplan & Atkinson 1998). For eksempel kan det utvikles driftsmessige måltall knyttet til kapasitet i de ulike prosessanleggene. Dersom måltallene i en periode avviker fra en definert standard vil dette signalisere at kapasitetsutnyttelsen medfører fordelaktig eller ufordelaktig avvik i tilknytning til bedriftens finansielle resultater.

Jeg tror BSC er et verktøy som med fordel kunne supplert en grov avviksanalyse ved Mongstad. Jeg har imidlertid ikke utført analyser rundt dette verktøyet og kan ikke fastslå dette med sikkerhet. Det finnes helt sikkert også andre verktøy som kan benyttes. Grunnet oppgavens avgrensning har jeg imidlertid ikke analysert dette nærmere.

11 Forslag til videre forskning

I forutsetningene til oppgaven ble det fremhevet at kun kostnader knyttet til råolje var inkludert i analysen. Jeg tror imidlertid det kunne vært nyttig å gjøre tilsvarende analyser for øvrige kostnadsgrupper. Årsaken er at disse kostnadsgruppene inneholder en høy andel kontrollerbare kostnader.

Avviksanalysen som gjennomføres ved Mongstad benytter en fast oppsplitting av det totale avviket mellom virkelige resultater og plan. Oppgaven analyserer ulike tilnærminger til hendelsesbasert avviksanalyse og identifiserer hvilke av disse som oppfyller de ønskede egenskapene ved avviksanalyse. Et forslag til videre forskning kan i den forbindelse være å aktivt analysere avvik i parametrene i LP-modellen ved Mongstad. Deretter kan de endrede forutsetningene være utgangspunkt for å gjennomføre en hendelsesbasert avviksanalyse.

Den avsluttende delen av oppgaven antyder at alternative styringsverktøy kan benyttes som supplement til en grov avviksanalyse. Det foreslås derfor at videre arbeid analyserer hvorvidt styringsverktøy som for eksempel Balansert Målstyring er egnet i raffineriet på Mongstad. I tillegg foreslås det at en kostnad/nytte vurdering gjennomføres i tilknytning til informasjonen som avdekkes i nåværende avviksanalyse.

Litteraturliste

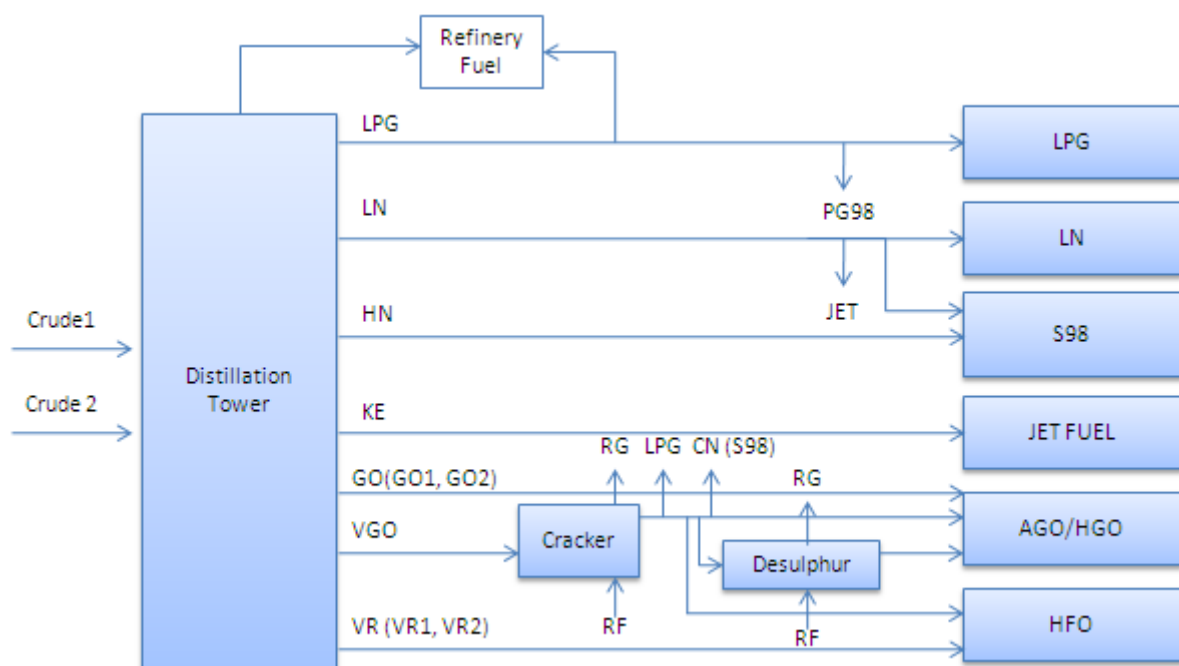
- Aspen Technology (2007): <http://www.aspentech.com/products/aspen-pims.cfm>, 25.11.2007
- Chase, R. et. al. (2007): *Operations Management for Competitive Advantage*. 11th edition. McGraw-Hill Education, Europe
- Choudhury, N. (1986): *Responsibility Accounting and Controllability*, (I: Accounting and Business Research, s189-198, Summer 1986)
- Demski, J.S (1967): *An Accounting system Structured on a Linear Programming Model*, (I: The Accounting Review, Vol. 42, No. 4, s. 701-712, October 1967).
- Emsley, D. (1999): *Variance analysis and performance: two empirical studies*, (I: Accounting, Organization and Society, Vol. 25, Issue 1, s. 1-12, January 1999)
- Favennec, J.P (2001): *Refinery Operation and Management*. 5th edition. Editions Technip, Montreal Canada
- Garrett, K. (1990): *Variance Analysis: Uses And Abuses*, (I: Accountancy, December 1990)
- Gary, J. & Handwerk, G. (2001): *Petroleum Refining: Technology and Economics*. 4th edition. Marcel Dekker Inc, New York
- Hartmann, F. (1998): *Accounting for performance evaluation: effects of uncertainty on the appropriateness of accounting performance measures*, (I: The European Accounting Review, Vol. 7, Issue 3, s 571- 574, September 1998)
- Hoff, K.G & Bjørnenak, T. (2005): *Driftsregnskap og Budsjettering*. 4. Utg. Universitetsforlaget, Oslo
- Hopwood, A.G (1974): *Leadership Climate and the Use of Accounting Data Performance Evaluation*,(I: The Accounting Review, Vol. 49, No. 3, s. 485-495, July 1974)
- Horngrén, C.T. et. al (2006): *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*. 12th edition. Pearson Education Limited, Upper Saddle River, N.J.
- How Stuff Works (2007:1): <http://science.howstuffworks.com/oil-refining4.htm> (22.11.2007)
- How Stuff Works (2007:2): <http://science.howstuffworks.com/oil-refining5.htm> (22.11.2007)
- Kaplan, R. & Atkinson, A. (1998): *Advance Management Accounting*. 3rd Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River N.J

