



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi med spesialisering i Prosjektledelse og Drift & Vedlikehold	Vårsemesteret, 2016 Konfidensiell
Forfatter: Martin Bru (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Roy Endre Dahl (UiS) Veileder(e): Henry Magne Håkstad (Halliburton) Per Magnus Skretting (Halliburton)	
Tittel på masteroppgaven: Optimalisering og effektivisering av Halliburtons mud-mikseanlegg i Dusavik Engelsk tittel: Optimization and efficiency improvements of Halliburton's liquid mud plant in Dusavik	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Boreslam, mikseanlegg, produktivitet, Lean, business case, investeringsanalyse, tørrbulk, agitering	Sidetall: 76 + vedlegg: 11 Stavanger, 15.06.16 dato/år



HALLIBURTON

Optimalisering og effektivisering av Halliburtons mud-mikseanlegg i Dusavik

av
Martin Bru

Det Tekniske-Naturvitenskaplige Fakultet,
Institutt for Industriell Økonomi, Risikostyring og Planlegging

15. juni 2016

Forord

Med denne oppgaven avslutter jeg min mastergrad i Industriell Økonomi ved Universitet i Stavanger. Mastergraden bygger videre på min bachelorgrad i maskin.

Spesielt vil jeg takke mine veiledere i Halliburton, Henry Magne Håkstad og Per Magnus Skretting, for god støtte og lærerike dialoger gjennom hele prosessen. Videre vil jeg takke Mario Roberto Freitas, Per Solland og Erlend Aanes, samt resten av gruppen fra Halliburton som har bistått under arbeidet.

En stor takk rettes også til Rotor Offshore AS og Chandana Ratnayake fra Tel-tek, som har bistått med gode analyser og faglig tilbakemelding gjennom arbeidet.

Jeg vil også takke min fagansvarlig ved Universitet i Stavanger, Roy Endre Dahl, for god og konstruktiv tilbakemelding gjennom hele prosessen.

Til slutt vil jeg takke venner, familie og medstudenter, for deres støtte gjennom studietiden.

Stavanger, Juni 2016

Martin Bru

Sammendrag

Denne masteroppgaven er et casestudie som tar for seg kostnader og tekniske faktorer, knyttet til optimalisering og effektivisering av Halliburtons mud-mikseanlegget i Dusavik. Hensikten med analysene er å se på mulige forbedringer av utstyr og prosesser i Dusavik, som kan gi fordeler for Halliburton. Fordelene kan være kostnadsbesparelser, et mer standardisert produkt og bedre HMS forhold. Oppgaven baseres på interne dokumenter, innspill fra ansatte i Halliburton, leverandører og forskningssenter.

Caset tar utgangspunkt i dagens metode å mikse mud på, det innebærer en del fysisk arbeid, lange avstander og gammelt utstyr. Ny løsning ble utviklet i samarbeid med Halliburtons ansatte, og inneholder blant annet optimalisering av utstyrløsninger og metoden produktet blir fremstilt på. Blant annet økes rørdimensjonen fra 5" til 6", miksekarenes volum økes og flyttes nærmere lageret, share-enheten byttes ut, agitatorene oppgraderes og ekstra lager blir fjernet. Dagens case blir sammenlignet med ny løsning for å få en god forståelse av endringene. Deretter analyseres tekniske, økonomiske og praktiske forhold tilknyttet endringene. Dette blir gjort med egnede analyseverktøy, intern informasjon og ekstern hjelp.

En CFD-analyse av agitatorene viser at væskestrømmen i miksekaret kan få en høyere hastighet og en bedre inn-miksing, dersom designet blir gjort ved hjelp av beregninger og analyser. Nødvendig motorkraft kan også reduseres med en faktor på 3-4 mellom dagens og ny løsning. Analyser fra programmet PneuDesign viser at økningen i rørdimensjon fra 5" til 6" vil øke den teoretiske leveringsraten mellom bulk-tankene og kai 3 med en faktor på 1,72 (72%). I tillegg vil endring i rørkonfigurasjon gjøre at tapsmomenter minimeres. For å få et mer nøyaktig resultat anbefales Halliburton å samarbeide med Rotor Offshore angående CFD-analyse, og Tel-Tek vedrørende nødvendig trykk og luftmengde for å oppnå ønsket leveringsrate.

Økonomiske analyser viser at Halliburton kan spare 901 380 NOK årlig ved å fjerne ekstralageret tilknyttet Dusavik, ved å kutte big bags med Barytt-UF til bulk-tanker. Halliburton kan i tillegg spare 498 407 NOK over de neste 8 årene, siden kjørelengden mellom lager og miksekar er kortere. Flytting av miksekar gjør også at risikoen for uønskede hendelser minimeres, da ny truckrute ikke inkluderer trafikkerte veier og hjørner, samtidig som antall håndteringer halveres.

Økonomiske analyser av ny share metode viser at begge forslagene har en NNV som er høyere enn 19 millioner NOK, sammenlignet med dagens løsning. Teknisk er det usikkerhet knyttet til In-line mikserens vedlikehold og kvalitet på sluttproduktet. I forhold til Leep enheten, forbedrer In-line mikseren i større grad HMS forholdene. Dette fører til at tester av In-line mikseren burde gjennomføres før et valg tas. In-line mikseren er det anbefalte valget dersom den sharer mud like godt som høytrykksmetodene. Regresjonsanalyse tilsier at endring i mud mikset per år påvirker resultatet i størst grad.

Ved å implementere ny løsning vil Halliburton få en mer effektiv og optimal prosess, som gir kostnadsbesparelser og bedre HMS forhold. I tillegg blir produktet mer standardisert, noe som vil kunne gi en konkurransefordel. Med bakgrunn i analysene som er gjennomført anbefales det å gjennomføre forslagene til ny løsning. Det er ikke gjennomført en økonomisk analyse av hele anlegget.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag	ii
Innholdsfortegnelse	iii
Definisjoner	vi
Liste over figurer	vii
Liste over tabeller.....	ix
1. Innledning.....	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Problemstilling.....	1
1.3. Avgrensing	2
1.4. Målsetting.....	2
1.5. Disposisjon.....	2
2. Teori – Teknisk.....	3
2.1. Generelt om LMP system	3
2.2. Væsker og pulver	3
2.2.1. Levering og lagring ved LMP.....	4
2.2.2. Transport i rør.....	5
2.3. Hopper og Venturirør	6
2.4. Agitator.....	7
2.5. Share prosess.....	8
3. Teori- Økonomisk	9
3.1. Netto Nåverdi	9
3.1.1. Diskonteringsrente	11
3.2. Internrente	12
3.3. Analyser av usikkerhet	13
3.3.1. Sensitivitetsanalyse	13
3.3.2. Monte Carlo.....	13
4. Teori- Effektivisering.....	14

4.1.	Produktivitet og effektivitet	14
4.1.1.	Sammenheng mellom produktivitet og effektivitet.....	14
4.1.2.	Innovasjon	16
4.1.3.	Flaskehalsar	17
4.2.	Lean	19
4.2.1.	Toyota Production System	19
4.2.2.	Jidoka	19
4.2.3.	Just in time	20
4.2.4.	Standardisering.....	21
4.2.5.	Stabilitet	21
4.2.6.	Value Stream Mapping-Verdistrømkartlegging.....	22
4.2.7.	Waste-Sløsing	23
5.	Metode	25
5.1.	Casestudie	25
5.2.	Datainnsamling.....	25
5.2.1.	Primærdata.....	25
5.2.2.	Sekundærdata	26
5.3.	Kvalitetssikring av data.....	26
6.	Case-beskrivelse	29
6.1.	Dagens løsning.....	29
6.2.	Den nye prosessen	35
6.3.	Sammenligning av prosessene	38
6.3.1.	Plassering av utstyr og kjørelengder	38
6.3.2.	Rørlengde mellom tørrbulktanker og kai 3	40
6.3.3.	Share prosess.....	41
7.	Analyser og Resultat.....	43
7.1.	Generelt.....	43
7.2.	Tørrbulk transport i rør	44
7.3.	Agitering i miksekar	46
7.4.	Sharing.....	47
7.5.	Avstand til lager og lagerhold.....	53

7.5.1.	Gaffeltruck	53
7.5.2.	Lagerhold	56
7.6.	Oppsummering av fordeler	58
8.	Diskusjon	59
8.1.	Tørrbulk transport	59
8.2.	Agitering i miksekar	60
8.3.	Sharing	61
8.3.1.	Tekniske vurderinger	61
8.3.2.	Vurdering av økonomisk analyse.....	63
8.3.3.	Oppsummering og valg av Share-enhet	69
8.4.	Plassering av miksekar, avstand til lager og lagerhold	69
8.4.1.	Truck	69
8.4.2.	Lagerhold	70
8.5.	Oppsummering av anlegget	71
9.	Konklusjon	73
10.	Forslag til fremtidig arbeid	74
11.	Referanser	75
12.	Vedlegg	77
	Vedlegg A- Beskrivelse av PneuDesign programmet.....	77
	Vedlegg B- PneuDesign Inputs og resultat	79
	Vedlegg C- Analyse av agitering	80
	Vedlegg D- Truck kjøring og kostnadsbesparelse.....	82
	Vedlegg E- Oversikt av lagerbehold tilhørende Dusavik LMP	84
	Vedlegg F- @Risk forklaring og utregning til share prosesser.....	85

Definisjoner

HMS- Helse, Miljø og Sikkerhet

IRR- Internal Rate of Return; Internrente

JIT- Just in time; begrep innenfor Lean filosofien

LMP- Liquid Mud Plant; mud-mikseanlegg

Mud- Borevæske

NNV- Netto Nåverdi

NPV- Net Present Value; Engelsk for NNV

OBM- Oil Based Mud; borevæske som er blandet med olje som base

TPS- Toyota Production System; Forløper til Lean

TPM- Total Productive Maintenance; Begrep i Lean filosofien

VSM- Value Stream Mapping; Verdistrømkartlegging

WACC- Weighted Average Cost of Capital

WBM- Water Based Mud; borevæske som er blandet med vann som base

Liste over figurer

Figur 1 Sekker pakket på paller (tv.) og Big Bags (th.)	4
Figur 2 IBC tank.....	4
Figur 3 Hopper med venturirør (National Oilwell Varco, 2016)	6
Figur 4 Snitt av Venturirør	6
Figur 5 Agitator i sylindrerformet tank	7
Figur 6 Illustrasjon av share prosess (Halliburton, 2016)	8
Figur 7 Unsheared mud vs. sheared mud (Halliburton, 2016)	8
Figur 8 Netto Nåverdi eksempel utført i Excel	10
Figur 9 Eksempel på diskonteringsrenten sin effekt på NNV	12
Figur 10 Produksjonsgraf og Teknisk effektivitet (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005)	15
Figur 11 Produktivitet, teknisk effektivitet og skala fordel (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005) .	15
Figur 12 Teknisk endring mellom to perioder (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005)	16
Figur 13 Variasjon: Forhold mellom ressurseffektivitet og gjennomløpstid (Modig & Åhlstrøm, 2012)	18
Figur 14 House of Lean Production (Dennis, 2002).....	19
Figur 15 TPS-system vs Push.system (Toyota Production System, 2010)	21
Figur 16 Value Stream Mapping eksempel (ConceptDraw, 2015)	23
Figur 17 Validitet vs. Pålitelighet	26
Figur 18 Oversiktsbilde av dagens løsning (Freitas, 2016)	29
Figur 19 Illustrasjon av 2500 Supreme pumpe (National Oilwell, 2003).....	30
Figur 20 Rørgater tankside fra kai 3	31
Figur 21 Rørgater sjøside kai 3	31
Figur 22 Display av dagens nivåmåling i bulk tanker ved Dusavik LMP	32
Figur 23 Hopper, kuttebord og sirkulasjonslinje fra WBM miksekar	32
Figur 24 Oversiktsbilde av OBM miksehus, bulk tanker og dieselpumpe til share-enheten	33
Figur 25 HT-400 pumpeenhet	34
Figur 26 Brine miksekar med grind	34
Figur 27 Oversiktsbilde av ny løsning (Freitas, 2016).....	36
Figur 28 2D og 3D tegning av ny miksehall og mølle (Freitas, 2016)	37
Figur 29 Sammenligning av oversiktsbilde av dagens (bunn) og ny løsning (topp) (Freitas, 2016)	39
Figur 30 Dagens rørlinje mellom tørrbulk tanker og kai 3 (Freitas, 2016)	40
Figur 31 Ny rørlinje mellom tørrbulk tanker og kai 3 (Freitas, 2016).....	40
Figur 32 Leep Unit	41
Figur 33 Leep unit virkemåte.....	42
Figur 34 Sentrifugalpumpe, In-line mikser	42
Figur 35 3D bilde av væskehastighet i miksekar, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)	46
Figur 36 Snitt av væskehastighet i miksekar, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)	47
Figur 37 Sammenligning av gammel og ny truckrute.....	54

Figur 38 Oversiktsbilde av nytt lager med big bag kutter	56
Figur 39 Utklipp fra fullversjon PneuDesign.....	60
Figur 40 Årlig besparelse år 1, dagens share-enhet beregnet med @Risk	64
Figur 41 Leep enhet sannsynlighetsfordeling NNV	65
Figur 42 Regresjonsanalyse av NNV til Leep enhet	66
Figur 43 In-line mikser sannsynlighetsfordeling av NNV.....	67
Figur 44 Regresjonsanalyse av NNV til In-line mikser	67
Figur 45 PneuDesign conveying eksempel	78
Figur 46 Dagens rørlengde, PneuDesign	79
Figur 47 Ny rørlengde, PneuDesign.....	79
Figur 48 Agitering analyse inputs	80
Figur 49 Væskehastighet i miksekar 0,1m over bunn, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.).....	80
Figur 50 Væskehastighet i miksekar 0,4 under væskeniå, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)	81
Figur 51 Utrekninger av truck og kostnader tilknyttet truckkjøring	82
Figur 52 @Risk beregning av truck besparelse på 8 år	83
Figur 53 Regresjonsanalyse av truck besparelse.....	83
Figur 54 Lagerbeholdning Dusavik	84
Figur 55 Årlig besparelse/kostnad med dagens share-enhet, år 8	85
Figur 56 IRR intervall for Leep enhet, @Risk.....	86
Figur 57 IRR for In-line mikser, fra @Risk.....	86
Figur 58 NNV i @Risk og model av Leep enhet	87

Liste over tabeller

Tabell 1 Primære datakilder	28
Tabell 2 Rør sammenligning, kai 3 til bulktanker	41
Tabell 3 Share prosess sammenligning	42
Tabell 4 Felles analyse parametere	43
Tabell 5 Produkter brukt og mikset ved Dusavik LMP.....	43
Tabell 6 Vekslingkurs	43
Tabell 7 Teoretisk leveringsrate i 5" og 6' rør med barytt SG 4,2', PneuDesign	44
Tabell 8 Nødvendig trykk og mengde luft ved dagens rørlengde til gitte leveringsrater, PneuDesign	45
Tabell 9 Nødvendig trykk og mengde luft ved ny rørlengde til gitte leveringsrater, PneuDesign	45
Tabell 10 Operativ tid per år, Sharing alternativer.....	48
Tabell 11 Årlig kostnad dagens share-enhet	48
Tabell 12 Leep enhet kapitalinvestering	49
Tabell 13 Årlig kostnad Leep enhet	49
Tabell 14 Kontantstrøm analyse Leep enhet, NOK	50
Tabell 15 NNV og IRR Leep enhet.....	50
Tabell 16 Kapitalinvestering In-line mikser	51
Tabell 17 Årlig kostnad In-line mikser	51
Tabell 18 Kontantstrøm analyse In-line mikser, NOK.....	52
Tabell 19 NNV og IRR In-line mikser	52
Tabell 20 Tidsbruk mellom lager og miksekarene	55
Tabell 21 NPV Truckkjøring	55
Tabell 22 Lagringsplass Dusavik LMP	57
Tabell 23 Oppsummering av fordeler, fra analyser.....	58
Tabell 24 NNV og IRR sammenligning av share prosesser	68
Tabell 25 Sammenligning av dagens prosess og ny prosess, Dusavik LMP	72
Tabell 26 Inputs til risktriangulær, truckkjøring	82
Tabell 27 Inputs til triangulærfordeling.....	85

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Med operasjoner i omtrent 70 land er Halliburton en av verdens største leverandører av produkter og tjenester innen olje- og gassindustrien. Selskapet ble dannet i 1919 og har per dags dato (2016) over 55 000 ansatte, representert av 140 nasjonaliteter. Selskapet opererer innenfor segmentene; boring, evaluering, komplettering og produksjon. Avdelingen for borevæsker, Baroid, har ansvaret for mud-mikseanlegget i Dusavik. Mikseanlegget i Dusavik begynner å bli gammelt med løsninger som ikke er optimale. Det er derfor ønskelig å se om det er mulig å levere et sluttprodukt av samme, eller bedre kvalitet, med lavere kostnad.

Den lave oljeprisen de siste årene har ført til en endring i tenkemåte innad i oljebransjen. Det er et høyere fokus på optimalisering og effektivisering, sammenlignet med tidligere. Dette kommer av den kraftige nedgangen i inntekter som følge av den lave oljeprisen. Med lavere inntekter må kostnadene ned. Halliburton ønsker å oppnå samme eller bedre kvalitet på sine produkter ved reduserte utgifter. Videre fører dette til et ønske om å optimalisere og effektivisere mud-mikseanlegget i Dusavik, noe som danner bakgrunnen for problemstillingen i denne oppgaven.

1.2. Problemstilling

Problemstillingen for denne oppgaven kommer fra et ønske om å optimalisere og effektivisere Halliburtons prosess knyttet til miksing av mud i Dusavik. Det har på bakgrunn av dette blitt ønskelig å gjennomføre vurderinger og analyser av nytt utstyr og nye metoder, som inngår i mud-mikseprosessen.

Vurderingene består av både tekniske og økonomiske analyser. De tekniske vurderingene vil analysere hvilket utstyr og hvilke løsninger som er best tilpasset en optimal operasjon. De økonomiske analysene vil se på lønnsomheten av en ny prosess, sammenlignet med dagens løsning. Videre vil det bli gjennomført en helhetlig sammenligning av dagens prosess, med en ny prosess med tanke på optimalisering og effektivitet.

Vurdering av ny løsning vil gjennomføres som en casestudie. Caset som skal undersøkes er oppgraderinger og ombygning av Dusavik LMP. De tekniske analysene gjennomføres ved bruk av egnet analyseverktøy og diskusjon med kvalifisert personell. De økonomiske analysene gjennomføres som et Business Case.

1.3. Avgrensning

Oppgaven tar for seg operasjoner og utstyr med størst optimaliserings- og effektivitets grunnlag. Det er ikke gjennomført en helhetlig teknisk eller økonomisk analyse av hele operasjonen, fordi anlegget er stort og komplekst. Analyser av bulktransport er avgrenset til pulver. Kun deler rørlengdene ble analysert på grunn av manglende tilgangen til analyseverktøy. Lagring av pulver på bulk tanker ble ikke vurdert utover et produkt. Det ble ikke vurdert alternativer til dieseltruck.

1.4. Målsetting

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å analysere hvordan Halliburton kan optimalisere og effektivisere mud-mikseprosessen i Dusavik. Dette skal gjennomføres ved å identifisere en forbedret prosess som kan skape økt verdi, samtidig som kvaliteten på sluttproduktet og HMS forholdene er like eller bedre. Hovedmålet skal oppnås ved å forstå og gjenkjenne dagens løsning, for så å gjennomføre en helhetlig analyse av mulige tiltak. Deretter sammenlignes ny og gammel prosess for å vurdere om målet er nådd.

1.5. Disposisjon

Denne masteroppgaven består av 12 kapitler.

- Kapittel 1 inneholder bakgrunn, beskrivelse og oppsett av oppgaven.
- Kapittel 2 tar for seg teknisk teori knyttet til LMP anlegg og tilhørende systemer.
- Kapittel 3 legger frem relevant økonomisk teori knyttet til Business Case.
- Kapittel 4 omhandler teori knyttet til effektivisering og Lean.
- Kapittel 5 beskriver den metodiske tilnærmingen som er brukt i oppgaven.
- Kapittel 6 består av en case-beskrivelse. Kapitlet tar for seg dagens løsning, ny løsning og sammenligning av løsningene.
- Kapittel 7 inneholder analyser som har blitt gjennomført, og resultatene fra disse.
- Kapittel 8 diskuterer resultatene fra kapittel 7. Kapitlet diskuterer også usikkerheter og problemer knyttet til ny løsning, samt en helhetlig sammenligning av løsningene.
- Kapittel 9 avslutter oppgaven med en konklusjon.
- Kapittel 10 kommer med forslag til fremtidig arbeid.
- Kapittel 11 består av oppgavens referanseliste.
- Kapittel 12 inneholder relevante vedlegg.

2. Teori – Teknisk

Kapittelet består av en teknisk innføring i LMP anlegg og tilhørende utstyr.

2.1. Generelt om mikseanlegg

Mikseanlegg (Engelsk; Liquid Mud Plant (LMP)) er et anlegg som forbereder, behandler og lagrer store volumer av bore- og kompletteringsvæsker. Borevæske, som ofte blir kalt drilling mud eller bare mud, består av vann eller olje og leirpartikler som gir væsken høy densitet (tetthet). I tillegg brukes en rekke tilsetningsstoffer for å oppnå gode smøre- og flytegenskaper. LMP anlegg mikser vannbasert mud (WBM), oljebasert mud (OBM) og brine i forskjellige miksekar etter kundens behov. Brine om er en vannløsning med salt. Sammensetningen av mud kan variere fra gang til gang, noe som gjør at det er ekstremt viktig å følge oppskriften som er laget på laboratoriet (Store Norske Leksikon, 2016). Størrelsen på en batch kan strekke seg fra 10-15m³ til 200-250 m³ (Skretting, 2016). Dersom en batch er større enn miksekaret, må det blandes flere mikser for å oppnå en batch.

LMP sin verdikjede består i grove trekk av å:

- Bestille og lagre store mengder væsker og pulver.
- Mikse og *share* borevæsken (eller *shear*, betyr å knuse/dele partikler. Beskrevet i kapittel 2.5) slik det blir bore- og kompletteringsvæsker. Her er det verdioverføring, som gir verdiskapning.
- Lagre det ferdige produktet på bulk tanker til det blir hentet av fartøy.

Bulk tanker brukes til lagring av væsker og pulver. Tankene er høye og sirkulære for å minimere nødvendig areal, med en kapasitet på 40m³ til 300 m³.

Dusavik LMP blir beskrevet mer utdypende i kapittel 6.1.

2.2. Væsker og pulver

En væske har et avgrenset volum, men ingen fast form. Væsker er flytende med molekyler som er i bevegelse i forhold til hverandre. Høy viskositet (seighet) betyr at molekylene har større mostand seg imellom, dette fører til at bevegelsen blir hindret.