- Lin, T. (1978): *Multiple Objective Budgeting Models: A Simulation*, (I: The Accounting Review, Vol. 53, No.1, s. 61-76, January 1978)
- Merchant, K. (1987): *How and Why Firms Disregard the Controllability Principle*, (I: Accounting & Management: Field Study Perspectives. Red: Bruns, W.J & Kaplan, R.S. Harvard Business School Press, Boston MA
- Mitchell, F. (2005): *Management Accounting – Performance Evaluation*, (I: Financial Management, Issue: 14719185, October 2005)
- Moore, J. & Weatherford, R. (2001): *Decision Modeling with Microsoft Excel. 6th edition*. Pearson Education Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J
- Platts (2007:1): <http://www.platts.com/About%20Platts/> (23.11.2007)
- Platts (2007:2):
<http://www.platts.com/Content/Oil/Resources/Market%20Issues/Platts%20Brent%20Index.pdf> (23.11.2007)
- Ruhl, J.M. (1995): *Applying the theory of constraints to enhance profitability*, (I: Handbook of Cost Management, Warren et. al)
- Shank, J. & Churchill, N. (1977): *Variance Analysis: A Management-Oriented Approach*, (I: The Accounting Review, s. 950-957, October 1977)
- Smith, D. (2000): *The Measurement Nightmare: How the Theory of Constrains Can Resolve Confliction Strategies, Polices and Measures*. 1st edition. CRC Press
- Statoil Norge (2007):
<http://www.statoilnorge.no/STATOILCOM/SVG00990.NSF?opendatabase&lang=no&artid=8CE2C7B8D0B8ED18C1256FA9003BAC41>, (24.11.2007)
- StatoilHydro (2008):
<http://www.statoilhydro.com/no/OurOperations/TerminalsRefining/ProdFacilitiesMongstad/Pages/Mongstadraffineri.aspx> (15.05.2008).
- Ventureline (2007): http://www.ventureline.com/glossary_V.asp (22.11.2007)
- Yahya-Zadeh, M. (2002): *A Linear Programming Framework for Flexible Budgeting and Its Application to Classroom Teaching*, (I: Issues in Accounting Education, Vol. 17, s. 69.93, February 2002)

Appendiks

De to raffinerimodellene som er benyttet i oppgaven ble ikke beskrevet i detalj. For å øke forståelsen av modellene og de forutsetningene som ligger bak ser jeg det derfor som nødvendig å dokumentere modellene matematisk. Det foretas også en grundigere verbal beskrivelse av hvordan modellene er utformet. Først dokumenteres den en-periodiske modellen som introduseres i kapittel 4. Deretter beskrives den flerperiodiske modellen som benyttes i kapittel 9. Beskrivelsen av denne gjøres noe mer kortfattet da oppbyggingen følger mange av de samme prinsippene som den første modellen.

Modell 1



Første steg i dokumentasjonen er å definere variabler og parametre som inngår i modellen.

Definisjon av variabler og parametre

Beslutningsvariablene som utgjør målfunksjonen i modellen er knyttet til salg av produkter og kjøp av råolje. Notasjonen i dokumentasjon bruker variabler som henviser til det som måles. I den forbindelse brukes følgende variabler

S = Salg	K = Kjøp	B = Blanding
DS = Avsvovling	CC = Krakking	F = Forbruk

Deretter benyttes symboler i parentes for å indikere hvilke produkter/komponenter det refereres til. På bakgrunn av dette defineres følgende beslutningsvariabler i raffineriets målfunksjon.

S(LPG) = Salg av LPG	S(AGO/HGO) = Salg av AGO/HGO
S(LN) = Salg av LN	S(HFO) = Salg av HFO
S(S98) = Salg av S98	K(C1) = Kjøp/destillasjon av Crude 1
S(JET) = Salg av Jet Fuel	K(C2) = Kjøp/destillasjon av Crude 2

Siden det ikke eksisterer lagermuligheter i raffineriet vil kjøp og destillasjon av råolje være identisk. Følgelig kan en felles variabel (K) benyttes for både kjøp og destillasjon av råolje.

Modellen benytter også beslutningsvariabler for å bestemme hvordan produksjonsprosessene for krakking og avsvovling skal utføres. Disse kan beskrives på følgende måte.

DS(GO1) = Mengde av GO1 som avsvovles	CC(CGO) = Bruk av krakker i CGO modus
DS(GO2) = Mengde av GO2 som avsvovles	CC(CNA) = Bruk av krakker i CNA modus
DS(CGO) = Mengde av CGO som avsvovles	

I tillegg benyttes beslutningsvariabler for å bestemme hvordan blandingen av de ulike produktene skal gjennomføres. Dette inkluderer også hvilke komponenter som skal brukes som RF.

Jet Fuel	HFO
B(HN, JET) = Mengde HN som blandes i Jet Fuel	B(VR1, HFO) = Mengde VR1 som blandes i HFO
B(KE, JET) = Mengde KE som blandes i Jet Fuel	B(VR2, HFO) = Mengde VR2 som blandes i HFO
B(LN, JET) = Mengde LN som blandes i Jet Fuel	B(CGO, HFO) = Mengde CGO som blandes i HFO
S98	AGO/HGO
B(LPG, S98) = Mengde LPG som blandes i S98	B(KE, AGO/HGO) = Mengde KE i AGO/HGO
B(LN, S98) = Mengde LN som blandes i S98	B(GO1, AGO/HGO) = Mengde GO1 i AGO/HGO
B(HN, S98) = Mengde HN som blandes i S98	B(GO2, AGO/HGO) = Mengde GO2 i AGO/HGO
B(CN, S98) = Mengde CN som blandes i S98	B(DSGO1, AGO/HGO) = Mengde avsvovlet GO1 i AGO/HGO
RF	B(DSGO2, AGO/HGO) = Mengde avsvovlet GO2 i AGO/HGO
F(RG, RF) = Mengde RG som brukes som RF	B(DSCGO, AGO/HGO) = Mengde avsvovlet CGO i AGO/HGO
F(LPG, RF) = Mengde LPG som brukes som RF	
F(LN, RF) = Mengde LN som brukes som RF	

I tillegg kreves parametre som sikrer at det er overensstemmelse mellom masse og volum av produktene som selges. Dette gjelder kun for produkter der kvalitetsegenskapene beregnes i henhold til volum (S98 og HFO).

$S(S98VOL) = \text{Volum av S98 som selges}$	$S(HFOVOL) = \text{Volum av HFO som selges}$
--	--

Variablene som er beskrevet ovenfor danner utgangspunktet for bedriftens målfunksjon og sidebetingelser.

Målfunksjon

Raffineriet ønsker å maksimere periodens profitt. Profitten er gitt ved kontantstrøm fra salg fratrukket kostnader til råolje. Målfunksjonen inneholder følgelig beslutningsvariabler for salg av de ulike produktene, samt kjøp av råolje. På bakgrunn av dette kan LP-modellens målfunksjon uttrykkes på følgende måte. Prisene som er benyttet bygger på ex-ante forutsetninger.

$$\begin{aligned} & \text{MAX } 200 * S(\text{LPG}) + 200 * S(\text{LN}) + 240 * S(\text{S98}) + 210 * S(\text{JET}) + 205 * S(\text{AGO/HGO}) \\ & + 95 * S(\text{HFO}) - 183 * K(\text{C1}) - 155 * K(\text{C2}) \end{aligned}$$

Sidebetingelser

Det er knyttet en rekke sidebetingelser til raffineriets planleggingsmodell. Disse gjengis og forklares i det følgende.

Materialbalanse

For å sikre at det er materialbalanse i raffineriet må det defineres sidebetingelser for samtlige av raffineriets komponenter. Ligningene for materialbalanse bygger på følgende sammenheng.

$$\textit{Produksjon} - \textit{Intern konsum} + \textit{Import} - \textit{Eksport} = \textit{Etterspørsel}$$

Siden raffineriet ikke har mulighet for å importere eller eksportere komponenter vil ligningene for materialbalanse sikre at produksjon fratrukket intern konsum tilsvarer etterspørsel. Enkelt forklart innebærer dette at produksjonen av en komponent også må brukes i form av intern konsum. Intern konsum av en komponent innebærer både direkte salg, føde til krakker eller avsvovlingsenhet samt som komponent i blandingen av et ferdigprodukt.

Eksempel - RG

RG brukes som RF og utvinnes i samtlige prosessanlegg. Tidligere tabeller viser hvor mye RG som utvinnes i de ulike prosessanleggene. Materialbalansen vil her sikre at alt RG som produseres også brukes i form av RF. Følgende ligning sikrer dette.

$$\begin{array}{c}
 \text{RG fra destillasjon} \qquad \qquad \qquad \text{RG fra krakking} \qquad \qquad \qquad \text{RG fra avsvovling} \\
 \underbrace{\hspace{10em}} \qquad \underbrace{\hspace{10em}} \qquad \underbrace{\hspace{10em}} \\
 0,001K(C1) + 0,002K(C2) + 0,015CC(CNA) + 0,015CC(CGO) + 0,015DS(GO1) + 0,03DS(GO2) + \\
 0,03DS(CGO) - F(RG, RF) = 0 \\
 \underbrace{\hspace{10em}} \\
 \text{RG som brukes som RF}
 \end{array}$$

De tre første leddene viser her mengden RG som utvinnes i de tre prosessanleggene. Det siste leddet viser mengden RG som brukes som RF. For at materialbalansen skal stemme må produksjon være lik forbruk.

Eksempel - LPG

Tilsvarende beskrivelse gjelder også for materialbalansen knyttet til produksjon av LPG. LPG utvinnes både i destillasjonsprosessen og krakkingprosessen. LPG kan i motsetning til RG brukes på flere ulike måter. Dette inkluderer både direkte salg, som komponent i S98 og som RF. På bakgrunn av dette sikrer følgende ligning at det er balanse knyttet til produksjon og bruk av LPG.

$$\begin{array}{c}
 0,012K(C1) + 0,015K(C2) + 0,103CC(CNA) + 0,096CC(CGO) - S(LPG) - B(LPG, S98) - F(LPG, RF) = 0 \\
 \underbrace{\hspace{10em}} \qquad \underbrace{\hspace{10em}} \qquad \underbrace{\hspace{2em}} \qquad \underbrace{\hspace{2em}} \qquad \underbrace{\hspace{2em}} \\
 \text{LPG fra} \qquad \qquad \qquad \text{LPG fra} \qquad \qquad \qquad \text{LPG som} \qquad \text{LPG som} \qquad \text{LPG som} \\
 \text{destillasjon} \qquad \qquad \qquad \text{krakking} \qquad \qquad \qquad \text{selges direkte} \qquad \text{blandes i S98} \qquad \text{brukes som RF}
 \end{array}$$

Tilsvarende resonnement gjelder for samtlige komponenter. Materialbalansen for raffineriets øvrige komponenter gjengis i det følgende.