Pulver er et finmalt stoff som fremkommer ved knusing, gnidning, maling eller bunnfall i en løsning. Finheten på pulveret måles gjerne i gjennomsnitts partikkelstørrelse, i måleenhetene millimeter eller mikrometer.

2.2.1. Levering og lagring ved LMP

Leveringsmetodene til LMP er avhengig av mengde og varens form, produktene ankommer basen via land og sjø. Varene deles inn i flytende og pulverform. Pulveret blir transportert i:

- Paller med sekker som utgjør ca. 1000 kg, ofte 40 stk. x 25 kg (Avhengig av egenvekt på materialet) (Figur 1).
- *Big bags*, sekker på ca. 1000 kg som blir plassert på lager med bruk av gaffeltruck (Figur 1).
- Tørrbulktanker på fartøy eller bil, som blåses gjennom rør til stasjonære tørrbulktanker på LMP.



Figur 1 Sekker pakket på paller (tv.) og Big Bags (th.)

Væsker blir transportert med:

- IBC-tanker (Intermediate bulk container), plastbeholdere på rundt 1000 liter som blir plassert på lager med hjelp av gaffeltruck (Figur 2).
- Våtbulktanker via fartøy eller bil, som fraktes via rør inn på egne stasjonære tanker på LMP.



Figur 2 IBC tank

2.2.2. Transport i rør

Pulver blir transportert i et pneumatisk anlegg, det betyr å utnytte energien i gasser ved hjelp av komprimering og ekspansering (lufttrykk). Hovedkomponentene i et pneumatisk system består ifølge Ratnayake (2005) ofte av:

- Gassforsyning; en kompressor, vifter eller vakuumpumpe.
- En matemekanisme som gjør at pulveret kommer inn i røret.
- En rørlengde fra punkt A til B, bestående av rette strekk, svinger og ventiler.
- Noe som stopper pulveret og skiller det fra gassen.

Et pneumatisk system vil oppleve trykkfall. Horisontale strekk, vertikale strekk og svinger har forskjellig trykkfall. Dette gjør det mulig å designe systemet på en slik måte at trykkfallet minimeres. For eksempel gir skarpe svinger høyt trykkfall, og burde i stor grad unngås. Ved trykkfall i systemet må ekstra luft tilføres for å holde trykket høyt nok, dette kan være nødvendig på lengre horisontale strekk, i forbindelse med svinger og/eller i vertikale strekk (Ratnayake, 2005).

Transport ytelsen/virkningsgraden blir påvirket av materialets karakteristikk, ifølge Ratnayake er parameterne som har størst innflytelse på transportforholdene i rør (Ratnayake, 2005):

- *Partikkelstørrelse og distribusjon av størrelser*- Naturlig tiltrekning mellom partikler øker når partikkelstørrelsen blir mindre.
- *Partikkelform*- Partikkelformen har stor påvirkning på flyt og pakkeegenskapene, som gjør at unormale former øker motstanden i flyten.
- *Samhørighet*- Hvor stor kraft som virker mellom partiklene. Dette kan gi problemer i *hopper*, mateprosessen og i rørene.
- *Hardhet*- Slitasje på rør og deler.
- *Elektrostatisk ladning*- Partiklene kan bli så små at de blir elektronisk bundet.

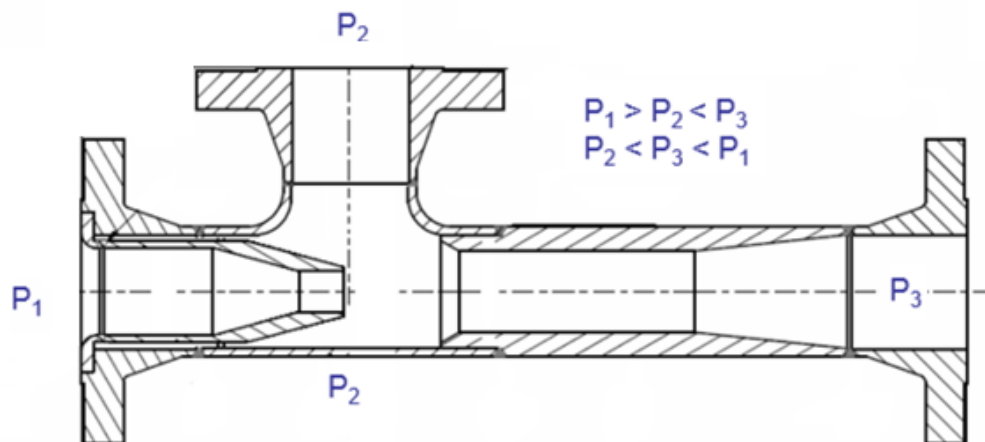
2.3. Hopper og Venturirør

Hopper og venturirør brukes til å tilføre både vått og tørt materiale til en fluidstrøm. På Figur 3 kan man se en hopper med et venturirør under. Hopperen kan sammenlignes med en trakt som fører materialet til venturi anordningen under. Platen festet i hopperen kalles gjerne kuttebordet, og som navnet tilsier brukes det til å kutte sekker som blir tilført i hopperen. Venturirøret blir plassert i sirkulasjonslinjen for å kunne tilføre ønsket materiale til væskestrømmen.



Figur 3 Hopper med venturirør (National Oilwell Varco, 2016)

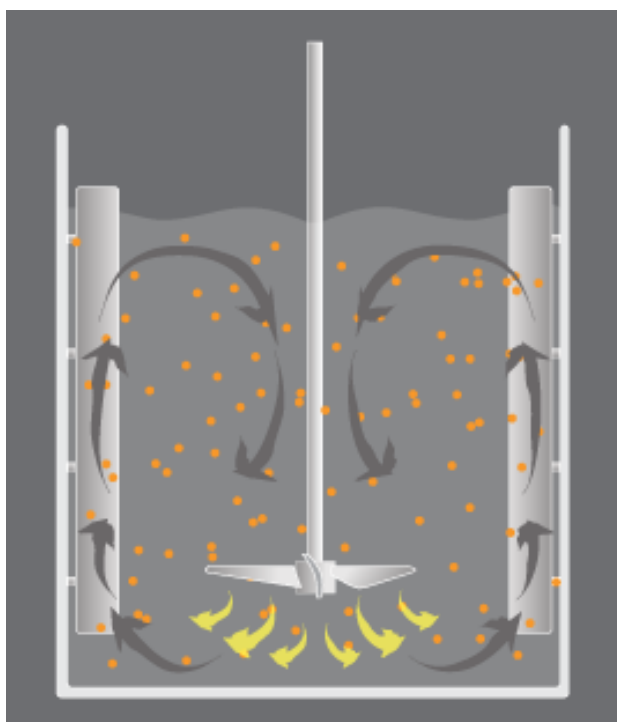
Venturiprinsippet, som er illustrert i Figur 4, er basert på at det blir skapt et undertrykk i røret når det blir innsnevret (choke). Væsken har et gitt trykk (P_1) før venturirøret som følge av pumpen i sirkulasjonslinjen. Innsnevringen vil skape en jetstrøm som danner ut undertrykk (P_2) rundt strålen, undertrykket gjør at materialet som tilføres i hopperen vil «suges» ned i væskestrømmen. Trykket (P_3) blir stabilisert i etterkant av innsnevringen når røret går tilbake til normal størrelse. Både væsker og pulver kan bli tilført ved hjelp av venturirør.



Figur 4 Snitt av Venturirør

2.4. Agitator

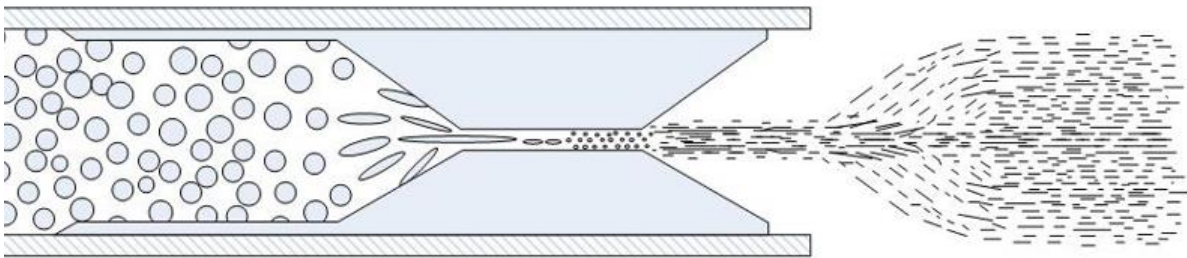
Agitator er en innretning som gir bevegelse ved hjelp av risting eller omrøring i kjemisk-tekniske prosesser. En agitator, også kalt røreverk, anvendes for å oppnå en god blanding og minimalt med bunnfelling av faste partikler i miksekaret (Store Norske Leksikon, 2016). Figur 5 viser en av mange mulige utforminger på bladene til en agitator i en sylindrisk tank. Designet til agitatorene og hvordan den er plassert, er avhengig av hvilke egenskaper som kreves for å få til en god mikseprosess. Fra figuren kan man se at det er plassert stoppere langs siden, for å bryte opp strømmingen i tanken som skapes når agitatorene går rundt. Uten noe form for stoppemekanisme vil væskestrømmen følge agitatorene rundt og rundt uten noe særlig mikseeffekt.



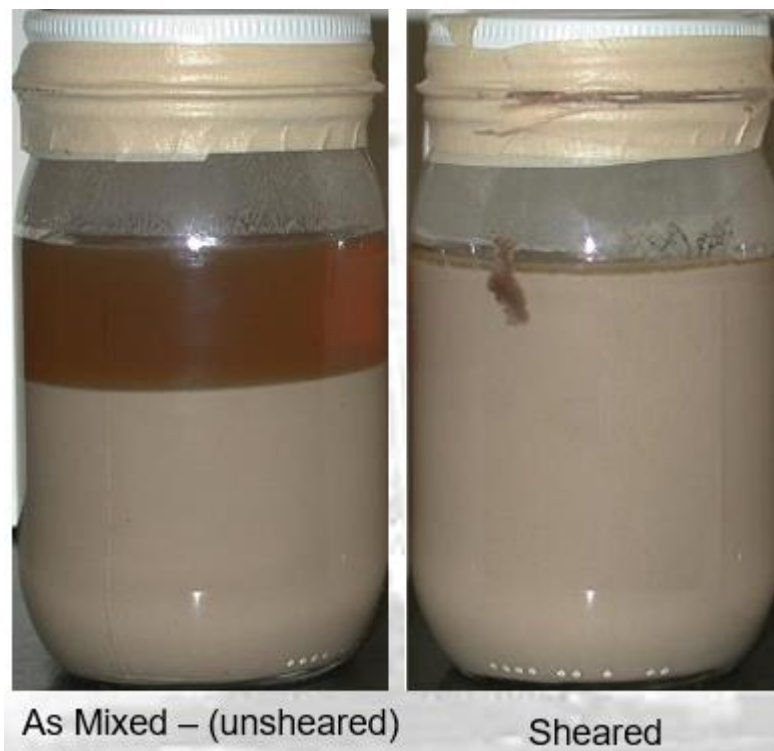
Figur 5 Agitator i sylinderformet tank

2.5. Share prosess

Borevæsken må gjennom en share prosess for å beholde de reologiske egenskapene, fra det blir mikset til væsken brukes offshore. Share prosessen blander og «knuser» sammen vann- og oljepartikler, kalt emulsjon. I olje og gass industrien gjøres dette i de fleste tilfeller ved å bygge opp høyt trykk, før væsken presses gjennom en eller flere dyser som vist i Figur 6. Mud som ikke går gjennom share prosessen, eller ikke oppnår emulsjon vil skille seg, som vist i Figur 7. Det hele kan sammenlignes med å lage majones, dersom det ikke blandes på riktig måte, vil den skille seg (ingen emulsjon). Share eller shear betyr å kutte/dele, videre i oppgaven blir *share* brukt.



Figur 6 Illustrasjon av share prosess (Halliburton, 2016)



Figur 7 Unsheared mud vs. sheared mud (Halliburton, 2016)

3. Teori- Økonomisk

Business case kan brukes som beslutningsverktøy for å bestemme hvilke effekter en beslutning vil ha på verdi og profitt i et selskap. Hensikten er å gi beslutningstakeren et bilde på hvordan kontantstrømmer kan endres over en gitt tidsperiode, samt hvordan kostnader og fortjenester vil endres.

Når ulike investeringer og kostnader som er knyttet til et prosjekt er identifisert, kan man finne de årlige kontantstrømmene gjennom levetiden til prosjektet. Kontantstrømmene analyseres ved hjelp av ulike metoder for å bestemme om et prosjekt er lønnsomt eller ikke. Dersom flere prosjekter evalueres kan de forskjellige metodene brukes til å bestemme hvilket prosjekt som er mest lønnsomt.

3.1. Netto Nåverdi

Netto Nåverdi (NNV, engelsk; NPV: Net present Value) er en av metodene som ofte er anvendt når man skal beregne lønnsomheten av en investering (Graham & Harvey, 2011). En av grunnene til dette er at den er enkel å gjennomføre. Man kan også relativt enkelt sammenligne investeringsalternativer, og metoden tar for seg alle kontantstrømmene gjennom hele prosjektets levetid. Andre metoder ignorerer kontantstrømmen etter en bestemt dato. NNV tar også hensyn til kontantstrømmenes reduserte verdi i fremtiden, der andre tilnærminger kan ignorere tidsverdien av kontantstrømmene (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

NNV kalkulerer nåverdien av prosjektets investeringer og fremtidige kontantstrømmer. Ulike investeringer og utgifter kan forekomme ved ulike tidspunkter i prosjektets levetid. Det vil ikke være det samme å motta 100 kr i dag, som å motta 100 kr om et eller to år. Dette er fordi pengene man mottar i dag kan investeres, noe som gir alternativ avkastning. Med bakgrunn i dette bør fremtidige inntekter og utgifter diskonteres, slik at verdien kan sammenlignes med penger man har i dag.

Diskontering til nåverdi gjøres ved hjelp av en diskonteringsrente. Diskonteringsrenten burde gjenspeile avkastningskravet til prosjektet. Diskonteringsrenten blir diskutert videre i kapittel 3.1.1.

Når en passende diskonteringsrente er bestemt, er prosessen for å beregne NNV enkel. Beregningen baserer seg på nåverdien av fremtidig diskonterte kontantstrømmer minus nåverdien av investeringen (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011). NNV kan beregnes ved hjelp av Excel funksjonen NNV eller ved hjelp av formelen:

$$NPV = -C_0 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1+r)^T}$$

Formel 3-1 Netto Nåverdi

Hvor:

C_0 = Investeringskostnad i år 0 (T=0)

C_T = Kontantoverskudd eller innbetalingsoverskudd ved år T

T= Prosjektets levetid (ofte i år)

r= Diskonteringsrente

Positiv NNV vil gi en fortjeneste som er høyere enn r, negativ NNV vil resultere i et tap sammenlignet med r. Dersom $NNV=0$ vil investeringen gi en fortjeneste lik diskonteringsrenten og prosjektet er da eksakt marginalt. Fra dette kan man si at et prosjekt burde aksepteres dersom NNV er positiv, og forkastes dersom NNV er negativ. Dersom to prosjekter har lik investeringskostnad og risiko burde prosjektet med høyest NNV velges.

I Figur 8 kan man se to prosjekter med lik investeringskostnad i år 0, og forskjellig kontantstrøm i løpet av levetiden. Dette gir forskjellig NNV verdi, som vist i rute C11 og C12. Prosjekt A burde velges fremfor Prosjekt B da dette prosjektet har høyere nåverdi. Eksempelet er løst i dataprogrammet Excel, der funksjonen for NNV er vist i rute D11 og D12.

	A	B	C	D
1				
2				
3	År	Kontantstrøm Prosjekt A	Kontantstrøm Prosjekt B	
4	0	-kr 50 000,00	-kr 50 000,00	
5	1	kr 40 000,00	kr 20 000,00	
6	2	kr 30 000,00	kr 30 000,00	
7	3	kr 20 000,00	kr 40 000,00	
8				
9		Diskonteringsrente	11,00 %	
10				
11		NNV A	kr 25 008,54	NPV(Diskonteringsrente;B5:B7)+B4
12		NNV B	kr 21 614,35	NPV(Diskonteringsrente;C5:C7)+C4
13				

Figur 8 Netto Nåverdi eksempel utført i Excel

NNV metoden kan også brukes for negative tall. Ved for eksempel sammenligning av to utgifter som ikke gir direkte inntekter og kun negativ kontantstrøm. I slike tilfeller velges prosjektet med lavest NNV, da dette tilsvarer lavest kostnader.

Ved bruk av NNV metoden er det viktig å merke seg at den ikke tar for seg størrelsen på kontantstrømmene. Prosjektene kan ha relativt lik NNV og veldig forskjellig investeringskostnad. I tilfeller som dette vil det være fornuftig å velge prosjektet med lavest investeringskostnad. Et annet moment som er viktig å merke seg når man bruker NNV er usikkerheten rundt estimering av fremtidig kontantstrømmer og diskonteringsrente, da de ikke kan beregnes med 100% sikkerhet. NNV metoden tar heller ikke hensyn til alternativkostnader ved å gjennomføre alternative prosjekter.

Det vil ofte være usikkerhet rundt størrelsen på fremtidige kontantstrømmer og prosjektets levetid. I tillegg til NNV beregninger og diskonteringsrenten kan Palisade @Risk i Excel brukes for å inkludere flere usikkerhetsmomenter rundt prosjektet. Noen metoder for å analysere usikkerhet blir beskrevet i kapittel 3.3.

3.1.1. Diskonteringsrente

Diskonteringsrenten for et prosjekt er det forventede avkastningskravet for et sammenlignbart prosjekt med den samme usikkerheten. Diskonteringsrenten refereres ofte til som alternativkostnaden, fordi investeringen i prosjektet fjerner alternativet av å investere kapitalen i et annet prosjekt. Hvis man antar at alle prosjektene til et selskap har samme risiko, vil det være riktig å si at diskonteringsrenten er kapitalkostnaden for selskapet (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

Metoden som generelt blir brukt for å beregne diskonteringsrenten er «den vektete gjennomsnittlige kapitalkostnaden» (WACC- Weighted Average Cost of Capital) pluss et tillegg for å ta hensyn til den risikoen ved investeringen. Et selskaps eiendeler er typisk finansiert ved en kombinasjon av gjeld og egenkapital (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

Valg av passende avkastningskrav er viktig for å kunne gjennomføre en realistisk lønnsomhetsvurdering. Ulike avkastningskrav gir variasjon i resultatene ved beregning av NNV. Fra Figur 9 kan man se hvordan 1% endring i diskonteringsrenten påvirker NNV ved den gitte kontantstrømmen.

	A	B	C	D
1				
2	År	Kontantstrøm Prosjekt		
3	0	-kr 100 000,00		
4	1	kr 50 000,00		
5	2	kr 50 000,00		
6	3	kr 50 000,00		
7				
8		Diskonteringsrente	NNV	Prosentvis endring i NNV
9		7 %	kr 31 216	
10		8 %	kr 28 855	7,56 %
11		9 %	kr 26 565	7,94 %
12		10 %	kr 24 343	8,36 %
13		11 %	kr 22 186	8,86 %
14		12 %	kr 20 092	9,44 %
15		13 %	kr 18 058	10,12 %
16		14 %	kr 16 082	10,94 %

Figur 9 Eksempel på diskonteringsrenten sin effekt på NNV

3.2. Internrente

Internrente (IRR, Engelsk; Internal Rate of Return) er en diskonteringsrente hvor NNV settes lik 0 for alle kontantstrømmer i et bestemt prosjekt. Jo høyere IRR verdien er, jo høyere er avkastingen i forhold til investeringen. Det vil si at internrenten generelt er den renten som gjør at NNV for et prosjekt er null. Investeringsregelen sier; aksepter prosjektet dersom IRR er større enn diskonteringsrenten, avslå dersom IRR er mindre enn diskonteringsrenten (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

IRR kan beregnes manuelt med Formel 3-2 ved bruk av iterasjon, eller med bruk av Excel funksjonen IRR.

$$NPV = 0 = CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n}$$

Formel 3-2 Internrente

Hvor:

NPV= Netto nåverdi

CF= Kontantstrøm i år n

n= Levetid

IRR= Internrente

Metoden baserer seg på diskonterte kontantstrømmer, dette gjør at den gir et godt bilde av prosjektets lønnsomhet. NNV er positiv for diskonteringsrenter lavere enn IRR, og negativ for diskonteringsrenter over IRR. I normale tilfeller vil alltid IRR og NNV komme til samme beslutning når

den opprinnelige investeringen etterfølges av en rekke kontantstrømmer (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

Generelt kan ulikheter i størrelser og timing medføre at høyest IRR ikke nødvendigvis har høyest NNV, ved sammenligning av flere prosjekter. I slike tilfeller burde ikke IRR benyttes (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011). Flere problemer med IRR vil ikke bli belyst i denne oppgaven.

3.3. Analyser av usikkerhet

Som nevnt tidligere er det flere kilder til usikkerhet knyttet til en lønnsomhetsanalyse. Videre blir noen metoder for å analysere usikkerhetsmomentene beskrevet.

3.3.1. Sensitivitetsanalyse

Fra en sensitivitetsanalyse kan man bestemme hvor sensitiv NNV er til endringer i variable antagelser. Metoden kalles ofte «what if» analyse, og gjennomføres ved å variere de stokastiske variablene basert på antagelser, for så å beregne NNV ved de ulike verdiene. Deretter kan man analysere hvor stor effekt de alternative variablene har på NNV. Sensitivitetsanalysen er enkel å gjennomføre, da den krever lite informasjon og ressurser. Den gjenkjenner usikkerheten knyttet til hver enkel variabel, og viser effekten den har på prosjektets NNV (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

I virkeligheten henger variabler ofte sammen, og en isolert analyse kan gi misvisende svar. Videre tar ikke metoden for seg sannsynligheten knyttet til de ulike utfallene. Dette gjør at analysen kan overse viktig informasjon, i og med at noen utfall er mer sannsynlige enn andre (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011).

En sensitivitetsanalyse kan bli utført ved hjelp av Excel Solver, Excel SolverTable og Excel «what if».

3.3.2. Monte Carlo

Monte Carlo simulering er et forsøk på å modellere den virkelige usikkerheten knyttet til flere variabler. Sammenheng mellom variabler spesifiseres i simuleringen og gir en mer komplett analyse (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2011). Systemet genererer tilfeldige variabler ut fra sannsynlighetsfordelingen som hver av input variablene har. Monte Carlo analysen gjør et antall kalkuleringer ved gitte begrensninger. Jo flere kalkulasjoner (iterasjoner) som gjennomføres, jo mer nøyaktig vil resultatet bli. Ut i fra dette kan NNV bli beregnet.

Monte Carlo simulering kan blir gjennomført i Excel ved hjelp av verktøyet @Risk.

4. Teori- Effektivisering

Effektivisering defineres som å gjøre noe mer virkningsfullt. Dette kan gjøres ved å ha fokus på høyere produktivitet og effektivitet gjennom innovasjon av prosesser, teknisk endring og ved å bruke *Lean* som fokuserer på verdiskapning for kunden, samt eliminering av *waste*. Optimalisering defineres som å gjøre noe så godt som mulig.