$$\text{LN: } 0,04K(C1) + 0,04K(C2) - S(LN) - B(LN, S98) - B(LN, JET) - F(LN, RF) = 0$$

$$\text{HN: } 0,145K(C1) + 0,075K(C2) - B(HN, JET) - B(HN, S98) = 0$$

$$\text{KE: } 0,15K(C1) + 0,09K(C2) - B(KE, JET) - B(KE, AGO/HGO) = 0$$

$$\text{G01: } 0,31K(C1) - CC(GO1, CNA) - B(GO1, S98) = 0$$

$$\text{G02: } 0,203K(C2) - CC(GO2, CNA) - B(GO2, S98) = 0$$

$$\mathbf{VGO}: 0,212K(C1) + 0,275K(C2) - CC(VGO, CNA) - CC(VGO, VGO) = 0$$

$$\mathbf{VR1}: 0,13K(C1) - B(VR1, HFO) = 0$$

$$\mathbf{VR2}: 0,3K(C1) - B(VR2, HFO) = 0$$

$$\mathbf{CN}: 0,436CC(CNA) + 0,381CC(CGO) - B(CN, S98) = 0$$

$$\mathbf{CGO}: 0,446CC(CNA) + 0,511CC(CGO) - B(CGO, DSCGO) - B(CGO, AGO/HGO) - B(CGO, HFO) = 0$$

$$\mathbf{DSGO1}: 0,98DS(GO1) - B(DSGO1, AGO/HGO) = 0$$

$$\mathbf{DSGO2}: 0,97DS(GO2) - B(DSGO2, AGO/HGO) = 0$$

$$\mathbf{DSCGO}: 0,96DS(CGO) - B(DSCGO, AGO/HGO) = 0$$

Produksjonsbalanse

Restriksjonene knyttet til produksjonsbalanse sikrer at mengden av de ulike komponentene som blandes til et ferdigprodukt tilsvarer den totale mengden av ferdigproduktet.

Oppbyggingen av restriksjonene følger altså samme intuisjon som betingelsene for materialbalanse. Den første restriksjonen for produksjonsbalanse sikrer at den mengden LPG, LN, HN og CN som brukes i blandingen av S98 tilsvarer totalt salg av produktet. Tilsvarende resonnement gjelder for blandingen av AGO/HGO, HFO og JET.

$$\mathbf{S98}: B(LPG, S98) + B(LN, S98) + B(HN, S98) + B(CN, S98) - S(S98) = 0$$

$$\mathbf{AGO/HGO}: B(KE, AGO/HGO) + B(GO1, AGO/HGO) + B(GO2, AGO/HGO) + B(CGO, AGO/HGO) + B(DSGO1, AGO/HGO) + B(DSGO2, AGO/HGO) + B(DSCGO, AGO/HGO) - S(AGO/HGO) = 0$$

$$\mathbf{HFO}: B(CGO, HFO) + B(V1, HFO) + B(V2, HFO) - S(HFO) = 0$$

$$\mathbf{JET FUEL}: B(HN, JET) + B(LN, JET) + B(KE, JET) - S(JET) = 0$$

Restriksjonene for produksjonsbalanse viser hvilke komponenter som kan inngå i de ulike produktene. De sier imidlertid ingenting om hvordan selve blandingen utføres. Dette gjøres ved å definere kvalitetsrestriksjoner som sikrer at spesifikasjonskravene ved de ulike produktene møtes.

Kvalitetsrestriksjoner

Kvalitetsrestriksjonene for S98, AGO/HGO og HFO er gitt i tabell 4:7. Som tidligere nevnt beregnes egenskapene ved et produkt i henhold til "The Blending Rule". Dette innebærer at følgende ligning benyttes for å sikre at kvalitetsegenskap S møtes.

$$\frac{\sum qiXi}{\sum Xi} \geq S \Rightarrow \sum qiXi - S \sum Xi \leq 0 \Rightarrow \sum (qi - s)Xi \leq 0$$

Den siste omskrivingen av formelen vil illustrere hvordan hver komponent i blandingen bidrar til å møte de ulike spesifikasjonskravene.

Som tidligere nevnt beregnes egenskaper i form av damptrykk og viskositet i henhold til volum. Komponentenes tetthet må derfor inkluderes i formelen for å sikre at de riktige spesifikasjonskravene møtes. Dette gjøres ved at mengden av hver komponent i en blanding divideres med komponentens tetthet. Informasjon knyttet til de ulike komponentenes tetthet finnes i tabell 4:8.

På bakgrunn av dette kan det defineres sidebetingelser som sikrer at spesifikasjonskravene ved de ulike produktene møtes.

Eksempel: Damptrykk S98

Ved beregningen av damptrykk i S98 må komponentenes tetthet inkluderes i formelen vist ovenfor. Dette vil si at mengden av hver komponent divideres med komponentens tetthet. I henhold til beskrivelsen vil derfor følgende restriksjon sikret at spesifikasjonskravet knyttet til maksimalt damptrykk (0,86) ivaretas.

$$\text{Max damptrykk: } 4,3 * \frac{B(LPG,S98)}{0,58} + 0,8 * \frac{B(LN,S98)}{0,65} + 0,4 * \frac{B(HN,S98)}{0,74} + 0,65 * \frac{B(CN,S98)}{0,75} \leq 0,86 * S(S98VOL)$$

Som vi ser summeres produktet av damptrykk og volum (masse/tetthet) for hver komponent i blandingen. Denne summen må ikke overstige blandingens totale volum (S98VOL) multiplisert med maksimalt damptrykk (0,86). Tilsvarende sidebetingelse kan også utformes for minimalt damptrykk.

$$\text{Min damptrykk: } 4,3 * \frac{B(LPG,S98)}{0,58} + 0,8 * \frac{B(LN,S98)}{0,65} + 0,4 * \frac{B(HN,S98)}{0,74} + 0,65 * \frac{B(CN,S98)}{0,75} \geq 0,5 * S(S98VOL)$$

For å sikre at det er overensstemmelse mellom mengde og volum av produktene som selges kreves følgende sidebetingelse.

$$B(LPG, S98) * \frac{1}{0,58} + B(LN, S98) * \frac{1}{0,65} + B(HN, S98) * \frac{1}{0,74} + B(CN, S98) * \frac{1}{0,75} - S(S98VOL) = 0$$

Denne sikrer at det totale volumet av komponentene som inngår i blandingen tilsvarer volumet av produktet som selges. Denne ligningen vil sikre overensstemmelse mellom mengde og volum da det allerede er etablert betingelser som sikrer at den totale mengden av komponenter i en blanding tilsvarer mengden av ferdigproduktet.