4.1. Produktivitet og effektivitet

Produktiviteten til en bedrift kan defineres som forholdet (ratio) mellom mengden goder (output) som blir produsert og mengden produksjonsfaktorer (input) som blir brukt. I en bedrift som lager skjorter vil materialer, arbeidskraft og kapital være inputs for å produsere godene som er skjorter. Det vil si om mengden inputs holdes konstant og mengden outputs som produseres økes, kan man si at produktiviteten øker (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005).

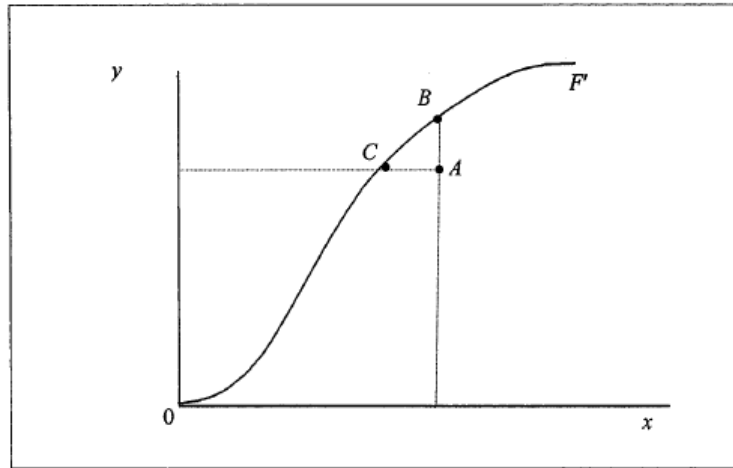
$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}}$$

Når man snakker om produktivitet menes vanligvis faktorproduktiviteten. Det vil si mengden produkter som produseres per enhet innsats av én produksjonsfaktor, oftest uttrykt per timeverk. For eksempel hvor mange sko en arbeider produserer per time. Total faktorproduktivitet er forholdet mellom verdien på total produksjon og den totale faktorinnsatsen (Store Norske Leksikon, 2016).

Det finnes forskjellige metoder for å regne ut produktiviteten, avhengig av hvilken informasjon som er tilgjengelig. I de fleste tilfeller har man mer enn en produksjonsfaktor, dette gjør at metoden som blir brukt må inneholde kostnadsdata, forskjellige adferds antagelser og annen relevant informasjon som for eksempel minimum kostnad og profitt maksimering (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005).

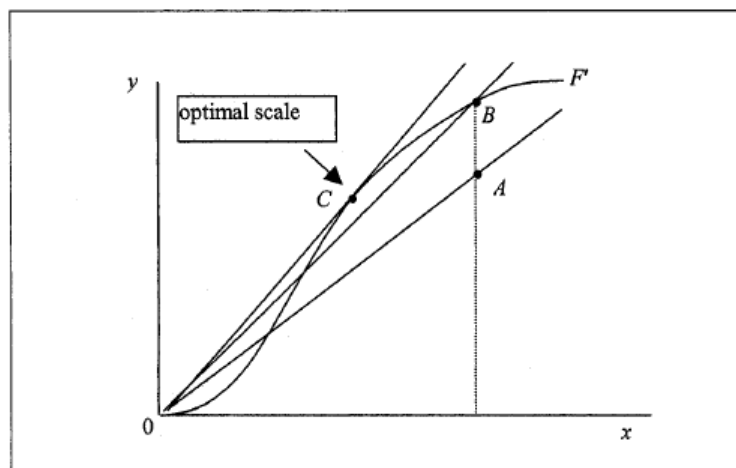
4.1.1. Sammenheng mellom produktivitet og effektivitet

For å vise sammenhengen mellom produktivitet og effektivitet blir en enkel prosess vist i Figur 10, hvor en input (x) blir brukt for å produsere en enkel output (y). Grafen F' viser maksimum output som er mulig å oppnå med gitt input, kalt *teknisk effektivitet*. Grafen gjenspeiler den teknologiske tilstanden til en bransje der alle punkter mellom x -aksen og grafen F' er gjennomførbare løsninger. Punkter som befinner seg under grafen er teknisk ineffektive, som for eksempel punkt A i Figur 10. Et selskap som opererer på punkt A kan teknisk sett produsere mer output med samme input (A til B) eller redusere input og fremdeles produsere samme output (A til C) (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005).



Figur 10 Produksjonsgraf og Teknisk effektivitet (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005)

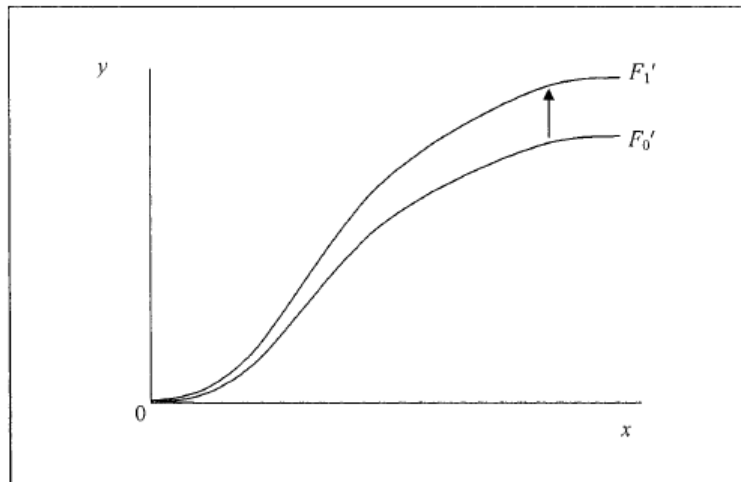
Videre i Figur 11 forklares forskjellen mellom teknisk effektivitet og produktivitet. Linjene med stigning y/x gir oss et mål på produktiviteten ved de gitte punktene A, B og C, da de går fra nullpunktet. Punkt A er teknisk ineffektivt (forklart i sammenheng med Figur 10) og har den laveste produktiviteten av de tre punktene. I punkt B kan vi se at stigningen på linjen er høyere enn i punkt A, og at den ligger på grafen F' som gjør at den er teknisk effektiv. Dette betyr at produktiviteten i punkt B er høyere enn i punkt A. I punkt C er stigningen på linjen størst (punkt C er tangent til grafen F' som går gjennom O'), dette gir maksimal mulig produktivitet, som tilsier at det blir lavere produktivitet på alle andre punkter (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005). Bevegelse av linjer på denne måten bruker skala fordeler (Scale economics) eller såkalte stordriftsfordeler, noe som betyr å ha en kostnadsstruktur som er slik at langsiktige gjennomsnittskostnader faller med økende produksjon (Store Norske Leksikon, 2016).



Figur 11 Produktivitet, teknisk effektivitet og skala fordel (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005)

Over en tidsperiode hvor det gjøres tekniske oppgraderinger (technical change) vil produksjonsgrafene til en bedrift endres. I Figur 12 kan man se hvordan en produksjonsgraf kan bli påvirket dersom bedriften får en ny maskin eller en bedre metode å løse et problem på. Vi kan se at teknisk effektivitet

er høyere for alle output og input i F'_1 sammenlignet med F'_0 . Når man kan se en forbedring i produktivitet fra en tidsperiode til en annen, kan det skyldes effektivitets forbedringer, tekniske endringer eller bedre utnyttelse av skala fordeler, eventuelt en kombinasjon av alle tre (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005).



Figur 12 Teknisk endring mellom to perioder (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005)

Introduksjon av kostnader og profitt, i tillegg til de fysiske formuleringene av tekniske forhold kan kalles allokeringens effektivitet, det betyr å fordele en bestemt mengde ressurser mellom individer eller grupper (Store Norske Leksikon, 2016). For et selskap som produserer en vare vil dette bety å fordele arbeidskraft, kapital og andre innsatsfaktorer, slik at kostnadsnivået er på et minimum når et gitt antall produseres. Optimal økonomisk fordeling kalles gjerne Pareto-optimalitet, hvor det ikke er mulig å omfordele godene på en slik måte at man får økt verdi en plass uten at verdien blir redusert en annen plass (Store Norske Leksikon, 2016). Allokeringens effektivitet og teknisk effektivitet kombinert gir et totalt bilde av økonomisk effektivitet (Coelli, Rao, O'Donnell, & Battese, 2005).

4.1.2. Innovasjon

Innovasjon kan tolkes som nyskaping, fornyelse eller forandring av produkter, tjenester og produksjonsprosesser. I økonomisk sammenheng kan innovasjon defineres som en tilsiktet endring i produksjon av varer og tjenester. Endringer i eksisterende produksjon som gjøres løpende i bedrifter på grunn av prisendringer og svingninger i tilgang på innsatsfaktorer, kan ikke kalles innovasjon. Innovasjon innebærer ofte irreversible forandringer som gjør at det skapes uforutsigbarhet og risiko i organisasjonen og for enkelt mennesket (Store Norske Leksikon, 2016).

Innovasjon kan deles inn i produktinnovasjon og prosessinnovasjon. Produktinnovasjon kan defineres som å lage en ny vare, eller en vare som blir produsert i ny kvalitet. Prosessinnovasjon er en form for

innovasjon der det som transformeres er måten en vare fremstilles på. Dette vil si en endring i måten et produkt blir produsert på, uten at sluttproduktet er forandret (Store Norske Leksikon, 2016).

Innovasjonsprosessen er en endring av verdiskappingsaktiviteter som blir realisert gjennom målrettet menneskelig innsats. Individuer og organisasjonen må ha evnen til å takle motstand for å drive frem en innovasjonsprosess (Store Norske Leksikon, 2016).

4.1.3. Flaskehals

Flaskehals er det leddet i produksjonsprosessen som har svakest kapasitet, og som hindrer de andre leddene i å fungere optimalt (Store Norske Leksikon, 2016). Selv om flaskehalsen elimineres ved å legge til ekstra ressurser eller ved å øke arbeidshastigheten, vil det alltid dukke opp en ny flaskehals en annen plass. Det kan sammenlignes med et arkadespill der muldvarper kommer opp av hull i bakken, og man må slå dem med en klubbe for å tvinge dem ned igjen. På samme måte beveger prosessflaskehals seg og dukker opp nye steder, forhåpentligvis i en mindre skala (Modig & Åhlstrøm, 2012).

Prosesser med flaskehals har to nøkkeltrekk (Modig & Åhlstrøm, 2012):

- Umiddelbart før en flaskehals er det alltid kø, uansett om det er materiale, informasjon eller mennesker som flyter gjennom prosessen.
- Stadiene etter flaskehalsen må vente på å bli aktivisert, som betyr at de ikke utnyttes optimalt. Dette gjør at stadiene etter flaskehalsen går saktere enn de burde gjort.

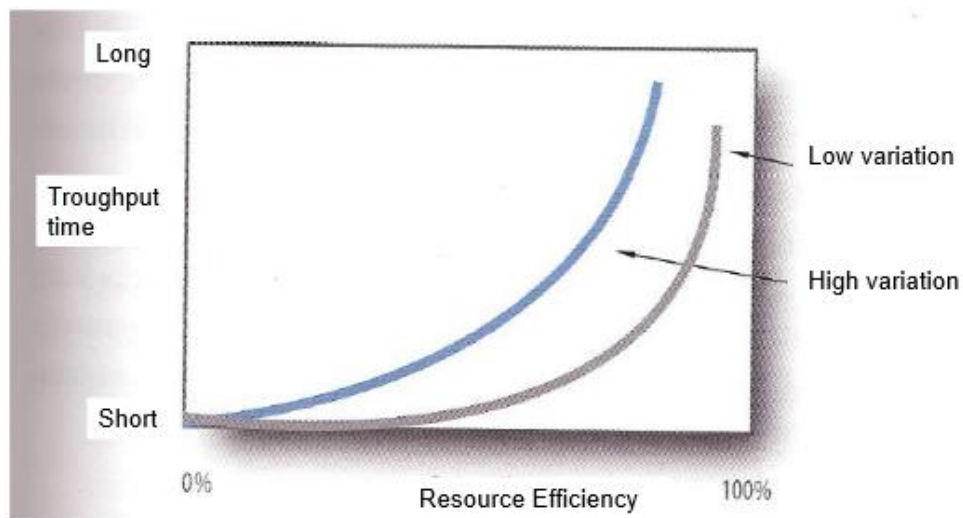
I følge Modig og Åhlstrøm (2012) er det to grunner til at flaskehals oppstår i prosesser:

1. Stadiene i en prosess må gjennomføres i en spesiell rekkefølge. På flyplassen må du for eksempel leverer fra deg bagasjen før du kan gå gjennom sikkerhetskontrollen.
2. Grunnen til at det oppstår flaskehals er variasjon, ulike passasjerer bruker ulik tid gjennom sikkerhetskontrollen.

Variasjon vil alltid være tilstede og kan grovt deles inn i tre forskjellige kilder:

- Ressurser: Maskiner kan bryte sammen. Forskjellige operatører bruker ulik tid og metode på å utføre en jobb.
- Flytenheter: Det skal lages forskjellige blandinger av et produkt, der noe tar lenger tid og krever mer arbeid enn andre.
- Ytre faktorer: Etterspørsel kan variere og er sjelden jevnt distribuert. Værforhold og leverandører kan også påvirke prosessen.

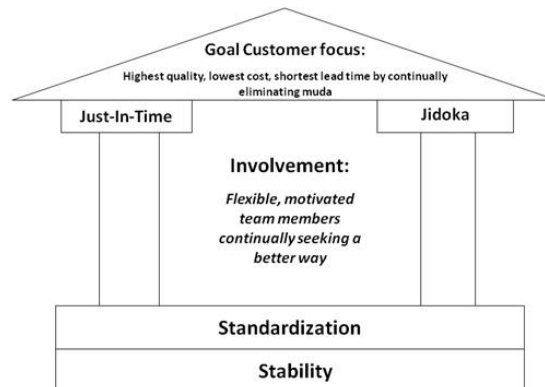
Kingmans formel er illustrert i Figur 13 og tar for seg forholdet mellom variasjon, ressurseffektivitet og gjennomløpstid. Gjennomløpstiden øker jo høyere vi kommer på den vertikale akse, utnyttelsesgraden på den horisontale akse er et mål på hvor effektivt ressursene blir brukt. Jo nærmere 100 prosent, jo høyere ressurseffektivitet. Gjennomløpstid kan defineres som tiden fra et problem oppstår, til det er løst. Fra figuren kan man se at lav variasjon gir høyere ressurseffektivitet. Vi ser også at gjennomløpstiden øker mer ved en økning fra 90% til 95% utnyttelse, enn ved økning fra 80% til 85% utnyttelse selv om begge er på 5 %. Dette betyr at jo nærmere man kommer 100 prosent utnyttelsesgrad, desto større effekt vil en økning i utnyttelsesgraden ha på gjennomløpstiden (Modig & Åhlstrøm, 2012).



Figur 13 Variasjon: Forhold mellom ressurseffektivitet og gjennomløpstid (Modig & Åhlstrøm, 2012)

4.2. Lean

Lean Manufacturing eller *Lean Production* blir ofte kalt *Lean*. Lean handler om å levere maksimal kundeverdi med minimalt tap av ressurser gjennom å eliminere *waste*, etablerer flyt og å ha en kontinuerlig forbedringsprosess. Dette gjøres gjennom flere prinsipper, metoder og verktøy som blir beskrevet videre i kapitlet. I Figur 14 kan man se en forenklet oppbygning av Lean huset. Standardisering og stabilitet er grunnmuren som støtter bærebjelkene Just-In-Time og Jidoka. Forløperen til Lean er Toyota Production System som er beskrevet i kapittel 4.2.1. (Leanovasjon, 2016).



Figur 14 House of Lean Production (Dennis, 2002)

4.2.1. Toyota Production System

Toyota Production System (TPS) består av en sammenslåing av Jidoka og Just-In-Time. Jidoka kombinerer maskiner og mennesker i prosessen for å produsere et produkt. Just-In-Time baseres på at man kun produserer hva man trenger, når man trenger det i de mengdene som er nødvendige (Toyota Production System, 2010). TPS har blitt utviklet over flere ti-år, og kan ses på som en ledende business filosofi som leverer målbare fordeler innen effektivitet og kvalitetsproduksjon.

4.2.2. Jidoka

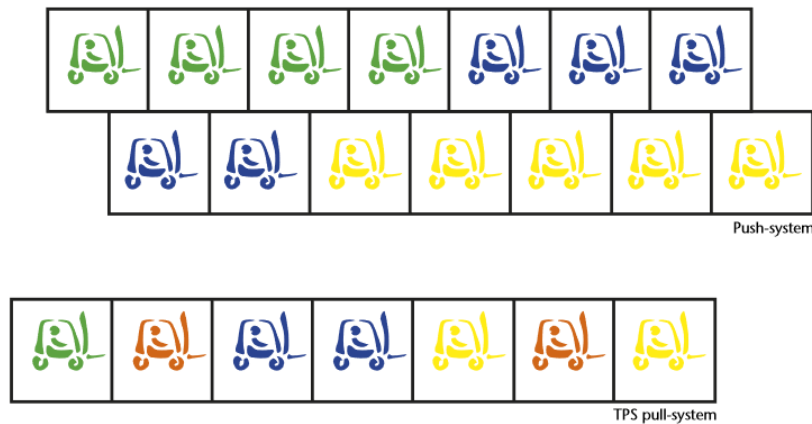
Jidoka blir definert som "automation with a human touch". Jidoka tilsier at det skal være en kvalitetssjekk i hver fase av produksjonsprosessen. Alle unormale hendelser skal bli gjort synlige og tatt hånd om med det samme de oppstår, selv om dette kan bety å stoppe hele produksjonen. Det er også viktig å finne kilden til problemene for å få en fullstendig og nøyaktig forståelse av problemet. For å unngå problemer blir det laget rutiner, og utstyr som gjør det vanskelig og nesten umulig å gjøre feil. Det vil si at utstyret er laget på en slik måte at det nesten er umulig å bruke det «feil» eller på en farlig måte. Dette kalles *poka-yoka*, som er en simpel og kreativ måte å redusere feil og opprettholde kvalitet på. Videre er alt utstyr godt merket slik at det kan bli funnet og brukt av alle som trenger dem (Toyota Production System, 2010).

4.2.3. Just in time

Just-in time (JIT) eller «akkurat I tide» planlegging er et prinsipp for organisering av produksjon i bedrifter. JIT skal sikre at alle deler som trengs kommer på plass til rett tid og rett sted i produksjonsprosessen. Utvikler av JIT, *Toyota Motor Company*, beskriver selv JIT som: "making only what is needed, when it is needed, and in the amount needed" (Toyota Motor Company, 2011). Noe som betyr at man kun skal produsere eller kjøpe det man trenger, når man trenger det, og i de mengdene som er nødvendige. For et produksjonsfirma vil dette bety at råmaterialet ankommer like før de blir brukt i sluttproduktet.

Målet med Just-In-Time planlegging er å minimere nødvendig lagerplass, eliminere *waste*, inkonsekvenser, og urimelige krav. Noe som resulterer i økt produktivitet og større kapital som kan bli brukt andre steder. *Waste* i JIT sammenheng inkluderer overproduksjon, for mye varer på lager, omarbeid, prosessering og venting (Toyota Production System, 2010). For å oppnå en god JIT prosess er det viktig å:

- Eliminere *waste*.
- Synkronisere arbeidssyklusen i forhold til etterspørsel og beregne etterspørselsraten (kalt takt time). *Takt time* bestemmer flytraten og gjør at man kan beregne hvor mye arbeid som kan bli gjennomført på en gitt tid. *Takt time* skal redusere risikoen for tidsforsinkelser og overproduksjon gjennom hele prosessen.
- Ha komponentene på rett sted til rett tid. Gjennom *anban card* systemet blir alle komponenter merket slik at de kan bli hentet frem når det er brukt for dem. Man har og en god oversikt av hva som er tilgjengelig.
- Få en fin flyt i prosessen (kalt Heijunka), med jevn og stabil levering av produktet som er nødvendig. Heijunka kan betegnes som det motsatte av masseproduksjon, hvor produktet ofte bli produsert i store antall etter hvor mye som er estimert. I Heijunka-prosessen skal det være enkelt å endre produkt etter hva som er etterspurt. I Figur 15 kan vi se hvordan TPS-prosessen (også kalt *pull-system*) varierer produktet som blir produsert etter forespørsel. *Push-system* masseproduserer etter hva som er estimert.



Figur 15 TPS-system vs Push.system (Toyota Production System, 2010)

4.2.4. Standardisering

Standardisering av produkter og prosesser gjør at det er konstant høy kvalitet, man opprettholder en fin flyt og gir et godt grunnlag for stadig forbedring (kaizen). Med andre ord skal ikke sluttproduktet være avhengig av hvilken operatør som utfører prosessen eller hvilken dag det er i uken. For å holde kontroll på hvor og når en feil oppstår blir *andon borad* brukt. Dette er et stort synlig elektronisk skilt som har til hensikt å informere ledelsen om når en ansatt her identifisert en feil (Toyota Production System, 2010).

4.2.5. Stabilitet

5S metoden

5S setter retningslinjer for *hva* man skal beholde, *hvor* det skal oppbevares og *hvordan*. 5S er beskrevet av fem ord (Dennis, 2002):

1. **Sortere** (Sort): Sortere ut hva man ikke trenger, arbeidsstedet kan fort bli overfylt av verktøy, dokumenter og andre unødvendigheter. Videre gjelder det å unngå «just-in-case» holdning, som over tid vil forårsake at man trenger mer lagringsplass.
2. **Systematisere** (Set in Order): Plassere deler, maskiner og verktøy som trengs slik at man minimerer bortkastede bevegelser.
3. **Skinne** (shine): Hold området rent, dette gir bedre selvfølelse hos arbeidere.
4. **Standardisere**: Ha en standard måte å løse S1-S3 på.
5. **Sikre** (sustain): Sikre at S1-S4 blir gjennomført på samme tid, slik at alle ansatte får trening og blir involvert.

Total Productive Maintenance

5S leder til *Total Productive Maintenance* (TPM) som er nøkkelen til maskin stabilitet og effektivitet. TPM gir ansatte ansvaret for basis vedlikehold som inspeksjon, rengjøring, smøring og festing av bolter/skruer. Det er et mål i TPM å få inn alle i tankemåten «alle er ansvarlige for maskin, utstyr og fremtiden til bedriften.» (Dennis, 2002)

4.2.6. Value Stream Mapping-Verdistrømkartlegging

Value Stream Mapping (VSM) er et viktig verktøy i *Lean* filosofien og gir en god analyse av verdistrømmen (value stream) til et produkt eller en tjeneste. *Value stream* blir definert som:

- The series of steps to bring a product or service to the customer (Dennis, 2002).
- All the actions (both value adding and non-value adding) currently required to bring a product through the production flow from raw material into the arms of the (Rother & Shook, 1999).