Eksempel: Svovelinnhold AGO/HGO

Svovelinnhold i en blanding beregnes i henhold til mengde. Dette innebærer at komponentenes tetthet ikke tas hensyn til i beregningen. Det totale svovelinnholdet i blandingen beregnes som summen av produktet mellom svovelinnhold pr kt og antall kt av hver komponent i blandingen. Svovelinnholdet skal ikke overstige 0,5 %. Følgende restriksjon sikrer at kravet til svovelinnhold oppfylles.

$$0,01B(KE, AGO/HGO) + 0,02B(GO1, AGO/HGO) + 0,15B(GO2, AGO/HGO) + 0,2B(CGO, AGO/HGO) + 0,0006B(DSGO1, AGO/HGO) + 0,0045(DSGO2, AGO/HGO) \leq 0,005 * S(AGO|HGO)$$

Som vi ser summerer formelen svovelinnholdet i samtlige komponenter som inngår i produktet. Denne summen må ikke overstige 0,05 % av den totale mengden AGO/HGO som produseres.

Viskositet HFO:

Beregningen av viskositet følger samme fremgangsmåte som beregning av damptrykk og krever derfor ikke nærmere forklaring.

$$38 * \frac{B(VR1,HFO)}{0,98} + 43 * \frac{B(VR2,HFO)}{1,02} + 12 * \frac{B(CGO,HFO)}{0,95} \leq 33 * S(HFOVOL) \text{ (Maksimal viskositet)}$$

$$38 * \frac{B(VR1,HFO)}{0,98} + 43 * \frac{B(VR2,HFO)}{1,02} + 12 * \frac{B(CGO,HFO)}{0,95} \geq 30 * S(HFOVOL) \text{ (Minimal viskositet)}$$

$$B(VR1, HFO) * \frac{1}{0,98} + B(VR2, HFO) * \frac{1}{1,02} + B(CGO, HFO) * \frac{1}{0,95} + -S(HFOVOL) = 0$$

Etterspørsel

Det er en gitt etterspørsel av hvert produkt som raffineriet må dekke i perioden. For eksempel viser den første av etterspørselsrestriksjonene at raffineriet må selge minst 6kt LPG.

$$S(LPG) \geq 6$$

$$S(S98) \geq 20$$

$$S(AGO/HGO) \geq 160$$

$$S(LN) \geq 11$$

$$S(JET) \geq 50$$

$$S(HFO) \geq 148$$

Råoljetilgang

Raffineriet har kun tilgang til en gitt mengde råolje i hver periode. Det må derfor opprettes sidebetingelser som sikrer at mengden ikke overskrides. I ex-ante budsjettet fremgår det at raffineriet maksimalt kan benytte 400kt C1 og 800kt C2. Følgende betingelser sikrer at råoljeforbruket ikke overstiger denne begrensingen.

$$K(C1) \leq 400$$

$$K(C2) \leq 800$$

Kapasitet

Raffineriet har en gitt kapasitet for de ulike prosesseringsanleggene. Følgende restriksjoner sikrer at kapasitetene ikke overskrides.

Destillasjon: $K(C1) + K(C2) \leq 700$

Krakker: $CC(CNA) + CC(CGO) \leq 135$

Avsvovling: $DS(GO1) + DS(GO2) + DS(CGO) \leq 150$

Fyrgass

Det kreves også en restriksjon som sikrer at det er tilstrekkelig RF til å drive de ulike prosessanleggene. Som tidligere nevnt vil RF skapes ved forbrenning av RG, LPG og LN. Følgende sidebetingelse sikrer at det er tilstrekkelig RF i raffineriet.

$$1,3F(RG, RF) + 1,2F(LPG, RF) + 1,1F(LN, RF) - 0,018(K(C1) + K(C2)) - 0,007(CC(CNA) + CC(CGO)) - 0,02(DS(GO1) + DS(GO2) + DS(CGO)) \geq 0$$

De tre første leddene viser skapt RF i perioden. Denne er gitt ved produktet av mengde og brennverdi for de ulike komponentene. De tre siste leddene viser forbruk av RF i henholdsvis destillasjonsanlegg, krakker og avsvovlingsenhet.

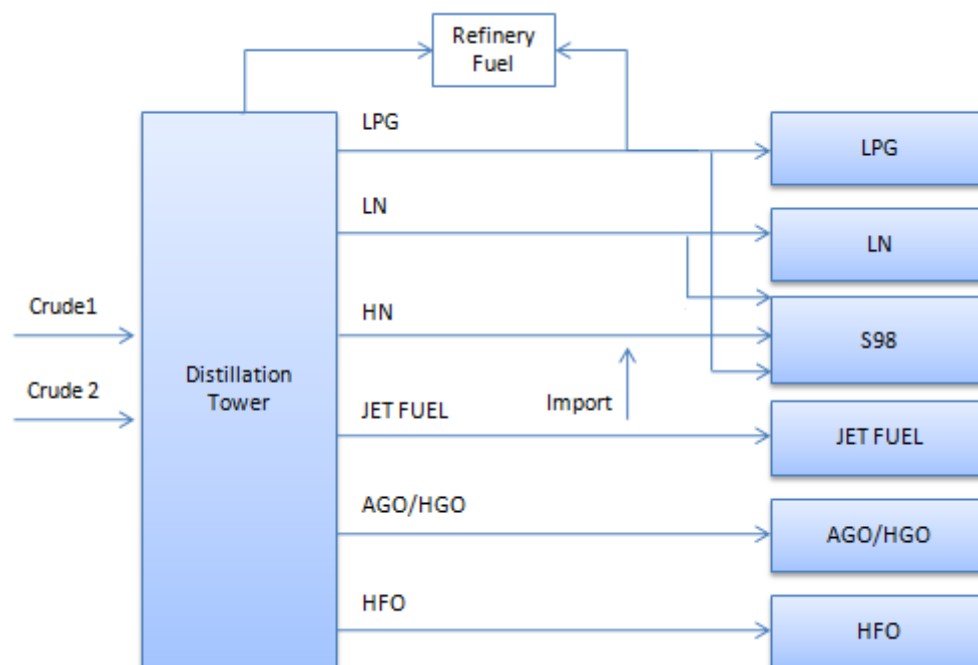
Ikke negativ

De siste restriksjonene i modellen sikrer at ingen beslutningsvariabler er negative.