Styrken til VSM ligger i muligheten for å visualisere hele operasjonen, og ikke bare se på hver enkelt operasjon. Internt i en produksjonsbedrift kan man dele opp operasjonene i tre (Hines & Rich, 1997):

- (1) Ikke verdiskapende (non-value adding).
- (2) Nødvendige ikke verdiskapende (necessary but non-value adding).
- (3) Verdiskapende (value-adding).

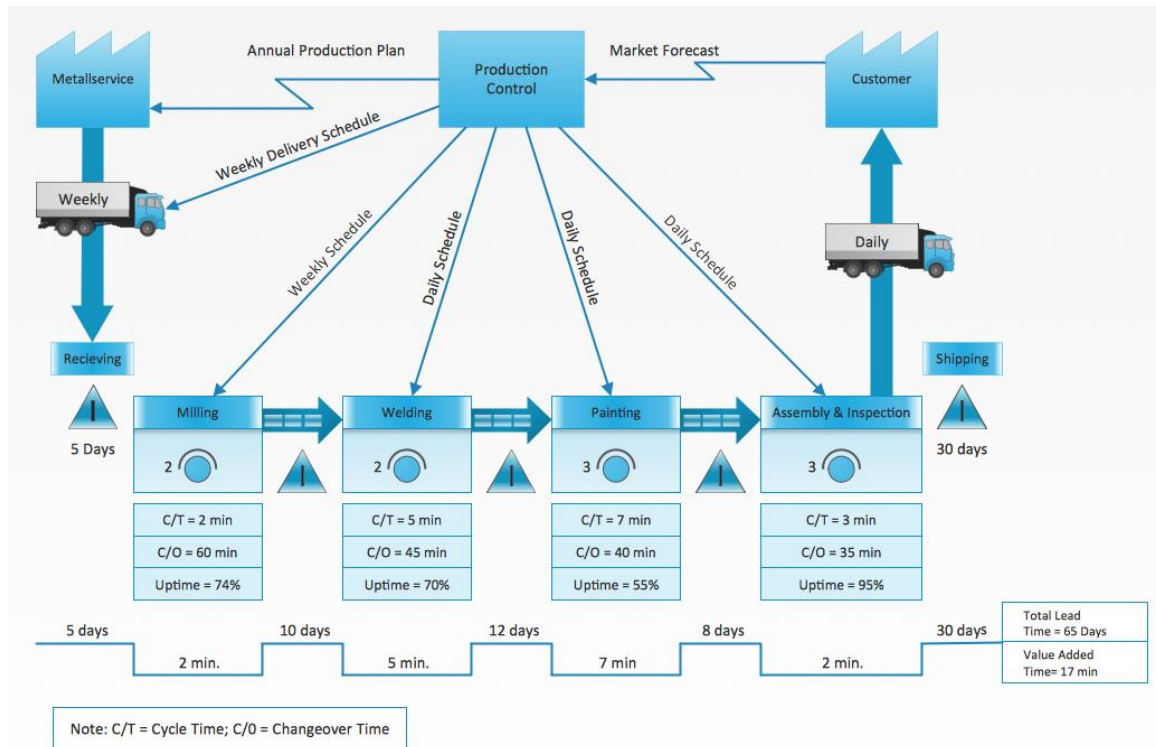
Nummer en er unødvendige operasjoner (*muda*), handlinger som ikke gir verdi til kunden, operasjoner som burde fjernes. Eksempler på dette er ventetid, materialer ligger på et lager og dobbel behandling av produkter (Hines & Rich, 1997). *Muda* (waste) blir videre beskrevet i kapittel 4.2.6.

Nødvendige ikke verdiskapende operasjoner kan være unødvendige, men er nødvendige med dagens løsninger. Eksempler på dette vil være: ansatte som beveger seg lange strekninger for å hente deler eller verktøy, oppakning av produkter eller å flytte et verktøy fra den ene hånden til den andre (Hines & Rich, 1997). I en endringsfase kan slike ikke verdiskapende operasjoner minskes og i beste fall fjernes, ved å for eksempel endre layout eller be leverandører levere varene i en annen forpakning.

Verdiskapende operasjoner involverer prosessering av rå materialer eller halvferdige produkter ved tilføring av arbeidskraft. Dette vil si operasjoner som tilfører produktet eller tjenesten verdi i kundens øyner. Ifølge Modig og Åhlstrøm (2012) kan slike aktiviteter være; når materialet til en bil behandles eller når en ansatt ved den lokale bygningsetaten jobber med en byggesøknad.

Value stream mapping prosessen startes ved å lage et oversiktskart av dagens situasjon. Her blir hele verdistrømmen fremstilt grafisk med alt fra lagerhold til prosesseringstider. Med dette som utgangspunkt blir det laget et fremtidig kart av verdistrømmen som beskriver ønsket verdistrøm. Ut fra disse to kartene lages så en basis implementerings plan.

Figur 16 viser et eksempel på en produksjon- og forsendelses prosess, man kan se stegene mellom hver fase og hvor lang tid som blir brukt. *Cycle Time* er tiden som blir brukt på produktet, som deffinerer hvor lang tid det faktisk for eksempel tar å sveise (såkalt verdiskapende tid). *Changeover time* er tiden det tar fra et produktet er sveiset ferdig til man kan starte på neste produkt.



Figur 16 Value Stream Mapping eksempel (ConceptDraw, 2015)

4.2.7. Waste-Sløsing

Muda er det Japanske ordet for *waste* (sløseri) og beskriver aktiviteter kunden ikke er villig til å betale for. *Waste* er det motsatte av verdi, som er det kunden er villig å betale for. Ved å se på arbeidet til en sveiser kan vi dele opp aktiviteten hans i tre deler; faktisk arbeid, forberedende arbeid og *muda*. Det faktiske arbeidet vil være det øyeblikket han sveiser, forbedrende aktivitet vil være når han setter fast eller tar ned stykket han skal sveise på. *Muda* vil være unødvendig gange for å hente deler, eller lage flere deler enn hva kunden ønsker (Dennis, 2002).

Waste kan deles inn i åtte kategorier (Dennis, 2002; Leanovasjon, 2016):

1. Transport (Motion): Den ansatte må bevege seg unødvendig i form av å snu seg, gå eller strekke seg etter det man trenger. Dette kan også påvirket maskiner som er plassert for langt fra hverandre. I nord Amerika utgjør motion og dårlig ergonomi over 50 prosent av alle arbeids skader, som følge av dårlig holdning og repeterende arbeidsoppgaver for de ansatte.
2. Venting (Delay): Generell venting på manglende råvarer, informasjon, verktøy eller mennesker. Noe som gjør at tiden fra kunden bestiller til kunden får produktet blir ekstra lang, dette er kritisk i lean.
3. Feil/Korreksjon (Correction): Feil som fører til at tid, materiale og energi må bli brukt for å ordne opp.
4. Lager (Inventory): Unødvendig store lager, kostnader knyttet til lagerstyring og kapitalbinding
5. Bevegelse (Conveyance): Lite hensiktsmessig og dårlig layout av de ansattes plassering, verktøy og maskiner. Denne type *waste* vil oppstå uansett fordi materialer må bli flyttet, målet er å gjøre den minst mulig.
6. Overprosessering (Overprocessing): Unødvendig høy kvalitet som gir mer enn kunden forventer.
7. Overproduksjon (Overproduction): Oppfinneren av Toyota Production System, Taiichi Ohno, så på overproduksjon som roten til alt ondt innen produksjon. Ved å overprodusere lager man varer man ikke selger, kunden vil hverken ha eller er villig til å betale for dem. Overproduksjon fører også til flere tilfeller av andre typer *waste* som for eksempel transport og venting.
8. Menneskelige ressurser (Knowledge Disconnection): Utilstrekkelig bruk av kompetanse, kreativitet og arbeidskapasitet.

Mura og Muri er henholdsvis ujevnheter og vanskelige operasjoner som gjør at kapasiteten eller tiden ikke blir brukt på best mulig måte. Sammenhengen mellom *Muda, Mura og Muri* kan best beskrives gjennom eksempelet til Dennis (2012):

Hvordan flytte 6000 kg last med en gaffeltruck som har kapasitet på 2000 kg?

1. *Muda* (sløsing): 6 turer med 1000 kg
2. *Mura* (ujevnheter): 2 turer på 2000 kg og 2 turer på 1000 kg
3. *Muri* (vanskelig å gjennomføre): 2 turer på 3000 kg
4. Beste metode: 3 turer på 2000 kg

5. Metode

5.1. Casestudie

Denne masteroppgave er gjennomført som et casestudie. Casestudier går ut på å oppnå en helhetlig forståelse av det caset som undersøkes (Grønmo, 2004). Som betyr at casen ikke er utformet for å bekrefte eller teste ut teorier, men derimot få en dypere forståelse av en valgt analyseenhet og tema (Bryman & Bell, 2007). Casestudier består kort sagt av å samle så mye informasjon/data som mulig, ved å bruke kvalitative og kvantitative metoder. I denne masteroppgaven har begge metodene blitt benyttet. Oppgaven er basert på eksisterende og ny kunnskap om temaet innad hos Halliburton, samt allmenn tilgjengelig kunnskap og ledende leverandører sin kunnskap.

5.2. Datainnsamling

Datakilder kan ofte deles opp i hovedformene primærdata og sekundærdata. Primærdata er informasjon som er samlet inn av forskeren, sekundærdata betegnes som data som allerede er samlet inn av andre.

5.2.1. Primærdata

Under masteroppgavens datainnsamling har forskeren tilegnet seg kunnskap gjennom en rekke møter med Halliburtons ansatte fra flere ulike avdelinger, med ulik fagkunnskap. I starten av arbeidet gikk møtene ut på å bli bedre kjent med bedriften, utfordringene og utstyret som dannet utgangspunktet for problemstillingen. Forskeren var tidlig med på møter med forskjellige leverandører av produkter for å få en bedre oversikt av hvilke muligheter som ble tilbudt. Senere i arbeidet gikk møtene ut på å samle inn konkret informasjon via diskusjon og spørsmål, for å finne best mulig løsning på problemstillingen.

Forskeren fikk omvisning og teknisk beskrivelse av både Dusavik LMP og Risavika LMP av teknisk personell og teknisk tegner. Senere i studiet deltok forskeren på miksing av *mud* i Dusavik for å få en dypere forståelse av mikseprosessen. Under miksing var det mulig å samle informasjon fra operatører via uformelle samtaler.

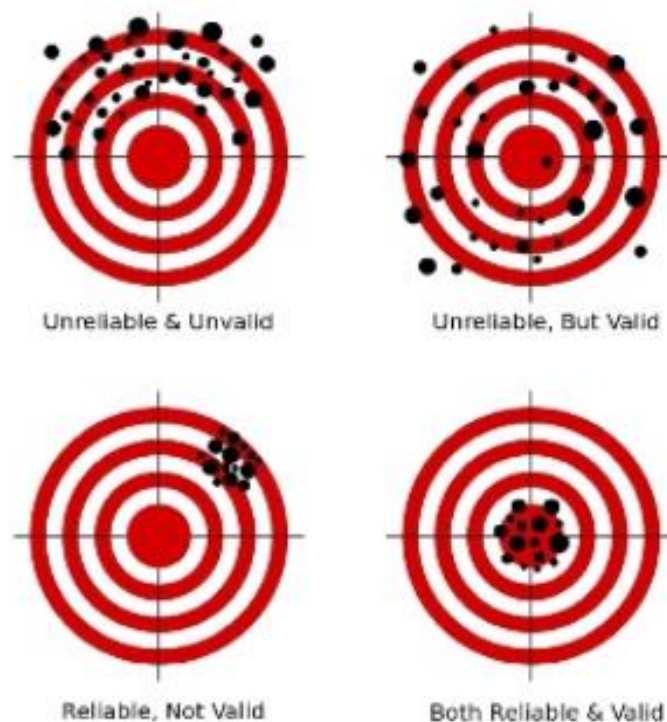
Under hele studiet har forskeren hatt kontorplass hos Halliburton, dette har gjort det mulig å samle informasjon kontinuerlig fra ansatte gjennom uformelle samtaler. Datainnsamling fra formelle møter, uformelle møter og observasjon av prosessen har blitt benyttet for å utvikle en god løsning på problemstillingen.

5.2.2. Sekundærdata

Forskeren har gjennom hele prosessen hatt tilgang til datablader, historisk data, produktspesifikasjon og lignende gjennom Halliburtons intranett og databaser. Det teoretiske grunnlaget ble bygget ved bruk av litteratur fra Universitetsbiblioteket ved Universitet i Stavanger, i form av artikler, eldre hovedoppgaver og nettbaserte kilder.

5.3. Kvalitetssikring av data

For å sikre en god studie er det viktig med kvalitetssikring av innsamlet data, da det kan være stor variasjon i kvaliteten. For å kunne oppnå god kvalitetssikring av data er det nødvendig å se på validiteten, reliabiliteten og mulige feilkilder. Et sentralt spørsmål er hvor godt eller relevant dataen representerer fenomenet, altså gyldigheten av data eller validiteten av informasjonen (Johannessen, Tuft, & Christoffersen, 2010). Reliabiliteten handler om påliteligheten av innsamlet data og i hvor stor grad den gjenspeiler virkeligheten. Figur 17 viser sammenhengen mellom validitet (valid) og pålitelighet (reliable) av informasjon.



Figur 17 Validitet vs. Pålitelighet

I forskningsarbeidet har det blitt samlet inn primærdata fra flere forskjellige kilder. Innad i Halliburton har ansatte med ulik bakgrunn, ulik motivasjon for prosjektet og ulikt ansvarsområde blitt benyttet for å samle informasjon. Utad er forskjellige leverandører av utstyr, samt eksterne forskere brukt for å

innhente informasjon. Ulik bakgrunn kan føre til ulike virkelighetsbilder, som kan føre til at kildene oppgir uriktig informasjon. Forskjellig motivasjon og ansvarsområde både innad i Halliburton og utad, kan føre til at kildene tilbakeholder eller vinkler informasjonen i en bestemt retning for å skape egne fordeler.

Tabell 1 viser noen av de ulike kildene som har blitt benyttet i forskningsarbeidet, og deres motivasjon. For eksempel vil prosjektleder være mer opptatt av økonomi enn operatører, som på sin side vil være opptatt av funksjonalitet av prosessen. Informasjon fra flere ledd er benyttet for å sikre et godt virkelighetsbilde. For å sikre påliteligheten har det vært viktig å undersøke data fra flere kilder med samme bakgrunn. Spesielt med tanke på eksterne leverandører som gjerne ikke har Halliburtons interesser som første prioritet. Videre har påliteligheten blitt styrket gjennom at flere ledd har blitt inkludert.

Mulige feilkilder knyttet til innsamling av primærdata er hovedsakelig knyttet til forskeren. Da forskeren ikke tidligere har vært kjent med Halliburtons begreper og anleggets funksjonalitet, kan informasjon feiltolkes. For å unngå dette har forskeren blitt opplært i Halliburtons systemer, blitt satt grundig inn i LMP anleggets funksjoner og kvalitetssikret data med personell. Uformelle samtaler og møter kan også gi grunnlag for feil, da dette er en muntlig informasjonsformidling. Det kan sikrest at denne type data er fullstendig og korrekt ved å være flere tilstede på møtene eller ta notater som kontrolleres ved en senere anledning. Ved møter og uformelle samtaler har forskeren tatt notater under eller i etterkant for å kunne verifisere informasjonen. I de tilfeller dette ikke har blitt gjort har det alltid vært flere personer tilstede.

Ved innsamling av sekundærdata var det viktig å være kildekritisk, da informasjonen gjenspeiler forfatterens virkelighetsbilde. For å sikre påliteligheten av forfatteren var det viktig å undersøke flere kilder, samt validere relevant informasjon med teknisk personell i Halliburton. Det var spesielt viktig å validere informasjon hentet fra Halliburtons intranett da det var vanskelig å finne noe å sammenligne den med. Feilkilder som kan foreligge ved bruk av sekundærdata kan være feiltolking av informasjon eller utdatert data. Informasjon fra intranettet kan være foreldet grunnet utvikling i oljeindustrien, spesielt med tanke på den svært varierende oljeprisen. Dette gjorde at det var svært viktig å kontrollere data som blir benyttet.

Tabell 1 Primære datakilder

Navn	Stilling	Motivasjon
Henry Magne Håkstad	Prosjektleder	<ul style="list-style-type: none"> - Få gjennomført prosjekt - Optimal prosess - Redusere kostnader
Per Magnus Skretting	Teknisk support	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal prosess
Per Solland	Manager Whs. Stockpoint	<ul style="list-style-type: none"> - Sikre arbeidsplasser - Forbedre arbeidsflyt - Mest mulig til egen LMP
Roy Lende	Technical Manager, Dusavik LMP	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal prosess - Vedlikehold - HMS
Erlend Aanes	General formann, Dusavik LMP	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal prosess - Forhindre personalkutt - HMS
Mario Roberto Freitas	Teknisk tegner	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal løsning på anlegget
Guttorm	Operatør	<ul style="list-style-type: none"> - Enkel prosess - Unngå ergonomiske skade
Aage Andreassen	F&A Manager, Skandinavia Området	<ul style="list-style-type: none"> - Kostnadsbesparelse
Chandana Ratnayake (Tel-Tek)	Sjefsforsker	<ul style="list-style-type: none"> - Dele kunnskap innen eget forskningsfelt (til studenter) - Selge egen kunnskap og programvare til Halliburton - Få innblikk i reelle problemer knyttet til transport av pulver med pneumatikk
Leverandører av utstyr:		<ul style="list-style-type: none"> - Salg av utstyr - Mersalg - Vedlikeholdsavtaler - Generelt inntekter til eget firma

6. Case-beskrivelse

For å kunne optimalisere og effektivisere mikseprosessen ved Halliburtons LMP i Dusavik er det viktig å se på alle ledd i prosessen. I delkapittel 6.1 blir dagens løsning beskrevet, delkapittel 6.2 presentere en løsning som er effektiv og kostnadsbesparende. Mange av operasjonene i mikseprosessen vil være like i de to løsningene som blir beskrevet. Det er ønskelig at fremtidig løsning skal være billigere og mer effektiv, samtidig som sluttresultat leveres i samme eller bedre kvalitet.

6.1. Dagens løsning

I dag mikser Halliburton mud utendørs i tre forskjellige miksekarer merket med mørke blått i Figur 18. Operatørene henter ingredienser ved hjelp av en gaffeltruck fra lager, eller ved bruk av rør fra bulk tankene. Figur 18 er et oversiktsbilde over dagens løsning i Dusavik. De fargede sirkene indikerer våt- og tørrbulk beholdere som eies av Halliburton, de stiplede linjene viser kjøreruten mellom lager og miksekar.



Figur 18 Oversiktsbilde av dagens løsning (Freitas, 2016)

Mikseprosessen starter når operatørene på basen blir kjent med hva som skal mikses, ved hjelp av en oppskrift. Deretter må operatørene frakte alle nødvendige big bags, IBC tanker og paller fra lager til miksekaret ved hjelp av gaffeltruck. Fra Figur 18 kan vi se at avstanden fra lageret til OBM miksekaret er på ca. 266 m (178m fra lager til WBM og brine). Noe som gjør at det går en del tid kun i transport mellom lager og miksekar, i tillegg blir gaffeltruckene utilgjengelig for andre i denne tidsperioden.

Transport av tørrbulk skjer via 5" rør og en kompressor som leverer 18 m³ luft i minuttet med et arbeidstrykk på 7,5 bar (Solland, 2016). Avstand, vinkel på svinger og andre tapsformer (i røret) varierer i forhold til hvilke trykk tanker som blir brukt. På lengre strekk og i noen svinger blir det brukt hjelpeluft for å holde flyten i røret høy nok. Transport av våtbulk fra tank til tank, og fra tank til miksekar blir gjort med en 8"x6"x14" pumpe med en motor på 130 KW for OBM, 6x5x14 med 90KW for WBM og 8x6x11 med 75 KW for brine. Der det første tallet beskriver størrelsen på inntaket i pumpen i tommer ("), det andre tallet beskriver størrelsen på uttaket til pumpen i tommer og det siste tallet forteller størrelsen på impelleren i pumpen (Solland, 2016). Figur 19 illustrerer pumpen som blir brukt, der inntaket er horisontalt og uttaket vertikalt.



Figur 19 Illustrasjon av 2500 Supreme pumpe (National Oilwell, 2003)

Materiale som blir fraktet fra fartøy til land (bulk tank) og fra land til fartøy har en gjennomsnittshastighet på 47,19 tonn/time for pulver (Håkstad, 2016). Gjennomsnitt er hentet fra en måned med vanlig drift i Dusavik. Figur 20 viser noen av rørene som kommer opp ved bulk tankene fra kai 3. Rørene går under bakken fra påkoblingspunktet vist i Figur 21, her kobler fartøyene seg på med slanger når de kommer inn for lossing og lastning. Fra Figur 21 kan man avstanden mellom fartøy og påkoblingspunktet på kai.



Figur 20 Rørgater tankside fra kai 3

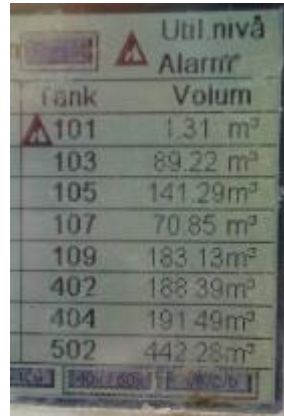


Figur 21 Rørgater sjøside kai 3

Videre brukes ventiler for å starte og stoppe tørr- og våtbulk tilførselen. Alle ventiler styres manuelt rundt på Halliburtons anlegg, dette gjør at operatøren må bort til hver enkelt ventil for å kunne starte og stoppe tilførselen av bulk materiale til og fra tankene. Dette er tidkrevende da flere av ventilene befinner seg i lengre avstand fra miksekaret eller i ugunstige posisjoner i forhold til miksekaret. Det er ingen mulighet for å se om en ventil er åpen eller lukket uten å fysisk inspisere av ventilen. Fra oversiktsbilde, gitt i Figur 24, kan man se at noen av ventilene befinner seg under miksehuset.

På Figur 22 kan man se en del av displayet som viser nivået i bulk tankene ved Dusavik. Det er plassert en skjerm ved hvert av miksekarene for å kunne observere nivået i tankene når materiale fraktes fra tank til tank eller fra tank til miksekar. Displayet har ingen touch funksjon og kan kun brukes til

avlesning. Dette gjør at en operatør må holde kontroll på nivået i tanken ved avlesning fra displayet, og en annen operatør må stå ved ventilen for å kunne åpne og stenge på ønsket tidspunkt. Dette gjør at de to operatørene må ha god kommunikasjon for å oppnå korrekt miks. Væsken som skal brukes pumpes direkte i miksekaret fra aktuell tank.