$K(C1) \geq 0$	$K(C2) \geq 0$	$CC(CNA) \geq 0$
$CC(CGO) \geq 0$	$DS(GO1) \geq 0$	$DS(GO2) \geq 0$
$B(HN, JET) \geq 0$	$B(LN, JET) \geq 0$	$B(KE, JET) \geq 0$
$B(LPG, S98) \geq 0$	$B(CN, S98) \geq 0$	$B(HN, S98) \geq 0$
$B(LN, S98) \geq 0$	$S(S98VOL) \geq 0$	$B(KE, AGO/HGO) \geq 0$
$B(GO1, AGO/HGO) \geq 0$	$B(GO2, AGO/HGO) \geq 0$	$B(CGO, AGO/HGO) \geq 0$
$B(DSGO1, AGO/HGO) \geq 0$	$B(DSGO2, AGO/HGO) \geq 0$	$B(DSCGO, AGO/HGO) \geq 0$
$B(CGO, HFO)$	$B(V1, HFO)$	$B(V2, HFO)$
$S(HFOVOL) \geq 0$	$F(RG, RF) \geq 0$	$F(LPG, RF) \geq 0$
$F(RG, LN) \geq 0$		

Modell 2

I det følgende presenteres den matematiske dokumentasjonen for modellen som brukes i forbindelse med den flerperiodiske planleggingen i kapittel 9. Dokumentasjonen som presenteres gjelder for planleggingsmetode 1. Dokumentasjonen for planleggingsmetode 2 vil imidlertid være tilsvarende, bortsett fra at beslutningsperioden endres. Siden det ikke modelleres lager i metode 3 vil det følgelig heller ikke eksistere lagerrestriksjoner for denne metoden. Lagerkostnaden vil derfor også fjernes fra målfunksjonen. Restriksjoner knyttet til kapasitet, tilgang på råolje og minimal etterspørsel defineres som fire ganger størrelsen for førstkommende uke. Utover dette vil dokumentasjonen være identisk med de to andre metodene.



Definisjon av variabler og parametre

Første steg i den matematiske dokumentasjonen er å definere variabler og parametre. Disse skiller seg fra den en-periodisk på enkelte områder. For det første kreves det variabler knyttet til både salg og produksjon. For eksempel må raffineriet både beslutte hvor mye LPG som skal produseres i en periode samt hvor mye som skal selges. I tillegg kreves det variabler som tar hensyn til lagerkostnadene i perioden. Som for den en-periodiske modellen brukes det også her variabler som henviser til det som måles. Følgende variabler benyttes i modellen.

S = Salg	P = Produksjon	Pr = Pris
I = Import	D = Destillasjon	F = Forbruk
L.K = Lagerkostnad	L.GJ = Gjennomsnittlig lager	L.IB = Inngående lager
L.UB = Utgående lager		

Pris på produkter og råolje

Pr(LPG, t) = Pris LPG i uke t	Pr(AGO/HGO, t) = Pris AGO/HGO i uke t
Pr(LN, t) = Pris LN i uke t	Pr(HFO, t) = Pris HFO i uke t
Pr(S98, t) = Pris S98 i uke t	Pr(C1, t) = Pris C1 i uke t
Pr(JET, t) = Pris JET i uke t	Pr(C2, t) = Pris C2 i uke t
Pr(HN, t) = Pris for importere HN i uke t	

Salg av produkter, kjøp av råolje og import av HN

S(LPG, t) = Salg av LPG i uke t	S(AGO/HGO, t) = Salg av AGO/HGO i uke t
S(LN, t) = Salg av LN i uke t	S(HFO, t) = Salg av HFO i uke t
S(S98, t) = Salg av S98 i uke i	K(C1, t) = Kjøp av C1 i uke t
S(JET, t) = Salg av Jet Fuel i uke t	K(C2, t) = Kjøp av C2 i uke i
I(HN, t) = Import av HN i uke i	

Produksjon av produkter

P(LPG, t) = Produksjon av LPG i uke t	P(AGO/HGO, t) = Produksjon av AGO/HGO i uke t
P(LN, t) = Produksjon av LN i uke t	P(HFO, t) = Produksjon av HFO i uke t
P(S98, t) = Produksjon av S98 i uke t	D(C1, t) = Destillasjon av C1 i produksjon i uke t
P(JET, t) = Produksjon av JET i uke t	D(C2, t) = Destillasjon av C2 i produksjon i uke t

Blanding av S98

B(LPG, S98, t) = Mengde LPG som blandes i produksjonen av S98 i uke t
B(LN, S98, t) = Mengde LN som blandes i produksjonen av S98 i uke t
B(HN, S98, t) = Mengde HN som blandes i produksjonen av S98 i uke t
S98VOL _t = Volum av S98 som selges i uke t

Refinery Fuel

$F(RG, RF, t) =$ Mengde RG som brukes som RF i uke t
$F(LPG, RF, t) =$ Mengde LPG som brukes som RF i uke t
$F(LN, RF, t) =$ Mengde LN som brukes som RF i uke t

Lagerkostnader (pr kt)

L. K(LPG, t) = Lagerkostnad LPG i uke t	L. K(AGO/HGO, t) = Lagerkostnad AGO/HGO i uke t
L. K(LN, t) = Lagerkostnad LN i uke t	L. K(HFO, t) = Lagerkostnad HFO i uke t
L. K(S98, t) = Lagerkostnad S98 i uke t	L. K(C1, t) = Lagerkostnad C1 i uke t
L. K(JET, t) = Lagerkostnad Jet Fuel i uke t	L. K(C2, t) = Lagerkostnad C2 i uke t

Gjennomsnittlig lagerbeholdning

L. GJ(LPG, t) = Gjennomsnittlig lager LPG i uke t	L. GJ(AGO/HGO, t) = Gjennomsnittlig lager AGO/HGO i uke t
L. GJ(LN, t) = Gjennomsnittlig lager LN i uke t	L. GJ(HFO, t) = Gjennomsnittlig lager HFO i uke t
L. GJ(S98, t) = Gjennomsnittlig lager S98 i uke t	L. GJ(HN, t) = Gjennomsnittlig lager HN i uke t
L. GJ(JET, t) = Gjennomsnittlig lager JET i uke t	L. GJ(C2, t) = Gjennomsnittlig lager C1 i uke t
L. GJ(C2, t) = Gjennomsnittlig lager C2 i uke t	