Tank	Volum
101	1.31 m ³
103	89.22 m ³
105	141.29 m ³
107	70.85 m ³
109	183.13 m ³
402	188.39 m ³
404	191.49 m ³
502	442.28 m ³

Figur 22 Display av dagens nivåmåling i bulktanker ved Dusavik LMP

OBM miksekaret er på 40 m³ og har en sirkulasjonslinje hvor tørrbulk, sekker og IBC blir tilført. Størrelsen på en batch kan variere fra 10-15m³ til 200-250 m³ (Skretting, 2016), dette gjør at det gjerne må mikses flere ganger for å oppnå ønsket størrelse på en batch. I sirkulasjonslinjen er det ett venturi rør (beskrevet i 0) som snevrer inn røret fra 6" til 2". Hopperen er plassert rett etter innsnevringen som skaper undertrykket, dette gir en sugeeffekt som trekker ned alt som blir tilført i hopperen. Innsnevringen akselerer strømmen, som igjen knuser pulveret inn i væskestrømmen. Fra Figur 23 kan man se at det er tilkoblingsmuligheter for slanger og rør, i tillegg til linjen som kommer fra tørrbulk (merket med oransje). Her kan IBC og tørrbulk tilføres ved hjelp av lufttrykk og suge-effekten som skapes av venturirøret. Røret som går inn i tanken er sirkulasjonslinjen. Bildet er hentet fra WBM miksehuset i Dusavik.



Figur 23 Hopper, kuttebord og sirkulasjonslinje fra WBM miksekar

Hopperen er plassert i miksehuset, som befinner seg over miksekaret, da denne ikke er plassert på bakkenivå må sekker og paller løftes opp ca. to meter med gaffeltruck for å kunne kuttet. Sekkene kuttet for hånd med kniv over hopperen. For å unngå støvdannelse er det plassert et avsug over hopperen ved OBM miksekaret, ifølge Aanes (2016) skaper denne for lite sug og blir nesten ikke brukt. Emballasjen til sekken blir fjernet og kastet av operatørene i en container, antall sekker kan variere fra noen få til flere hundre per miks, avhengig av hva som mikses. Et høyt antall sekker gir mer avfall og mer arbeid for operatørene. Figur 24 viser miksehuset som ligger over OBM miksetanken, under miksing blir skyvedørene åpnet for å komme inn med paller og IBC tanker. Under og rundt miksehuset er de fleste ventiler som må åpnes og stenges under mikseprosessen. Tankene i bakgrunnen er våt- og tørrbulker som blir brukt til lagring av både uferdig og ferdige produkter. Den røde containeren inneholder dieselpumpen som driver HT-400 pumpen som brukes til å skape nødvendig trykk til share-enheten.

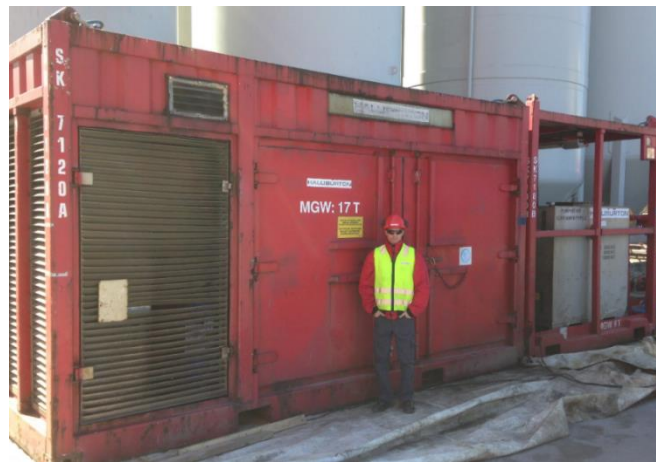


Figur 24 Oversiktsbilde av OBM miksehus, bulktanker og dieselpumpe til share-enheten

Pulver som blir tilført via hopper har forskjellige egenskaper. Egenskapene til pulveret kan påvirke hastigheten det er mulig å tilføre produktet i miksen, altså hvor fort man kan kaste en sekk ned i hopperen uten å oppnå klumper. Følgelig er det ønskelig å gjøre dette raskest mulig, og med dagens løsning klarer operatørene 40 sekker på ca. 7 minutter ved full fart (Aanes, 2016). Polymer er et produkt som må tilføres saktere for å unngå klumper, såkalt fiskeøyler, i miksen. Fiskeøyler kan gi lengre miksetid og ukorrekt miks (Skretting, 2016). Operatøren doserer polymer og andre lignende produkter for hånd etter erfaring (Aanes, 2016).

På samme tid som væsken sirkuleres gjennom sirkulasjonslinjen, brukes en agitator i miksekaret til å blande sammen miksen. Agitatoren i miksekaret hindrer også bunnfall av vektmateriale som er i mud. Når mikseprosessen er ferdig pumpes borevæsken over til en lagringstank ved hjelp av den samme pumpen som brukes til sirkulasjon. Dersom batchen skal være større enn 40 m³ blir det mikset flere nye mikser med samme oppskrift til ønsket mengde er oppnådd på lagringstanken. OBM, WBM og brine har alle egne lagringstanker.

Når hele OBM batchen er ferdig mikset og transportert til aktuell lagringstank, blir den kjørt gjennom en share-enheten. Her skal små partikler knuses og blandes ved å skape en emulsjon. Share-enheten har et 2" rør som fører væsken med et trykk på 120-140 bar til én dyse som sharer 400 til 500 liter borevæske i minuttet (Solland, 2016). Det høye trykket som skal til for å share væsken blir skapt av en HT400 4,5" plunger dieselpumpe. Borevæsken blir kjørt gjennom share-enheten fire ganger for å oppnå ønsket resultat. Det høye trykket gjør at området rundt må sperres av under operasjonen på grunn av sikkerhet. Når væsken har vært gjennom share-enheten blir den flyttet til andre lagringstanker eller til fartøy via rørgatene. Figur 25 viser størrelsen på HT-400 pumpeenheten. Enheten består av motoren som er lukket inne og pumpen som står i det åpne området innenfor rammen til containeren. Under sharing må det alltid være to operatører tilstede.



Figur 25 HT-400 pumpeenhet

Brine skiller seg litt ifra mud, da det ikke er nødvendig med en hopper over miksekaret. Kun en grind over karet som vist i Figur 26. Da brine hovedsakelig består av vann og salt, som kommer i big bags, kan alt bli tilført miksen gjennom gulvet (Aanes, 2016). På figuren kan vi også se motoren som driver agitatoren.



Figur 26 Brine miksekar med grind

6.2. Den nye prosessen

Som beskrevet i kapittel 6.1 har Dusavik LPM et forbedringspotensial når det kommer til effektivisering, kostnadsbesparelse og kontinuitet av boreslammet som blir levert til kunde. Eieren av basen i Dusavik, Norsea, har planer om å oppgradere rørsystemet og andre forhold for å opprettholde sin posisjon i markedet. I den sammenhengen skal det vurderes om Halliburton kan oppgradere sitt LMP i Dusavik for å redusere driftskostnader, samtidig som driften optimaliseres og effektiviseres. Dette skal gjøres ved å flytte miksekarene inn i en felles miksehall og å oppgradere utstyr.

Figur 27 viser et oversiktsbilde av ny plassering av miksesystem, bulk tanker, lager og mølle. Bulk tankene er oppgradert og flyttet til det oransje området for å øke kapasitet og tilgjengelighet. Mikseanlegget er flyttet inn i bygning markert med gul, hvor de nye miksekarene er illustrert med tre sirkler. Lager (limegrønn) og kontor (lyseblått) er ikke flyttet. Nytt ved anlegget er møllene til finmaling av barytt, som er merket med blågrønn. Implementering av møllene er diskutert og analysert av Øsebak (2015) i sammenheng med masteroppgave skrevet våren 2015 for Halliburton.

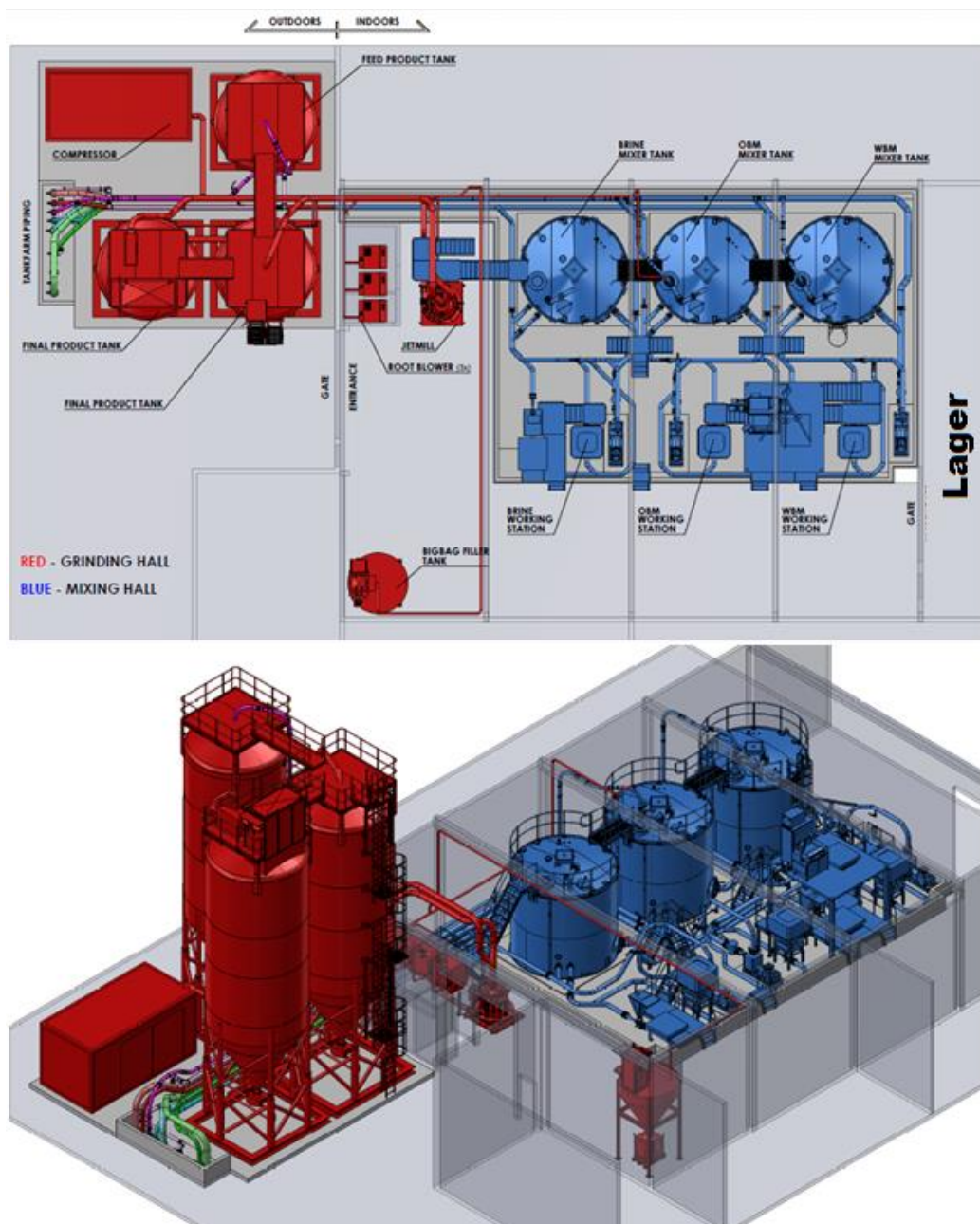
Når miksekarene er flyttet inn reduseres transportveien til sekker, IBC og big bags fra 266 meter og 178 meter til 37 meter. Den stiplede linjen i Figur 27 viser den nye avstanden mellom miksekarene og lageret. Når miksekarene er plassert i samme bygning som lageret, vil risiko med gaffeltruckkjøring i et aktivt kaiområde minimeres da det kun vil være ansatte ved Halliburton i miksehallen.



Figur 27 Oversiktsbilde av ny løsning (Freitas, 2016)

Rørsystemet skal utformes på en mer effektiv måte hvor svinger og andre tapsmoment minimeres (Se sammenligning i kapittel 0). I tillegg skal alle rør oppgraderes til 6'' for å øke kapasiteten. For å oppnå ønsket tørrbulk leveringsrate på 150 tonn/time mellom fartøy og bulk tanker, kan det være nødvendig å oppgradere kompressoren som trykksetter tankene. Kompressoren må levere riktig kombinasjon av mengde luft ($m^3/time$) og trykk (bar) for oppnå ønsket leveringsrate. Pumper til sirkulasjon og transport av væsker blir også oppgradert.

Utstyret merket med blått i Figur 27 tilhører mikseanlegget som er plassert i miksehallen. De tre miksekarene skal ha en kapasitet på 60 m³ hver. De skal være designet med spesialtilpassede agitatorer og stoppere langs karetts vegger. Dette er ekstremt viktig for å oppnå optimal innmiksing og minimalt med bunnfall. Den resterende delen av bygget blir brukt som lager. Eksisterende port gjør at det er gode transportmuligheter mellom miksehallen og lageret. Utstyret merket med rødt tilhører anlegget som skal finmale barytt (mølle). Store deler av dette utstyret skal plasser på utsiden av bygget grunnet tankenes høyde (se Figur 28).



Figur 28 2D og 3D tegning av ny miksehull og mølle (Freitas, 2016)

Ny share prosess har to alternativer, enten en share-enhet med 4 dyser som bruker samme pumpe og motor som ved dagens løsning. Eller en in-line sharer, det vil si en lavtrykk sentrifugalpumpe som er en del av sirkuleringslinjen. Alternativene blir videre forklart i 6.3.3 og analysert i 7.4.

6.3. Sammenligning av prosessene

6.3.1. Plassering av utstyr og kjørelengder

Figur 29 sammenligner oversiktsbildene av dagens løsning og ny løsning, gitt tidligere i Figur 18 og Figur 27. Fra sammenligningsbilde kan vi se at avstanden gaffeltrucken må kjøre er endret fra 266 m og 178 m til 37 m. Miksekarene er flyttet inn i lagerbygningen og bulk tankene er flyttet tettere med større kapasitet. Anlegg for finmaling av barytt, merket i blågrønn, er kun gitt ved ny løsning da det er nytt.

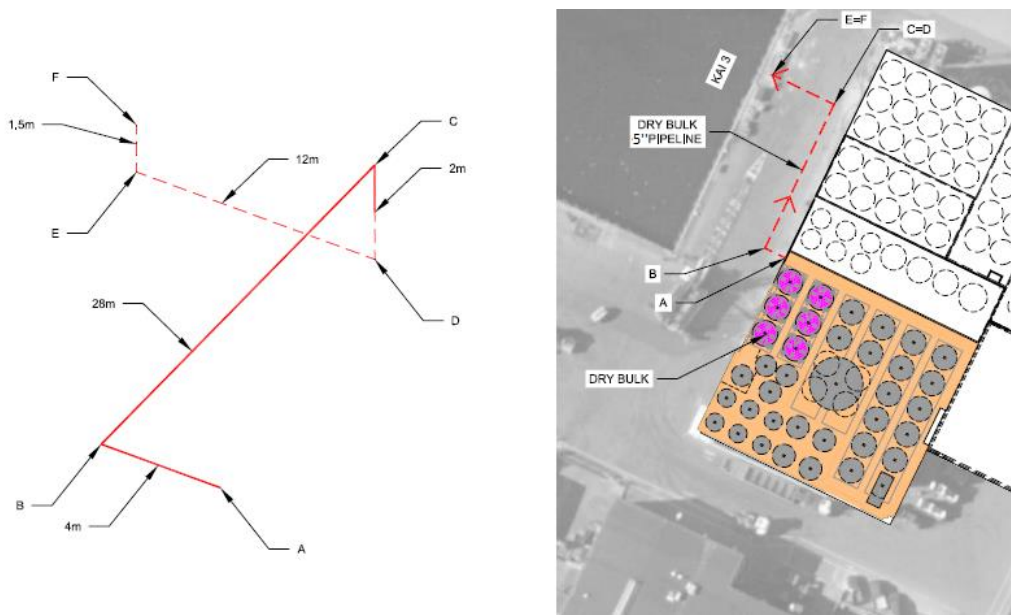


Figur 29 Sammenligning av oversiktsbilde av dagens (bunn) og ny løsning (topp) (Freitas, 2016)

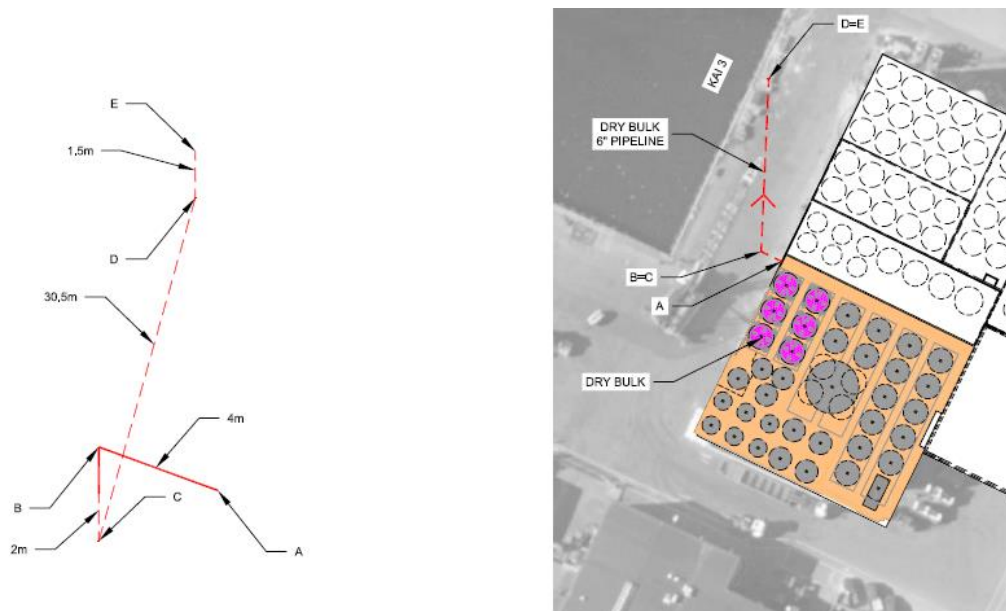
6.3.2. Rørlengde mellom tørrbultanker og kai 3

Nye 6" rør, samt ny rørkonfigurasjon skal øke tørrbult leveringsraten ved Dusavik LMP. Videre blir det brukt ett rørstykke for å illustrere forskjellen mellom gammelt og nytt rør.

Røret som transporterer pulver mellom kai 3 og bultankene er et av de mest kritiske ved Dusavik LMP (Håkstad, 2016). Leveringsraten til fartøy begrenses av rørkonfigurasjonen og tilhørende kompressor. Halliburton vil minimere tid ved kai, da det viktig å maksimere tonn/time basen kan levere til fartøy.



Figur 30 Dagens rørlinje mellom tørrbultanker og kai 3 (Freitas, 2016)



Figur 31 Ny rørlinje mellom tørrbultanker og kai 3 (Freitas, 2016)

Tabell 2 viser hvor mye rørlengde og antall svinger kan reduseres ved å legge røret i en mer direkte retning. Ved ny løsning er lengden på horisontale strekk redusert med 9,5 meter og antall 90 graders svinger er redusert fra fire til tre.

Tabell 2 Rør sammenligning, kai 3 til bulktanker

	Dagens rør (4'')	Ny løsning (6'')	Endring
Horisontale strekk totalt	44 m	34,5 m	-9,5 m
Vertikale strekk totalt	3,5 m	3,5 m	0
Antall 90 grader svinger (stk.)	4	3	-1

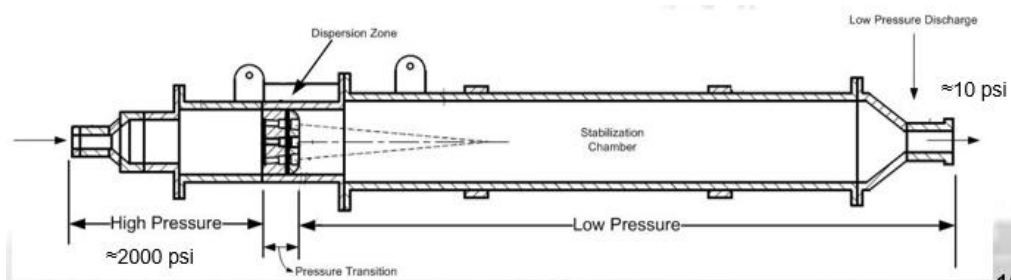
6.3.3. Share prosess

Alternativ 1 til ny share prosess er en Leep enhet som er tilnærmet lik dagens løsning. Med unntak av økning i antall dyser fra 1 til 4 stk. og økning i sharehastighet fra 24 m³/time i til 60 m³/time. Leep enheten er vist i Figur 32. Dagens løsning og Leep enheten bruker samme metode for å få emulsjon i væsken, samt lik motor og pumpe for å skape det nødvendige høye trykket. Det høye trykket gjør at området rundt enheten må sperres under operasjonen, i tillegg til at to operatører må være tilstede. Leep enheten koster 35 000 USD (290 500 NOK).



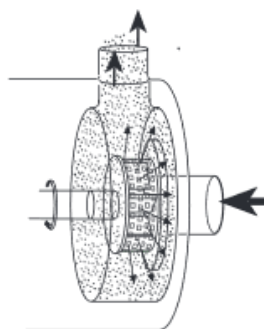
Figur 32 Leep Unit

Figur 33 viser hvordan trykket faller i Leep enheten fra ca. 130 bar til ca. 1 bar. I sonen mellom høyt- og lavtrykksområdet er det de 4 dysene som står for emulsjonen av væsken og tilsetningsstoffene.



Figur 33 Leep unit virkemåte

Alternativ 2 er en In-line mikser fra Silverson med veldig stor usikkerhet, da maskinen ikke er testet med store kvantum av mud som inneholder barytt. In-line mikseren bruker en sentrifugalpumpe illustrert i Figur 34. Den høye rotasjonshastigheten skaper et undertrykk som drar vann og tilsetningsstoffer til seg, deretter presses alt mot statoren for å sikre god kontakt mellom væsker og partikler. Tilslutt blir produktet presset gjennom statorens små hull av de store g-kreftene som skapes ved den høye rotasjonshastigheten. Årsaken til at barytt kan være et problem for In-line mikseren er at det vil slipe ned, eller tette de fine «hullene» i statoren som gjør at væsken emulgerer. In-line mikseren kan share 120 m³/time og koster 48 830 GBP (585 960 NOK).



Figur 34 Sentrifugalpumpe, In-line mikser

Tabell 3 sammenligner dagens share-enhet med alternativ 1 og 2.

Tabell 3 Share prosess sammenligning

Enhet	Dagens share unit med 1 dyse	Alternativ 1: Share unit med 4 dyser	Alternativ 2: Sentrifugalpumpe i sirkulasjonslinje
Trykk-klasse	Høytrykk	Høytrykk	Lavtrykk
m ³ /time	24	69	120
Energiform	Diesel	Diesel	Strøm
Vedlikeholdskostnad	Lav	Lav	Høy
Avsperrret område	Ja	Ja	Nei
Innkjøpspris	-	290 500 NOK	585 960 NOK

7. Analyser og Resultat

I dette kapittelet blir valgte operasjoner og teknisk utstyr tilhørende Dusavik LMP analysert. Analysene består av økonomiske utregninger og tekniske forhold. Usikkerheter rundt analysene og resultatene blir videre diskutert i kapittel 8.