Inngående lagerbeholdning

L. IB(LPG, t) = Inngående lager LPG i uke t	L. IB(AGO/HGO, t) = Inngående lager AGO/HGO i uke t
L. IB(LN, t) = Inngående lager LN i uke t	L. IB(HFO, t) = Inngående lager HFO i uke t
L. IB(S98, t) = Inngående lager S98 i uke t	L. IB(HN, t) = Inngående lager HN i uke t
L. IB(JET, t) = Inngående lager Jet Fuel i uke t	L. IB(C1, t) = Inngående lager C1 i uke t
L. IB(C2, t) = Inngående lager C2 i uke t	

Utgående lagerbeholdning

L. UB(LPG, t) = Utgående lager LPG i uke t	L. UB(AGO/HGO, t) = Utgående lager AGO/HGO i uke t
L. UB(LN, t) = Utgående lager LN i uke t	L. UB(HFO, t) = Utgående lager HFO i uke t
L. UB(S98, t) = Utgående lager S98 i uke t	L. UB(HN, t) = Utgående lager HN i uke t
L. UB(JET, t) = Utgående lager Jet Fuel i uke t	L. UB(C1, t) = Utgående lager C1 i uke t
L. UB(C2, t) = Utgående lager C2 i uke t	

Etter å ha definerte variabler og parametre kan den matematiske dokumentasjonen av målfunksjonen utformes som følger.

Målfunksjon

Raffineriet ønsker å maksimere periodens profitt. Profitten er gitt ved kontantstrøm fra salg fratrukket variable kostnader og lagerkostnader. Det oppstår prisvariasjon på råolje og ferdigprodukter i løpet av perioden. Jeg velger derfor å uttrykke målfunksjonen symbolsk.

Max

$$\begin{aligned}
 & \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(LPG, t) * S(LPG, t) + \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(LN, t) * S(LN, t) + \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(JET, t) * S(JET, t) + \\
 & \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(AGO/HGO, t) * S(AGO/HGO, t) + \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(HFO, t) * S(HFO, t) + \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(S98, t) * S(S98, t) - \\
 & \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(C1, t) * K(C1, t) - \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(C2, t) * K(C2, t) - \sum_{t=1}^4 \text{Pr}(HN, t) * I(HN, t) - \\
 & \sum_{t=1}^4 L. K(LPG, t) * L. GJ(LPG, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(LN, t) * L. GJ(LN, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(JET, t) * L. GJ(JET, t) - \\
 & \sum_{t=1}^4 L. K(AGO/HGO, t) * L. GJ(AGO/HGO, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(HFO, t) * L. GJ(HFO, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(S98, t) * L. GJ(S98, t) \\
 & - \sum_{t=1}^4 L. K(HN, t) * L. GJ(HN, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(C1, t) * L. GJ(C1, t) - \sum_{t=1}^4 L. K(C2, t) * L. GJ(C2, t)
 \end{aligned}$$

De tre første linjene av målfunksjonen beregner totale inntekter fratrukket kostnader til råolje og import av HN. Den resterende delen av målfunksjonen beregner periodens totale lagerkostnader.

Sidebetingelser

Det er knyttet en rekke sidebetingelser til raffineriets planleggingsmodell. Disse gjengis i det følgende. Restriksjonene illustreres kun for periode 1.

Materialbalanse

$$\mathbf{RG}: 0,001D(C1,1) + 0,002D(C2,1) - F(RG, RF, 1) = 0$$

$$\mathbf{LPG}: 0,012D(C1,1) + 0,015D(C2,1) - P(LPG, 1) - B(LPG, S98,1) - F(LPG, RF, 1) = 0$$

$$\mathbf{LN}: 0,04D(C1,1) + 0,04D(C2,1) - P(LN, 1) - B(LN, S98,1) - F(LN, RF, 1) = 0$$

$$\mathbf{HN}: 0,145D(C1,1) + 0,075D(C2,1) - P(HN, 1) = 0$$

$$\text{Jet Fuel: } 0,15D(C1,1) + 0,09D(C2,1) - P(\text{JET}, 1) = 0$$

$$\text{AGO/HGO: } 0,31D(C1,1) + 0,203D(C2,1) - P(\text{AGO/HGO}, 1) = 0$$

$$\text{HFO: } 0,342D(C1,1) + 0,575D(C2,1) - P(\text{HFO}, 1) = 0$$

Produksjonsbalanse

$$\text{S98: } B(\text{LPG}, S98, t) + B(\text{LN}, S98, t) + B(\text{HN}, S98, t) - P(S98, t) = 0$$

Kvalitetsrestriksjoner S98

$$\text{Max damptrykk: } 4,3 * \frac{B(\text{LPG}, S98, t)}{0,58} + 0,8 * \frac{B(\text{LN}, S98, t)}{0,65} + 0,4 * \frac{B(\text{HN}, S98, t)}{0,74} \leq 0,86 * S98VOL_t$$

$$\text{Min damptrykk: } 4,3 * \frac{B(\text{LPG}, S98, t)}{0,58} + 0,8 * \frac{B(\text{LN}, S98, t)}{0,65} + 0,4 * \frac{B(\text{HN}, S98, t)}{0,74} \geq 0,5 * S98VOL_t$$

$$\text{Oktaninnhold: } 94 * \frac{B(\text{LPG}, S98, t)}{0,58} + 71 * \frac{B(\text{LN}, S98, t)}{0,65} + 100 * \frac{B(\text{HN}, S98, t)}{0,74} \geq 98 * S98VOL_t$$

Volum S98

$$B(\text{LPG}, S98, t) * \frac{1}{0,58} + B(\text{LN}, S98, t) * \frac{1}{0,65} + B(\text{HN}, S98, t) * \frac{1}{0,74} - S98VOL_t = 0$$