7.1. Generelt

Før det blir gjort noen dypere analyser må mange parametere være på plass. Parametere som ofte blir brukt i analysekapittelet er gitt i Tabell 4. Diskonteringsrenten er satt til 11% da Halliburton bruker denne satsen globalt på sine prosjekter. Internkostnaden for Halliburton ved å ha en person i arbeid i en time er 420 kroner, dette inkluderer også alle sosiale kostnader. Inflasjon er estimert til 2 % per år og ifølge Norsk lov er skattesatsen 27 %. Videre er endringen i mud mikset per år estimert til å stige med 5% per år.

Tabell 4 Felles analyse parametere

Forklaring	Verdi
Diskonteringsrente	11 %
Internkostnad timelønn Halliburton	420 kr/time
Inflasjon	2 %
Estimert endring i mud mikset	+ 5 % per år
Norsk skattesats	27 %

Når analyser av spesifikke operasjoner eller spesifikk utstyr skal gjennomføres, er det nødvendig å vite hvor ofte en operasjon blir utført og hvor mye en maskin blir brukt. Aktuell data for å beregne dette i senere delkapitler er hentet fra fra Dusavik LMP i perioden januar 2016 til april 2016, deretter multiplisert med tre for å få et fullstendig år. Tabell 5 viser aktuelle tall hetet fra Dusavik LMP.

Tabell 5 Produkter brukt og mikset ved Dusavik LMP

Produkt/Operasjon ved Dusavik LMP	Jan 2016-apr 2016 (4 mnd.)	Estimert 12 mnd.
OBM mikset (m ³)	3 341	10 023
WBM mikset (m ³)	966	2 898
Brine mikset (m ³)	386	1 158

Halliburton har leverandører over hele verden, dette medfører at kjøp og salg kan forekomme i annen valuta enn NOK. Vekslingskurser anvendt i analysene er oppgitt i Tabell 6

Tabell 6 Vekslingskurs

Dollarkurs (NOK/USD)	8,3
Britisk Pund (NOK/GBP)	12

7.2. Tørrbulk transport i rør

Kapittelet tar for seg analyse av rørlengden beskrevet i kapittel 6.3.2, som går mellom kai 3 og bulktankene.

Analysene er utført i samarbeid med Chandana Ratnayake fra Tel-Tek, i programmet PneuDesign. Programmet kjører simuleringer basert på en opp-skaleringsteknikk, som baseres på omfattende tester gjort i laboratorium og testanlegget ved Tel-Tek. Fullstendig beskrivelse av programmet er gitt i vedlegg A. Tester utført i oppbygging av programmet er beskrevet av Ratnayake (2005) sin doktorgrad. Analyseverktøyet PneuDesign kan beregnet to av verdiene; trykk (bar), luftmengde (m^3/time) og leveringsrate tonn/time, ved å ha den tredje tilgjengelig. Dette gjøres med en valgt rørkonfigurasjon. Det vil si at programmet kan finne hvilket trykk og luftmengde som er nødvendig for å levere ønsket rate. I analysene av rørlengdene i Dusavik ble det brukt en barytt med tetthet på $4,2 \text{ tonn}/\text{m}^3$ og gjennomsnitts partikkelstørrelse på $12 \mu\text{m}$. Konfigurasjon av dagens- og ny rørlengde som er nødvendig til bruk i PneuDesign, er gitt i vedlegg B.

Første analyse ble gjennomført med dagens rørlengde og eksisterende kompressor. Kompressoren leverer et trykk 7,5 bar og luftmengde på $1080 \text{ m}^3/\text{time}$. Analysen tok for seg en endring i rørdimensjon fra 5" til 6", og hva dette gjorde med leveringsraten. Resultatet fra PneuDesign analysen, gitt i Tabell 7, viser at det er en vesentlig økning i leveringsrate når rørdimensjonen økes.

Tabell 7 Teoretisk leveringsrate i 5" og 6" rør med barytt SG 4,2', PneuDesign

Rørdimensjon	5"	6"
Teoretisk leveringsrate (tonn/time)	420	720
Teoretisk leveringsrate (m^3/time)	100	172

Andre del av analysen ble gjennomført med ukjent kompressor, som vil si at trykk og luftmengde var ukjent. Det ble i stedet satt opp forskjellige leveringsrater for å gi et innblikk i hva en kompressor må levere for å oppnå ønsket rate. Ratene som ble brukt er 50, 100 og 150 tonn/time. Både 5'' og 6'' rør ble analysert for dagens- og ny rørlengde. Tabell 8 viser resultatene fra analysen med dagens rørlengde.

Tabell 8 Nødvendig trykk og mengde luft ved dagens rørlengde til gitte leveringsrater, PneuDesign

Rørdimensjon med dagens rørlengde	Ønsket leveringsrate (Tonn/time)	Nødvendig trykk (Bar)	Nødvendig luftmengde (m ³ /time)
5''	50	3,1	500
5''	100	3,9	600
5''	150	4,6	700
6''	50	2,8	700
6''	100	3,3	750
6''	150	3,8	800

Tabell 9 viser resultatene fra samme type analys gjort med ny rørlengde, som er noe kortere sammenlignet med dagens løsning.

Tabell 9 Nødvendig trykk og mengde luft ved ny rørlengde til gitte leveringsrater, PneuDesign

Rørdimensjon med ny rørlengde	Ønsket leveringsrate (Tonn/time)	Nødvendig trykk (Bar)	Nødvendig luftmengde (m ³ /time)
5''	50	2,9	500
5''	100	3,5	600
5''	150	4,1	700
6''	50	2,7	600
6''	100	3,1	700
6''	150	3,5	800

Ved tolkning og sammenligning av Tabell 8 og Tabell 9 kan vi se at:

- Økning i rørdimensjon fører til at nødvendig luftmengde øker ved lik leveringsrate.
- Økning i rørdimensjon fører til at nødvendig trykk synker ved lik leveringsrate.
- Nødvendig trykk synker ved bytte til ny rørlengde.
- Nødvendig mengde luft er tilnærmet uendret ved bruk ny rørlengde.

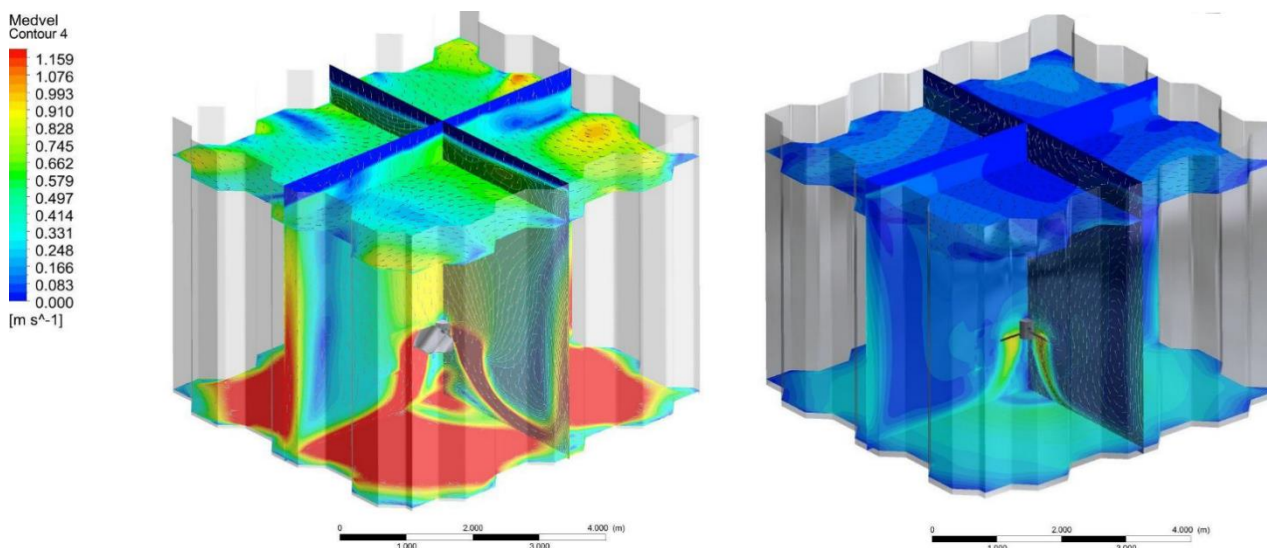
Analysene viser at rørdimensjonen påvirker leveringsraten i størst grad. Deretter må en god kombinasjon av luftmengde og trykk til for å øke leveringsraten.

7.3. Agitering i miksekar

For å avgjøre hvor mye valg av agitator påvirker sirkulering i miksekaret, er det blitt gjennomført en CFD-analyse. Analysen er utført i samarbeid med Rotor Offshore AS av Stamo Agitation Solutions, i programmet ANSYS Cfx 12.1. Analysen er gjennomført i en triangulær tank, da dette er mindre kostbart for Halliburton og gir tilnærmet samme resultat som for en sirkulær tank.

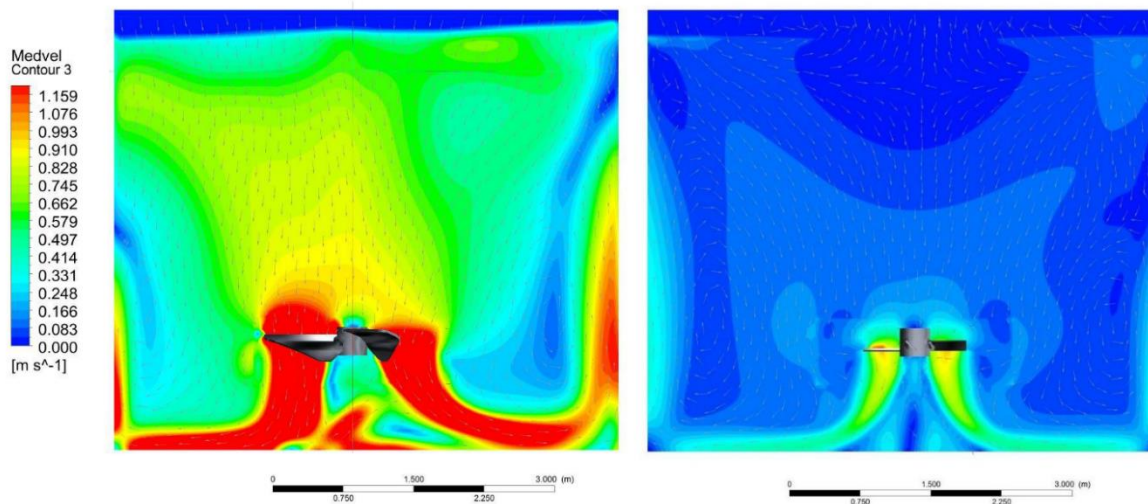
Væsken som er brukt i analysen tilsvarer en vanlig mud, med en viskositet på 100 cp og en væskedensitet på 1,5 tonn/m³. Agitatoren i miksekaret er installert 1 meter fra bunnen av karet. Informasjon om dagens- og ny agitator som ikke kommer frem i analysene videre, samt inputs til analysen er gitt i vedlegg C.

I Figur 35 ser vi agiterings egenskapene til dagens agitator (t.h.) sammenlignet med ny agitator (t.v.) i gitt tank (I figurene videre er tankene plassert på samme måte). Fargen på væsken i karet angir hastigheten, og dermed hvor mye den beveger seg. Den mørkeblåfargen indikerer tilnærmet lik null bevegelse, rød indikerer at væsken beveger seg nesten 1,6 m/s. Fra figuren kan man se at væsken med dagens løsning har lite bevegelse, sammenlignet med ny løsning.



Figur 35 3D bilde av væskehastighet i miksekar, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)

Figur 36 viser et snitt av dagens tank og ny tank med strømningshastighet gitt av fargekodene. Fra figuren kan vi se at ny løsning har mye høyere hastighet i bunn av tanken, gitt av den røde fargen. Dette gjør at utfelling fra væsken blir dratt opp og mikset inn i større grad, da utfelling legger seg på bunn. Totalt sett gjør den høye hastigheten langs bunnen og den høye hastigheten generelt i miksekartet at den nye løsningen blander borevæsken bedre. I tillegg minimerer den bunnfall. Flere analyser av tanken er gitt i vedlegg C.



Figur 36 Snitt av væskehastighet i miksekar, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)

I tillegg til bedre sirkulasjon i miksekaret, trenger ikke ny løsning en like kraftig elektrisk motor for å drive agitatorene rundt. Agitatoren med ny løsning vil ha 3-4 ganger mindre motor sammenlignet med dagens motor.

7.4. Sharing

For å avgjøre om det er lønnsomt å investere i en ny metode å share mud på, har det blitt utført en business case. Dagens share-enhet skal sammenlignes med to alternativer, alternativ 1 er en Leep enhet og alternativ 2 er en In-line mikser. Prosjektets levetid er etter ønske fra Halliburton satt til 8 år, da begge alternativene har et estimert levetid på 8 år.

Generell analyse

Dagens share-enhet har et gjennomsnitt på 24 m³ mud per time, der muden må kjøres gjennom enheten 4 ganger for å oppnå nødvendig kvalitet. Ved estimert årlig mengde på 12 921 m³ (OBM+WBM), gitt i Tabell 5, vil dagens enhet ha en operativ tid på 2 154 timer per år. Fra Tabell 10 kan vi se at alternativ 1 (Leep) må være i drift i 375 timer for å share samme mengde mud. Alternativ 2 (in-line) trenger kun 162 timer. Antall gjennomkjøringer og raten hver av metodene kan share mud med, avgjør antall timer enheten er operativ. Antall gjennomkjøringer sier hvor mange ganger den

totale mengden mud må gjennom enheten. Operativ tid per år defineres som antall timer share-enheten er i drift i løpet av et år for å share et års forbruk av mud.

Tabell 10 Operativ tid per år, Sharing alternativer

Enhet	Dagens share unit	Alternativ 1: Leep	Alternativ 2: In-line
m ³ /time	24 m ³	69 m ³	120 m ³
Antall gjennomkjøringer	4	2	1,5
Operativ tid per år	2 154 timer	375 timer	162 timer
Antall operatører	2	2	2
Lønnsutgifter per år	1 809 360 NOK	315 000 NOK	136 080 NOK

Av sikkerhetsmessige årsaker er det nødvendig å være 2 operatører tilstede når share-enhetene kjøres. Dette gjør at en stor utgift i sammenheng med driftskostnader vil være knyttet til operatørens timelønn, som er 420 kr/time. Det er antatt at In-line mikseren også vil ha to ansatte tilstede selv om den ikke operer med høyt trykk.

Dagens share-enhet

Det høye trykket som er nødvendig i share prosessen skapes av en motor/pumpe enhet. Enheten bruker 120 L diesel per time, dette utgjør 1 344 kr/time når en liter diesel koster 11,2 NOK. I løpet av et år blir dette 2 894 976 NOK. Årlig dieselforbruk pluss årlige lønnsutgifter er gitt i Tabell 11 som årlig driftskostnader. Vedlikeholdskostnadene tilknyttet dagens share-enhet, pumpe og motor er estimert til 72 000 NOK per år. Dette fører til en årlig kostnad på totalt 4 776 336 NOK, slik det er vist i Tabell 11. Videre i Tabell 11 kan vi også se total årlig kostnad i år 1 med 2 % inflasjon og 5% økning i mud mikset. Ved 5% økning i mud mikset antas det at årlige kostnader også stiger med 5%. Det antas videre at dagens enhet kun har bruksverdi.

Tabell 11 Årlig kostnad dagens share-enhet

Dagens løsning	Beløp
Årlig driftskostnader inkludert lønn	4 462 052 NOK
Årlig vedlikeholdskostnader	72 000 NOK
Total årlig kostnad, år 0	4 776 336 NOK
Total årlig kostnad, år 1 m/inflasjon og økning i mud	5 115 456 NOK

Alternativ 1: Leep enhet

Når en ny enhet skal brukes må utgifter tilknyttet demontering av eksisterende utstyr, montering av nytt utstyr, frakt av enhet og papirarbeid beregnes. Ved innkjøp av Leep enhet er slike tilleggskostnader estimert til 50 000 NOK. Videre er innkjøpsprisen for Leep enheten 290 500 NOK (35 000USD). Dette gjør at den total kapitalinvestering ved kjøp av Leep enhet blir på 340 500 NOK. Halliburton bruker en flat avskrivingsformel for sitt utstyr. Leep enheten har en levetid på 8 år, årlig avskrivning er vist i Tabell 12.

Tabell 12 Leep enhet kapitalinvestering

	Pris	Avskrivning
Leep enhet	290 500 NOK	36 313 NOK/år
Tilleggskostnader	50 000 NOK	-
Total kapitalinvestering	340 500 NOK	36 313 NOK/år

Leep enheten drives som nevnt tidligere av samme pumpeenhet som dagens share-enhet. Dette gjør at vedlikeholdskostnadene (72 000 NOK) per år er de samme for alternativ 1 som for dagens enhet. Driftskostnadene er endret da antall timer enheten er operativ er lavere. Når Leep enheten er operativ i 375 timer, ref. Tabell 10, blir lønnskostnadene 315 000 NOK per år med dagens mud produksjon. Videre blir dieselkostnadene i løpet av et år 504 000 NOK (1344 NOK/time*375 timer). Fra Tabell 13 kan vi se at total årlig kostnad i år 0 med Leep enhet vil være 954 261 NOK. Videre i Tabell 13 kan vi også se total årlig kostnad i år 1 med 2 % inflasjon og 5% økning i mud mikset. Ved 5% økning i mud mikset antas det at årlige kostnader også stiger med 5%.

Tabell 13 Årlig kostnad Leep enhet

Leep enhet	Beløp
Årlig driftskostnad inkludert lønn	819 000 NOK
Årlig vedlikeholdskostnad	72 000 NOK
Total årlig kostnad, år 0	891 000 NOK
Total årlig kostnad, år 1 m/inflasjon og økning i mud	954 261 NOK

Pumpe og motor enheten som driver share-enheten har en avskrivningsrate på 0 NOK per år, da det er antatt at enhetene er ferdig nedskrevet.

For å kunne beregne lønnsomheten av alternativ 1 er kostnadene knyttet til dagens share-enhet lagt inn som årlig besparelse i analysen. Det vil si at total kostnad av dagens share-enhet, hentet fra Tabell 11, blir regnet som besparelse. Videre blir inflasjon, skatt, diskonteringsrente og endring i mud mikset per år hentet fra Tabell 4. Økning i mud mikset og inflasjon påvirker både årlig besparelse og årlig kostnad. Tabell 14 viser kontantstrømmen til Leep enheten. Kontantstrømmen er lagt sammen av resultatet og avskrivningen. Fra Tabell 15 kan vi se at NNV= 19 091 931 NOK og IRR= 902 %, med en diskonteringsrente på 11 %.

Tabell 14 Kontantstrøm analyse Leep enhet, NOK

År	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Årlig besparelse		5 115 456	5 478 653	5 867 638	6 284 240	6 730 421	7 208 281	7 720 069	8 268 194
Årlig kostnad		954 261	1 022 014	1 094 576	1 172 291	1 255 524	1 344 666	1 440 138	1 542 387
EBITA		4 161 195	4 456 640	4 773 061	5 111 948	5 474 897	5 863 614	6 279 931	6 725 806
Avskrivning		36 313	36 313	36 313	36 313	36 313	36 313	36 313	36 313
EBIT		4 124 882	4 420 327	4 736 749	5 075 636	5 438 584	5 827 302	6 243 619	6 689 494
Skatt		1 113 718	1 193 488	1 278 922	1 370 422	1 468 418	1 573 372	1 685 777	1 806 163
Resultat		3 011 164	3 226 839	3 457 826	3 705 214	3 970 167	4 253 930	4 557 842	4 883 330
Kapitalinvestering	340 500								
Kontantstrøm	- 340 500	3 047 477	3 263 151	3 494 139	3 741 527	4 006 479	4 290 243	4 594 154	4 919 643

Tabell 15 NNV og IRR Leep enhet

Diskonteringsrø	11 %
NNV	19 091 931
IRR	902 %

Alternativ 2: In-Line mikser

Ved installasjon av In-line mikser vil det være ulike tilleggskostnader sammenlignet med en Leep enhet, da det er nødvendig med ekstra rør og ventiler. Ekstra utstyr og arbeid gjør at tilleggskostnaden for In-line mikser er estimert til 75 000 NOK. Fra Tabell 16 kan vi se at en innkjøpspris på 585 960 NOK (48 830 GBP) gir en årlig avskrivning på 73 245 NOK ved 8 års levetid. Total kapitalinvestering er også gitt i Tabell 16.

Tabell 16 Kapitalinvestering In-line mikser

	Pris	Avskrivning
In-line mikser	585 960 NOK	73 245 NOK/år
Tilleggskostnader	75 000 NOK	-
Total kapitalinvestering	660 960 NOK	73 245 NOK/år

In-line mikseenheten drives av en 90 hk moter, dette tilsvarer 67 kilowatt. Halliburton har en privat strømvaktale som gjør at de kun betaler 0,3 NOK per kilowatt/time. Når vi tidligere har estimert at In-line mikseren skal være operativ 162 timer per år for å share årlig mengde med mud, blir den årlige strømkostnad 3 256 NOK. Det antas at det vil være to operatører tilstede når In-line mikseren er i bruk, dette gir en årlig personalkost på 136 080 NOK. Årlig total driftskostnad er gitt i Tabell 17.

Da In-line mikser ikke er veldig utbredt innen olje og gass industrien, finnes det lite data på hyppigheten til nødvendig vedlikehold. Dette gjør at det er stor risiko knyttet til estimatet av antall vedlikehold per år, og når en «vedlikeholdspakke» i tillegg koster 152 856 NOK (12 738 GBP) kan det påvirke kontantstrømmen i stor grad. Videre i analysen er det estimert 3 vedlikehold per år. Årsaken til den høye vedlikeholdsraten blir diskutert i kapittel 8.3. Videre blir det estimert 15 timer arbeid per gang vedlikehold utføres, som blir en kostnad på 6 300 NOK per gang. Total årlig vedlikeholdskostnad er gitt i Tabell 17, samt total årlig kostnad for år 0 og år 1 med inflasjon og økning i mud mikset.

Tabell 17 Årlig kostnad In-line mikser

In-line mikser	Beløp
Årlig driftskostnad inkludert lønn	136 080 NOK
Årlig vedlikeholdskostnad	477 468 NOK
Total årlig kostnad, år 0	616 804 NOK
Total årlig kostnad, år 1 m/inflasjon og økning i mud	660 597 NOK

På lik linje som i alternativ 1, blir dagens kostnader satt til besparelser i kontantstrømanalysen av alternativ 2. Dette gir kontantstrømmen vist i Tabell 18, med den samme inflasjon, skatt, diskonteringsrente og endring i mud mikset per år som alternativ 1. Resultat av NNV og IRR er vist i Tabell 19.

Tabell 18 Kontantstrøm analyse In-line mikser, NOK

År	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Årlig besparelse		5 115 456	5 478 653	5 867 638	6 284 240	6 730 421	7 208 281	7 720 069	8 268 194
Årlig kostnad		660 597	707 500	757 732	811 531	869 150	930 860	996 951	1 067 734
EBITA		4 454 859	4 771 154	5 109 905	5 472 709	5 861 271	6 277 421	6 723 118	7 200 460
Avskrivning		73 245	73 245	73 245	73 245	73 245	73 245	73 245	73 245
EBIT		4 381 614	4 697 909	5 036 660	5 399 464	5 788 026	6 204 176	6 649 873	7 127 215
Skatt		1 183 036	1 268 435	1 359 898	1 457 855	1 562 767	1 675 128	1 795 466	1 924 348
Resultat		3 198 578	3 429 473	3 676 762	3 941 609	4 225 259	4 529 049	4 854 407	5 202 867
Kapitalinvestering	660 960								
Kontantstrøm	- 660 960	3 271 823	3 502 718	3 750 007	4 014 854	4 298 504	4 602 294	4 927 652	5 276 112

Tabell 19 NNV og IRR In-line mikser

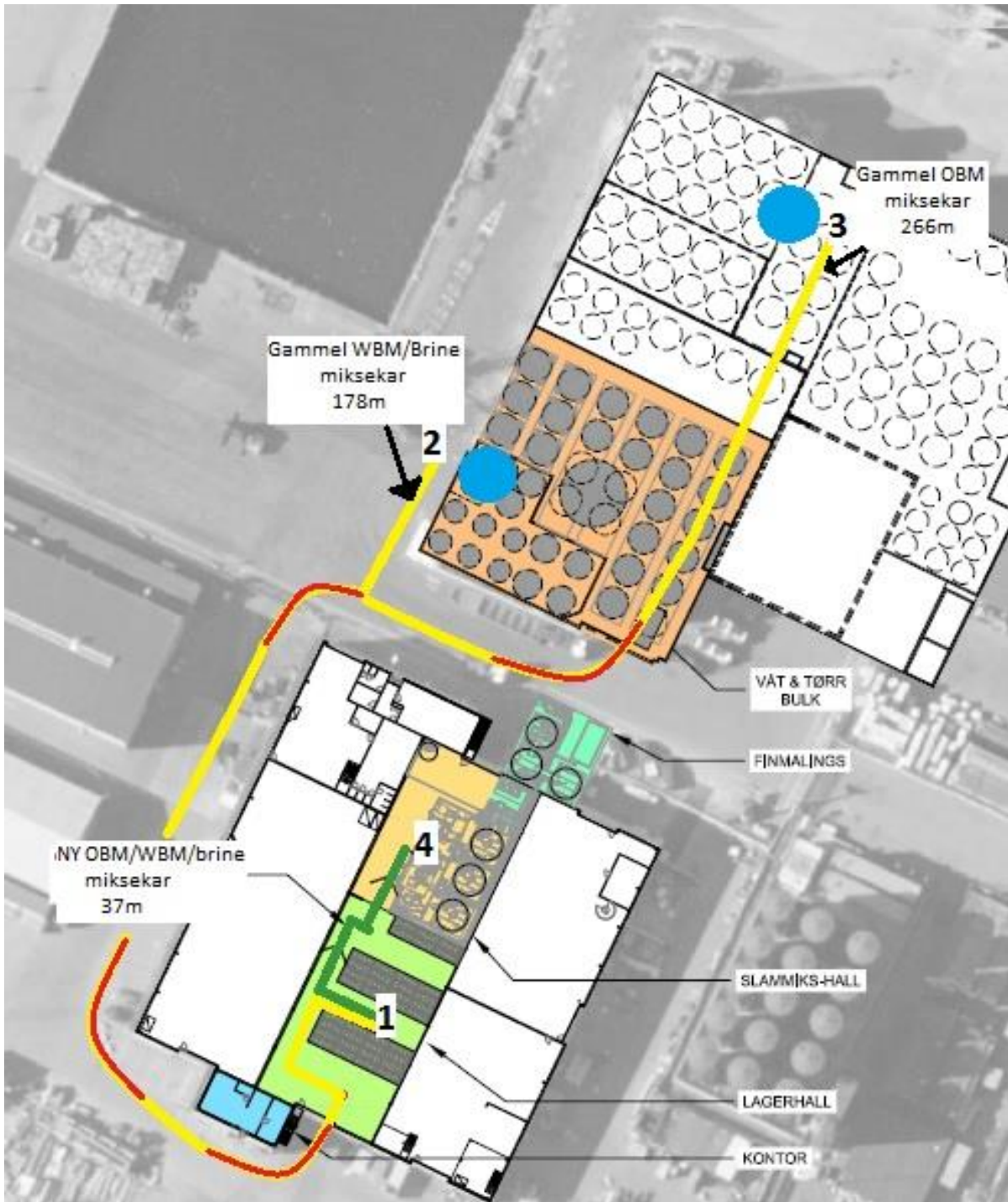
Diskonteringsre	11 %
NPV	20 190 611
IRR	502 %

7.5. Avstand til lager og lagerhold

7.5.1. Gaffeltruck

Kjøreavstand

Når mikseanlegget flyttes nærmere lageret vil kjøreavstanden bli kortere. Figur 37 sammenligner gammel kjørelengde merket med gul, og ny kjørelengde merket med grønn. Gammel rute går fra punkt 1-2 og 1-3, der de gamle miksekarene er merket med blå sirkler. Ny rute går fra punkt 1-4, som kun går inne i Halliburtons lagerbygning. Man kan se at kjørelengde er redusert fra 178m og 266m til 37m, noe som er 4,8 og 7,1 ganger kortere. I tillegg til å minimere den ekstra kjørelengden, unngår trucken å kjøre rundt hjørner merket med rødt, som er uoversiktlige og trafikkerte.



Figur 37 Sammenligning av gammel og ny truckrute

Truckens gjennomsnittsfart blir estimert til 6 km/t når den kjører mellom lager og miksekar. I tillegg blir det estimert fem sekunder ekstra per hjørne trucken må rundt på basen, da den må kjøre roligere eller stoppe grunnet annen trafikk. Kryssende trafikk er en av hovedårsakene til ulykker i kaiområder. Hjørnene trucken må rundt er merket med rødt på Figur 37. Ved kjøring i egen lagerbygning vil dette ikke være nødvendig, da det kun er Halliburtons egne ansatte tilstede. Tabell 20 viser hvor lang tid det tar å kjøre de forskjellige avstandene inkludert tillegg for svinger. Fra tabellen kan vi se at den nye ruten tar hele 5,5 ganger kortere tid, sammenlignet med dagens rute.

Tabell 20 Tidsbruk mellom lager og miksekarene

Rute	Avstand	Tid å kjøre	Sving tillegg	Total	Forhold mellom gammel og ny rute
1 til 2 (brine/WBM)	178 m	106,8 sek	15 sek	121,8 sek	5,5 ganger
1 til 3 (OBM)	266 m	159,6 sek	20 sek	179,6 sek	8,0 ganger
1 til 4 (ny)	37 m	22,2 sek	0 sek	22,2 sek	-

Ved miksing av 100 m³ brine trengs det i gjennomsnitt 30 rundturer med truck for å få fraktet alt ned til miksekaret, for OBM/WBM er tallet 12. Dette inkluderer transport av IBC, paller, big bags og containere. Dette gjør at en miks på 200 m³ brine trenger 60 rundturer med truck, altså 120 lengder. Tiden det tar å kjøre en lengde er gitt i Tabell 20. I gammel rute utgjorde dette ca. 243 minutter. Når dette sammenlignes med ny rute, som er 5,5 ganger kortere i tid, vil det ta ca. 45 minutter å kjøre de samme ingrediensene til det nye miksekaret.

Ved kjøring til alle miksekarene, vil tiden en operatør bruker på å kjører truck være 167 timer med dagens løsning, i løpet av et år. Med ny løsning vil tiden en operatør kjører mellom miksekar og lager kun være ca. 23 timer. Antatt at operatørens sparte tid kan brukes til noe effektivt, vil Halliburton spare **498 407 kr** over de neste 10 årene, vist i Tabell 21. Dette kommer kun av at Halliburton reduserer lønnskostnadene sine til truckkjøring. Internrente, internkostnad, endring i miksing per år og inflasjon er hentet fra Tabell 4. Utrengninger er vist i vedlegg D.

Tabell 21 NPV Truckkjøring

NPV Dagens løsning	579 636 NOK
NPV Ny løsning	81 229 NOK
Besparelse neste 10 år	498 407 NOK

Løft

IBC, paller og big bags må løftes for å kunne transporteres, hver håndtering inneholder en risiko. En håndtering defineres som når en enhet blir flyttet fra et sted til et annet. Med dagens løsning håndteres hver enhet to ganger. Alle enheten som skal brukes i miksen flyttes først fra lager til utsiden av miksekaret. Deretter brukes en og en i miksen. Dette vil si at håndtering nummer to består av å løfte

enheten fra utsiden av miksekaret til over miksekaret. Den lange transportveien mellom lager og miksekar er årsaken til at det ikke er mulig med kun en håndtering. Da to operatører venter på ny enhet over miksekaret når mikseprosessen har startet. Med ny løsning vil det kun være nødvendig med en håndtering per enhet. Da avstanden mellom lager og miksekar er så kort at det ikke oppstår ventetid for operatørene mellom hver håndtering. Antall håndteringer blir redusert fra 7596 til 3798. Halvering i antall håndteringer fører også til halvering i den teoretiske risikoen.

7.5.2. Lagerhold

Halliburton har per dags dato lagrer produkter tilknyttet mud miksing i to forskjellige lager. Det ene befinner seg ved Dusavik LMP, og det andre er et fjernlager. På en gitt dag i mai 2016 var det lagret 241 paller ved internt lager, og 568 paller i fjernlageret. En palle i denne sammenheng kan være en IBC tank, en big bag eller en ordinær palle med sekker på, beskrevet i kapittel 2.2.1. Ny løsning, vist i Figur 38, har en kapasitet på 480 paller.

Når miksekarene flyttes inn, blir det også installert en big bag kutter, markert med en liten sirkel i Figur 38 (i det gule området). Denne skal brukes til å kutte big bager, slik at store mengder pulver kan lagres på bulk tanker i stedet for i big bags på et lager. Operatørene skal bruke «dødtiden» mellom hver miks til å kutte big bags, på samme måte som de gjør papir arbeid og annet forfallende arbeid i denne perioden. Når containere med big bager ankommer basen, har operatørene 30 dager på seg til å flytte dem før Halliburton må betale straffegebyr til eier av basen. Dette gjør at det ikke er nødvendig med lagerplass til big bags som skal på bulk tanker før etter 30 dager.



Figur 38 Oversiktsbilde av nytt lager med big bag kutter

Lagerbeholdningen gitt i vedlegg E, viser at det er 438 paller/big bags med Barytt-UF. 438 paller veier 438 tonn, og med en egenvekt på 2,2 tonn/m³ trenger Halliburton en bulk tank som rommer 199 m³ (438 tonn / 2,2tonn/m³) for å kunne lagre hele mengden på tank. De nye tankene som blir installert er på 250 m³, og dekker da lagringsbehovet for Barytt-UF.

Videre gjør dette at det ikke er nødvendig med fjernlager. Fra Tabell 22 kan man se at lageret ved ny løsning i Dusavik har mulighet til å lagre nødvendige mengder når Barytt-UF blir lagret på bulk tank.

Tabell 22 Lagringsplass Dusavik LMP

Totalt antall paller	809
Paller med Barytt-UF	438
Totalt antall paller uten Barytt-UF	371
Kapasitet lager Dusavik LMP	480
Resterende lagringsplass Dusavik LMP	109

I løpet av et år vil lagring på bulk tank, sammenlignet med å ha et eksternt lager gi en besparelse på 901 380 NOK. Da leie av en 250 m³ tørrbulk tank er 10 885 NOK per mnd. og kostnaden ved å ha et eksternt lager er 86 000 NOK per mnd.

7.6. Oppsummering av fordeler

Tabell 23 oppsummerer fordelene som fremkommer av analysene gjennomført i kapittel 7.

Tabell 23 Oppsummering av fordeler, fra analyser

Operasjon	Dagens Prosess	Den nye prosessen	Kommentar
Levring av tørrbulk til og fra fartøy	5" rør	6" rør, og bedre rørkonfigurasjon	Økning i teoretisk leveringsrate på 72 %
Lager	1 lager i Dusavik + 1 fjernlager	1 lager i Dusavik, lagring på bulktank	-Årlig besparelse: 901 380 NOK
Mølle til finmaling av barytt	Bli kjøpt ferdig	Maler barytt i ny mølle	-NNV på 7 625 006 NOK (Øsebak, 2015)
Transport mellom lager og miksekar	-Avstand: 178m og 266m -Antall håndtering 7 596 per år	-Avstand: 37m -Antall håndtering 3 798 per år	- Besparelse 10 neste år: 498 407 NOK -Mindre risiko for personskader og materielle skader -Lean holdning i lager
Agitering	- «Tilfeldig» laget miksekar, stoppere og agitator. -Størrelse: 40m3	-3D analysert miksekar, agitator og stoppere -Størrelse: 60m3	-Bedre mikseprosess og mindre utfelling -Motorkraft redusert med 3-4 ganger -Kan mikse en batch på kortere tid
Share prosess	Share unit 1 dyse	Share unit 4 dyser eller In-line mikser	Share: NNV på 19 091 931 NOK Eller In-line: NNV på 20 190 611 NOK, og ingen område med høyt trykk

8. Diskusjon

I dette kapittelet blir analyser, resultater og forhold knyttet til Dusavik LMP diskutert. Formålet er å drøfte usikkerheter og risikoer rundt analysemetoder og resultater, samt å gi et bedre og mer helhetlig bilde av faktorer som påvirker optimalisering og effektivisering av driften.

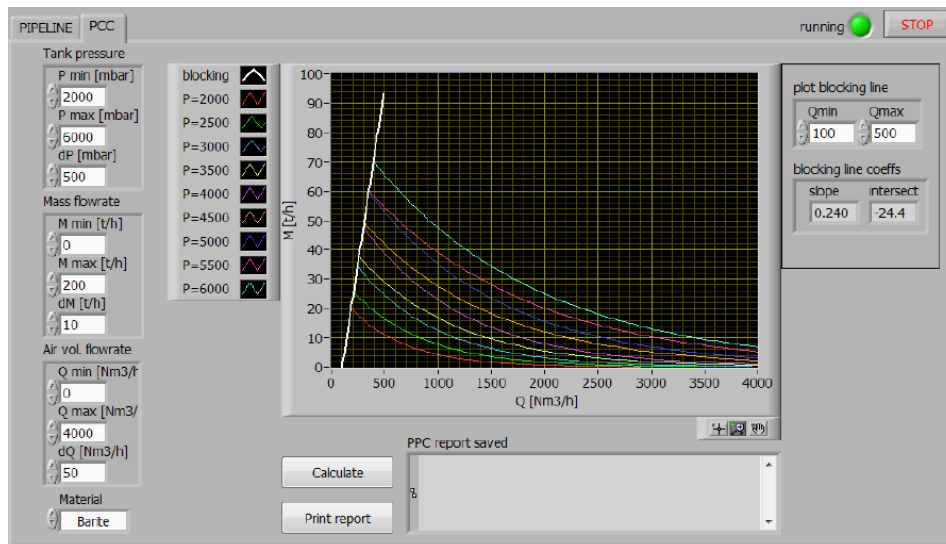
8.1. Tørrbulk transport

Analyseprogrammet PneuDesign som ble brukt til å analysere parameterne i forbindelse med transport av tørrbulk, har noen usikkerhetsmomenter knyttet til seg. For det første er programmet basert på tester av en type barytt. Dette gjør at en endring i materialets karakteristikk, diskutert i kapittel 2.2.2, kan påvirke resultatet i stor grad. En annen årsak til usikkerheten knyttet til PneuDesign, er at det ble brukt en forenklet versjon av programmet i denne oppgaven. Fullversjonen er en kommersiell vare som har blitt utviklet over flere år.

Analysen er veldig teoretisk, men gir fremdeles et godt bilde på hvilke leveringsrater som er oppnåelige med dagens kompressor. Videre kan økningen i teoretisk leveringsrate sammenlignes med dagens målte gjennomsnittsrater. Ved å gjøre dette kan det estimeres en reell rate ut i fra forholdet mellom 5" og 6" rør. Ved å gjøre dette får vi en estimert rate på ca. 80 tonn/time (dagens gjennomsnitt* forhold mellom 5" og 6" rør). 80 tonn/time forutsetter at tapet som følge av rørkonfigurasjon og andre forhold er nøyaktig det samme for 5" og 6" rør. Når nødvendig trykk og luftmengde ikke viser seg å være lik for 5" og 6" rør, burde kompressoren oppgraderes.

Utover rørlengden som diskuteres er det også rør på fartøyet som skal transportere pulver internt på fartøyet. Dimensjon av rørlengden på fartøy vil påvirke leveringsevnen i stor grad, spesielt når den blir snevret ned fra 6" ved basen til 4" på fartøy. Innsnevringen vil kunne ødelegge flyten i røret, og plugge seg (Ratnayake, 2005).

I følge Tel-Tek er det nødvendig med korrekt kombinasjon av trykk og luftmengde for å oppnå ideell leveringsrate. Når rørdimensjonen øker synker friksjonen i røret, dette gjør at nødvendig trykk reduseres og nødvendig luftmengde øker for å opprettholde leveringsraten. Dette betyr at dersom man øker fra 5" rør med 150 tonn/time til 6" med 150 tonn/time, vil nødvendig mengde luft øke samtidig som nødvendig trykk synker. Årsaken til dette er at det blir et større areal i røret som må dekkes av luftmengden for å opprettholde flyten til pulveret. Figur 39 viser et eksempel fra fullversjonen av PneuDesign. Her kan man se at for mye luft kan føre til en lavere leveringsrate. For høyt trykk og for stor luftmengde vil også føre til unødvendig nedslitning av systemet, da mud fungerer som et sandpapir på rørene.



Figur 39 Utklipp fra fullversjon PneuDesign

For å opprettholde trykket i rørene kan det være nødvendig med hjelpeluft. Hjelpeluft burde plasseres under røret for å ikke skape turbulens, slik at pulveret «flyter» på luften. I forbindelse med svinger, burde hjelpeluft plasseres *før* svingen for å opprettholde farten gjennom dem (Ratnayake, 2005). Hvor ofte hjelpeluft burde tilføres finnes det lite forskning på, dette vil være avhengig av hvilke egenskaper pulveret har og rørkonfigurasjon.

Ved å sammenligne hva det koster å ha et fartøy til kai i noen ekstra timer per tur og eventuelle kostnader ved forsinkelser, blir engangsinvesteringen sannsynligvis liten. I tillegg til mulige ekstra kostnader ved forsinkelser, settes Halliburton i et dårlig lys dersom de ikke klarer å levere til angitt tid. Noe som kan føre til at de mister kunder. Dusavik skal i tillegg bli hovedbase for finmalt barytt, som gjør at mengdene som transporteres vil øke sammenlignet med dagens mengder.

8.2. Agitering i miksekar

Oppgradering av agitator vil følgelig gjøre mikseprosessen bedre. Analysene som er gjort gir et klart bilde på hvor mye større teoretisk hastighet væsken vil ha i tanken. Høyere hastighet gir bedre sirkulasjon, og dermed bedre miksing. Hvor mye bedre er vanskelig å bestemme, da programmet er teoretisk og kun sammenligner teoretiske forhold. Dette gjør det vanskelig å si eksakt hvor mye tid eller hvor mye penger Halliburton sparer på å installere nye agitatorer.

Agitatoren og tanken som ble brukt i analysen tilsvarer ikke tankene i Dusavik. Dette gjør at resultatet ikke er knyttet direkte til mikseanlegget i Dusavik. Hovedmålet med analysen er å illustrere hvor stor forskjell det er mellom et anlegg som er «tilfeldig» laget, sammenlignet med et teoretisk godt anlegg. Med «tilfeldig» anlegg menes en sammensetning av tank, agitator og stoppere som ikke er utformet ved hjelp av analyser og kalkulasjoner. Dagens anlegg i Dusavik er i denne kategorien. Et teoretisk godt

anlegg er designet ved hjelp av beregninger og analyser, for å oppnå optimal sirkulasjon og minimal utfelling.

Dette gjør at Halliburton kan optimalisere og effektivisere sin mikseprosess i Dusavik ved å gjennomføre beregninger og CFD-analyse av tanker, agitator og stoppere. Dette anbefales på det sterkeste da Halliburtons anlegg er på tilnærmet samme nivå som den dårligste tanken i analysen.

En tilpasset agitator vil trenge en 3-4 ganger mindre motor sammenlignet med dagens løsning. Bedre sirkulasjon og mindre strøm forbruk, som følge av mindre motor, vil føre til reduserte strømkostnader totalt for Halliburton.

Når miksekarene oppgraderes fra 40m³ til 60 m³ vil Halliburton dra nytte av stordriftsfordeler. Dette betyr at man kan mikse en større total mengde mud på kortere tid og med mindre utgifter.

Halliburton anbefales på det sterkeste å gjennomføre analyser av fremtidige tanker for å optimalisere og effektivisere mikseprosessen. Det er viktig at utstyret er tilpasset væsken som skal mikses. Dersom «feil» løsning velges kan det være nødvendig med en 3-4 ganger større moter, i tillegg til dårligere sirkulasjon.

8.3. Sharing

Diskusjonskapittelet om Sharing er delt opp i tekniske vurderinger, vurdering av økonomisk analyse og oppsummering med anbefalt valg av share prosess. Kapitlene tar for seg momenter knyttet til analyser og tekniske utfordringer.

8.3.1. Tekniske vurderinger

Dagens share prosess kan defineres som en flaskehals når man ser på den totale mikseprosessen. En av årsakene til dette er at share prosessen gjennomføres på et gitt tidspunkt i prosessen. Dette gjør at videre prosess, som er å levere til fartøy, venter på at borevæsken skal bli ferdig sheared. Som følge av dette er det ønskelig å minimere tiden det tar å share mud, da det vil føre til kortere total miksetid.

De to alternativene som er aktuelle som fremtidig share prosess er veldig forskjellige. Alternativ 1 er en Leep enhet som fungerer på samme måte som dagens enhet. Alternativ 2 er en lite utprøvd In-line mikser. Alternativ 1 fører til en teknisk endring, som videre gir høyere teknisk effektivitet, som forklart i kapittel 0. Alternativ 2 kan omtrent regnes som en ny metode å løse et problem på, altså innovasjon. Metoden som brukes for å share mud i alternativ 2 er såkalt prosessinnovasjon, der metoden produkt blir fremstilt på endres, uten at sluttproduktet er forandret.