Refinery Fuel

$$1,3F(\text{RG}, \text{RF}, 1) + 1,2F(\text{LPG}, \text{RF}, 1) + 1,1F(\text{LN}, \text{RF}, 1) - 0,018D(C1,1) - 0,018D(C2,1) \geq 0$$

Etterspørsel

$$S(\text{LPG}, 1) \geq 6 \qquad S(\text{AGO/HGO}, 1) \geq 160$$

$$S(\text{LPG}, 1) \geq 11 \qquad S(\text{HFO}, 1) \geq 148$$

$$S(\text{JET}, 1) \geq 50 \qquad S(S98,1) \geq 20$$

Tilgang Råolje og HN

$$K(C1,1) \leq 800$$

$$K(C2,1) \leq 800$$

$$I(\text{HN}, 1) \leq 50$$

Kapasitet destillasjon

$$D(C1, t) + D(C2, t) \leq 700$$

Lager

For flerperiodiske modeller må det også opprettes restriksjoner som sikrer at lagerverdiene er korrekte samt at det ikke oppstår negative lagerverdier. Følgende restriksjoner sikrer at det er samsvar mellom inngående balanse, produksjon, salg og utgående balanse i hver periode.

$$\mathbf{LPG: L. IB(LPG, t) + P(LPG, t) - B(LPG, S98, t) - F(LPG, RF, t) - S(LPG, t) - L. UB(LPG, t) = 0}$$

$$\mathbf{LN: L. IB(LN, T) + P(LN, t) - B(LN, S98, t) - F(LN, RF, t) - S(LN, t) - L. UB(LN, t) = 0}$$

$$\mathbf{Jet Fuel: L. IB(JET, t) + P(JET, t) - S(JET, t) - L. UB(JET, t) = 0}$$

$$\mathbf{AGO/HGO: L. IB(AGO/HGO, t) + P(AGO/HGO, t) - S(AGO/HGO, t) - L. UB(AGO/HGO, t) = 0}$$

$$\mathbf{HFO: L. IB(HFO, t) + P(HFO, t) - S(HFO, t) - L. UB(HFO, t) = 0}$$

$$\mathbf{S98: L. IB(S98, t) + P(S98, t) - S(S98, t) - L. UB(S98, t) = 0}$$

$$\mathbf{C1: L. IB(C1, t) + K(C1, t) - D(C1, t) - L. UB(C1, t) = 0}$$

$$\mathbf{C2: L. IB(C2, t) + K(C2, t) - D(C2, t) - L. UB(C1, t) = 0}$$

$$\mathbf{HN: L. IB(HN, t) + P(HN, t) + I(HN, t) - B(HN, S98, t) - L. UB(S98, t) = 0}$$

I tillegg kreves det sidebetingelser som knytter sammen inngående og utgående lagerbalanse.

Dette innebærer at inngående lagerbalanse tilsvarer utgående lagerbalanse i forrige periode.

LPG: L. IB(LPG, t) - L. UB(LPG, t - 1) = 0	JET: L. IB(JET, t) - L. UB(JET, t - 1) = 0
LN: L. IB(LN, t) - L. UB(LN, t - 1) = 0	HFO: L. IB(HFO, t) - L. UB(HFO, t - 1) = 0
AGO/HGO: L. IB(AGO/HGO, t) - L. UB(AGO/HGO, t - 1) = 0	S98: L. IB(S98, t) - L. UB(S98, t - 1) = 0
HN: L. IB(HN, t) - L. UB(HN, t - 1) = 0	C1: L. IB(C1, t) - L. UB(C1, t - 1) = 0
C2: L. IB(C2, t) - L. UB(C2, t - 1) = 0	

De to siste nødvendige restriksjonene knyttet til lagerbeholdning sikrer at utgående lagerbeholdning ikke er negativ samt at beregning av gjennomsnittlig lagerbeholdning er korrekt.

LPG: L. UB(LPG, t) ≥ 0	JET: L. UB(JET, t) ≥ 0
LN: L. UB(LN, t) ≥ 0	HFO: L. UB(HFO, t) ≥ 0
AGO/HGO: L. UB(AGO/HGO, t) ≥ 0	S98: L. UB(S98, t) ≥ 0
HN: L. UB(HN, t) ≥ 0	C1: L. UB(C1, t) ≥ 0
C2: L. UB(C2, t) ≥ 0	

$L.GJ(LPG, t) = \frac{L.IB(LPG, t) + L.UB(LPG, t)}{2}$	$L.GJ(LN, t) = \frac{L.IB(LN, t) + L.UB(LN, t)}{2}$
$L.GJ(JET, t) = \frac{L.IB(JET, t) + L.UB(JET, t)}{2}$	$L.GJ(AGO/HGO, t) = \frac{L.IB(AGO/HGO, t) + L.UB(AGO/HGO, t)}{2}$
$L.GJ(HFO, t) = \frac{L.IB(HFO, t) + L.UB(HFO, t)}{2}$	$L.GJ(S98, t) = \frac{L.IB(S98, t) + L.UB(S98, t)}{2}$
$L.GJ(C1, t) = \frac{L.IB(C1, t) + L.UB(C1, t)}{2}$	$L.GJ(C2, t) = \frac{L.IB(C2, t) + L.UB(C2, t)}{2}$
$L.GJ(HN, t) = \frac{L.IB(HN, t) + L.UB(HN, t)}{2}$	

Ikke negativ

Det siste settet av restriksjoner i modellen sikrer at samtlige beslutningsvariabler ikke er negative.

$P(LPG, t) \geq 0$	$P(LN, t) \geq 0$	$P(JET, t) \geq 0$
$P(HFO, t) \geq 0$	$P(S98, t) \geq 0$	$P(AGO/HGO, t) \geq 0$
$K(C1, t) \geq 0$	$D(C1, t) \geq 0$	$K(C2, t) \geq 0$
$D(C2, t) \geq 0$	$I(HN, t) \geq 0$	$B(LPG, S98, t) \geq 0$
$B(LN, S98, t) \geq 0$	$B(HN, S98, t) \geq 0$	$F(RG, RF, t) \geq 0$
$F(LPG, RF, t) \geq 0$	$F(LN, RF, t) \geq 0$	