Alternativ 1:

Leep enheten fungerer på samme måte som dagens løsning, der nødvendig trykk blir laget av den samme pumpeenheten. Den eneste forskjellen er at antall dyser økes fra 1 til 4 stk. Dette gjør at borevæsken på et estimert år kan shares på 375 timer i stedet for 2 154 timer. I den daglige driften betyr dette at det går over fem ganger raskere å share borevæsken med Leep enheten sammenlignet med dagens enhet.

Den reduserte operative tiden for pumpeenhet betyr at alle farer og risikoer knyttet til HMS reduseres med en faktor på over 5. Dette inkluderer tiden operatørene utsettes for støy og dieselryk fra motorenheten, som igjen minsker faren for hørsel- og lungeskader. Tiden operatørene befinner seg i risikoområde med svært høyt trykk blir også mindre. Mindre tid i og rundt et høytrykksområde betyr mindre risiko for personskader. I tillegg vil operasjoner som normalt forgår rundt Leep enheten bli mindre påvirket, da området er avsperrert færre timer per år. Når motorenheten brukes mindre timer per år, vil trolig vedlikeholdskostnadene per år også reduseres.

Den økte share hastigheten kan også påvirke antall overtidstimer som blir fakturert i løpet av et år. Dersom en batch må leveres med kort leveringstid, skal borevæsken *shares* uansett hva klokken er, og uansett hvor lenge operatørene har vært på jobb. En batch med dagens share-enhet som tar ti timer, vil med Leep enheten shares på ca. to timer. Den reduserte tiden, reduserer også risikoen for overtidstimer og nattarbeid.

I fremtiden vil det kanskje være mulig med flere dyser i share-enheten, som gjør at share prosessen går raskere. På dagens marked er dette ikke tilgjengelig. Dersom prosjektet ikke implementeres med det samme, burde muligheter for dette undersøkes.

Alternativ 2:

En elektrisk motor driver In-line enheten, enheten plasseres i sirkulasjonslinjen som er tilkoblet miksekaret. Dette gjør at røykutslipp forsvinner, og lydnivået minimeres ved å plassere el-motoren i et kabinett. Videre gjør dette at risikoen for lunge- og hørselskader grunnet støy og dieselryk forsvinner, samtidig som prosessen blir mer miljøvennlig. I likhet med Leep enheten vil også In-line enheten bruke mindre tid på å share årlig mengde mud. Som nevnt tidligere minimerer dette sannsynligheten for overtidstimer og nattarbeid. Ved oppstart av share prosessen vil det heller ikke være nødvendig med en like lang og omfattende pre-work sjekk før operasjonen startes. Ved bruk av In-line mikser er det viktigere med kontinuerlig vedlikehold, slik det er beskrevet i kapittel 4.2.5 om *Total Productive Maintenance*.

Nødvendig areal på basen reduseres fra 30m² til rundt 4 m² ved å bytte til In-line mikser. Dette inkluderer motorenhet på ca. 25 m², i tillegg til dagens share-enheten som trenger ca. 5m² inkludert rør. Avsperring av området vil ikke lenger være nødvendig da In-line mikseren drives med lavt trykk. Dette fører til mindre konsekvenser dersom noe går galt, og risikoen knyttet høytrykk operasjoner forsvinner. Når det ikke er høytrykk tilstede, vil også en av operatørene kunne utføre andre oppgaver

når borevæsken shares. Ved dagens situasjon er det grunnet HMS nødvendig å være to operatører tilstede når share-enheten opererer med høyt trykk.

Ved bruk av en In-line mikser er det flere usikkerheter knyttet til driften og sluttproduktet som leveres. Først og fremst er det en lite utprøvd metode. De få plassene Halliburton har prøvd In-line mikser globalt, finnes det tilnærmet null tilbakemeldinger angående drift og vedlikehold. Videre gjør dette det vanskelig å konkludere om det er mulig å bruke denne lav-trykks metoden for å share mud. Med holdningen «vi har alltid gjort det sånn» har det vært liten vilje til å prøve noe nytt, selv om det ikke dokumentert at det er nødvendig med høyt trykk for å oppnå ønsket emulsjon. Årsaken til dette kan være en generell holdning i oljebransjen om at måten vi gjør ting på i dag er den beste. Dette er det motsatte av *kaizen* i Lean filosofien, forklart i kapittel 4.2.4, som betyr å ha kontinuerlig forbedring.

En In-line mikser i Storbritannia, i Halliburton ble kjørt til den stoppet helt opp. Dette kan tyde på flere ting, enten er enheten ikke tatt godt nok vare på, eller er det ikke mulig å share borevæske gjennom den. Følgelig vil enheten bli ødelagt dersom den ikke tas vare på. Hvor fort dette skjer vil være avhengig av hvilke egenskaper borevæsken som blir kjørt gjennom har og hvor ofte det blir gjennomført vedlikehold. Barytt og andre vektmaterialer sliter ned enheten i størst grad. Dette er årsaken til den store spredningen i vedlikeholdsintervallet i Monte-Carlo simuleringen gjennomført i økonomisk analyse. Dersom det er mulig å share borevæsken før vektmaterialene tilsettes vil vedlikeholdsraten sannsynligvis synke betraktelig. Dette er anbefalt på interne forum i Halliburton, men er i liten grad dokumentert. Det anbefales derfor at det utføres tester for å få et bilde over hvor ofte vedlikehold må gjennomføres, spesielt med tanke på forskjell i vedlikeholdsraten ved borevæsker med, og uten vektmateriale. Analysene burde også gi tilbakemelding om det er mulig å share mud uten høyt trykk. Etter testing og vanlig drift av enheten vil det være mulig å redusere anbefalt vedlikeholdspakke fra leverandør. Da Halliburton vil få en oversikt over hvilke deler som blir slitt oftere enn andre.

8.3.2. Vurdering av økonomisk analyse

Når en businesscase gjennomføres er det usikkerhet rundt fremtidig kontantstrøm, NNV og IRR, fordi flere inputs er estimerte verdier. For å finne ut hvilke og hvor mye de forskjellige faktorene påvirker kontantstrømmen, blir det gjennomført flere analyser i dataprogrammet Excel. Ved usikkerhet rundt en faktor er triangulær sannsynlighetsdistribusjon brukt, da man kun trenger min, maks og antatt gjennomsnittsverdi av faktoren. Ved dieselbruk vil dette for eksempel si at man bruker min, maks og gjennomsnittspris fra de siste 10 årene. Dagens enhet sammenlignes med to alternativer, der det kun er mulig å implementere et av dem.

Mengden mud som blir mikset per år er avhengig av aktiviteten på norsk sokkel, som endres av den varierende oljeprisen. Ingen kan med sikkerhet si om oljeprisen vil gå opp eller ned. Dette fører til en relativt stor usikkerhet rundt endringen i mud som mikses av Halliburton de neste åtte årene. I verste fall vil oljeprisen falle ytterligere, noe som vil påvirke etterspørselen av mud. Dette kan føre til en

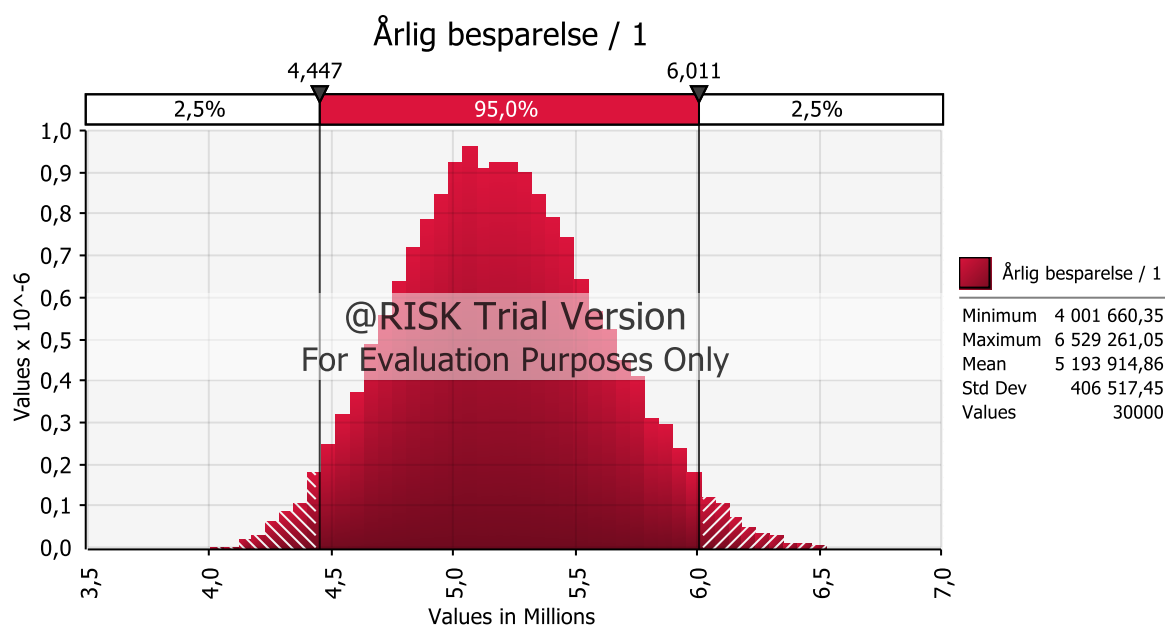
minimumsverdi på -10 % per år. Halliburtons prognoser tilsier en økning på 5 % per år, da kunder har antydnet at de vil fortsette å bruke Halliburtons produkter. Dersom alt skulle gå Halliburtons vei med tanke på å produsere mest mulig mud, kan man anta en økning på 25 % per år. Dette kan skje dersom Halliburton får flere kontrakter, og oljeprisen stiger betraktelig.

Pumpeenheten som driver dagens share-enhet blir drevet av en dieselpumpe, dette gjør at en endring i dieselpriis vil påvirke den årlige kostnaden. Dieselpumpen bruker som nevnt tidligere 120 liter per time. Både min og max verdi av dieselpriis er hentet fra perioden 2000-2015, trolig verdi er satt til gjennomsnitt fra samme periode.

Usikkerhet rundt årlig vedlikeholdskostnader antas å vær relativt lik fra år til år, da dette er hentet inn over en lengre periode og fra flere like enheter. Endring i lønn for personell blir justert uten store og overraskende endringer.

Videre blir årlige kostnader knyttet til dagens enhet betegnet som årlig besparelse for alternativ 1 og 2.

For å vurdere hvilken effekt endring i mud mikset og dieselpriis har på årlig kostnad/besparelse ble det gjennomført en Monte Carlo simulering ved bruk av @Risk. Det ble kjørt 30 000 simuleringer. Figur 40 viser hvor 95 % sannsynlighetsintervallet for årlig besparelse vil ligge innenfor i år 1. Det vil si at besparelsen vil være mellom 4,447 og 6,011 millioner med 95 % sikkerhet i år 1. Intervallet er relativt lite sammenlignet med samme type intervall i år 8, som strekker seg fra 2,2 til 35, 3 millioner. Dette viser hva en liten endring i inputs kan gjøre med den årlig besparelse.

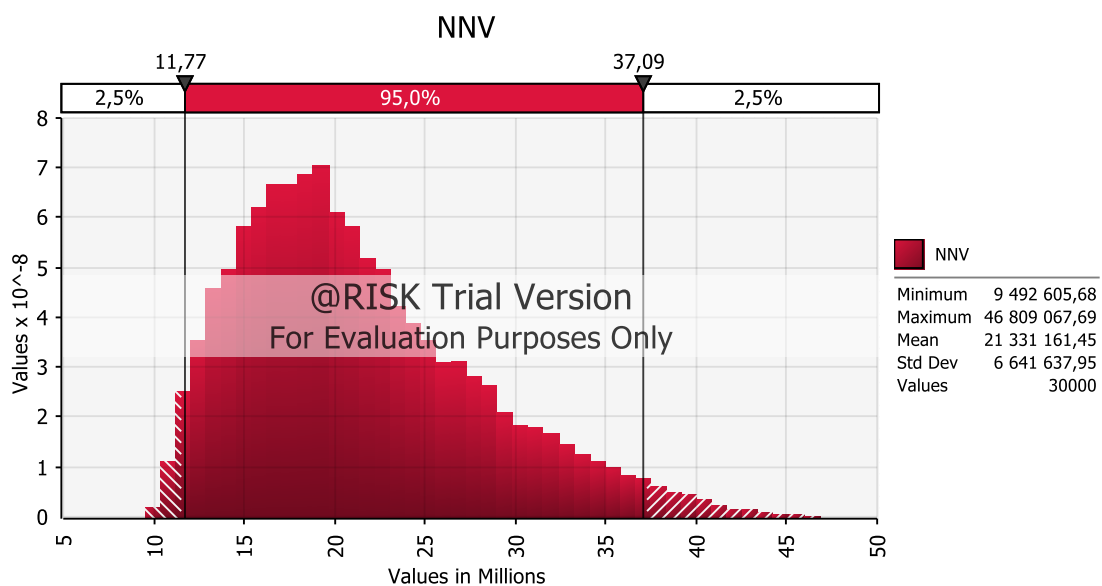


Figur 40 Årlig besparelse år 1, dagens share-enhet beregnet med @Risk

Alternativ 1:

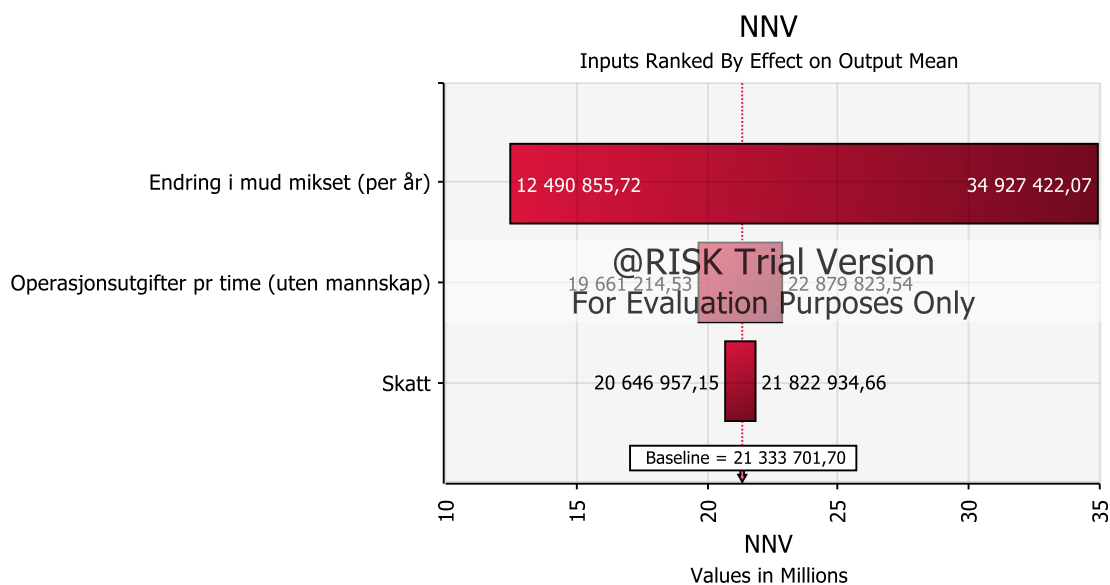
Ved beregning av NNV for Leep enhet, påvirker både dieselpriis og endring i mud mikset resultatet. I tillegg kan endring i norsk lov gjøre at skattesatsen påvirker NNV verdien. Når prosjektet strekker seg over 8 år er det naturlig å anta at endringene i skatteraten ikke er veldig store. I prosjektets levetid ble det estimert at skattesatsen ikke senkes lavere enn til 25%, og ikke høyere enn til 30 %.

Fra simuleringer i @Risk vist i Figur 41, kan vi se sannsynlighetsfordelingen til Leep enhetens NNV. Ved «worst case scenario» vil NNV være 9 492 605 NOK med en IRR på 688 %, «best case scenario» vil gi en NNV på 46 809 067 NOK med en IRR på 1166%. IRR beregninger og forklaringer av utregninger er gitt i vedlegg F. Det store intervallet viser viktigheten av validiteten og nøyaktigheten til inputs, samt hvor stor usikkerhet det er ved beregning av fremtidig kontantstrøm.



Figur 41 Leep enhet sannsynlighetsfordeling NNV

For å få et bilde av hvilke faktorer som er avgjørende i endringen av NNV, er det gjennomført en regresjonsanalyse i @Risk. Figur 42 viser forholdet mellom gjennomsnittlig NNV og hvor mye endringer i inputs endrer NNV. Fra figuren kan vi se at endring i årlig mengde mud mikset er den mest avgjørende faktoren. Dersom økningen i mud mikset er maksimal i årene fremover vil prosjektet få en NNV på nesten 35 millioner NOK. Dette betyr at dersom det skal investeres mer tid i analyse av inputs for å få et bedre resultat, burde endring av mud mikset per år velges først. Da denne påvirker Leep enhetens NNV i størst grad. Dette kan gjøres ved å gjennomføre dypere analyser av markedet, samt Halliburtons situasjon i markedet.



Figur 42 Regresjonsanalyse av NNV til Leep enhet

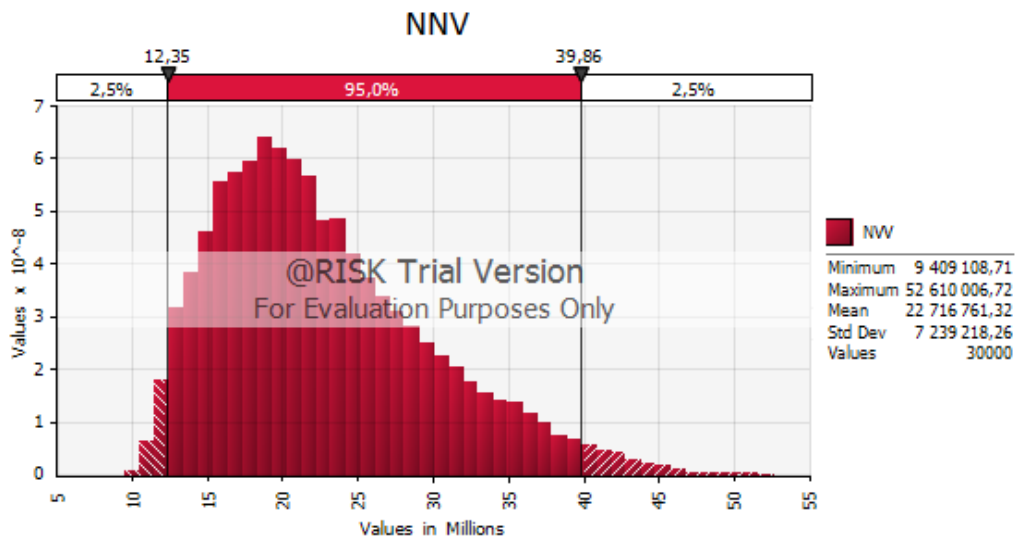
Alternativ 2:

Ved beregning av NNV for In-line mikser er det usikkerhet rundt flere input variabler, sammenlignet med alternativ 1. Endring i mud mikset per år, dieselpriis og skattesats vil påvirke besparelsen ved dagens løsning. I tillegg kommer vekslingskurs mellom GBP og NOK, strømpris og vedlikeholdsintervall per år. Vekslingskursen påvirker fremtidige utgifter, og dermed fremtidig kontantstrøm, da utstyret til vedlikehold må kjøpes fra England. Maks, min og gjennomsnittlig vekslingskurs er hentet fra de siste 15 årene.

Halliburtons strømvatle kan endres dersom aktiviteten på Dusavik LMP går opp eller ned, eller ved endring i strømmarkedet generelt. Strømutgifter er hentet internt hos Halliburton.

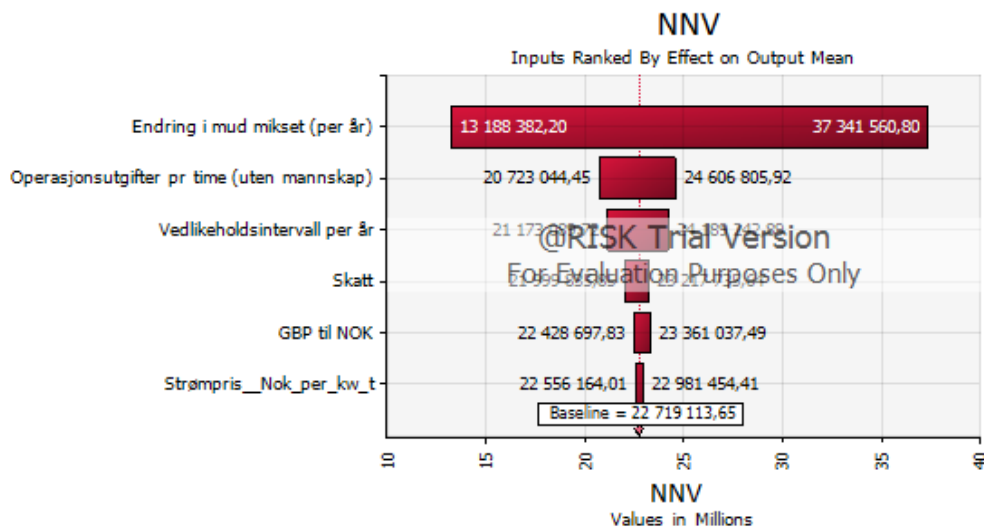
In-line mikser er som nevnt tidligere lite utprøvd i olje og gass industrien, dette gjør at vedlikeholdsintervall raten er relativt ukjent. På bakgrunn av dette settes maks antall vedlikehold i løpet av et år til den veldig høye verdien 12, dette for å garantere at korrekt verdi er innenfor intervallet. Min verdi er satt til 0,2 vedlikehold per år, og mest sannsynlig årlig verdi er satt til 3.

Sannsynlighetsfordelingen knyttet til In-line mikserens NNV er vist i Figur 43. Ved «worst case scenario» kan man se at NNV vil være 9 409 108 NOK med en IRR på 352 %, «best case scenario» vil gi en NNV på 52 610 006 NOK med en IRR på 706 %. (IRR kalkulasjoner er vist i vedlegg F). Sannsynlighetsintervallet NNV verdien strekker seg over er veldig bredt her også, som i alternativ 1. Dette gjør at det er svært viktig å sikre validiteten til de forskjellige inputs som blir brukt.



Figur 43 In-line mikser sannsynlighetsfordeling av NNV

Regresjonsanalyse av In-line mikserens NNV gitt i Figur 44, viser også at endring i mud mikset har størst påvirkning på In-line mikserens NNV. Hvor ofte det blir gjennomført vedlikehold har relativt stor påvirkning på NNV. Denne verdien kan videre anslås med større sikkerhet etter fysiske tester er utført, slik det er diskutert i teknisk vurdering. Ellers kan man se at de andre inputene har relativt liten påvirkning på NNV sammenlignet med endring i mud mikset.



Figur 44 Regresjonsanalyse av NNV til In-line mikser

Sammenligning av alternativene

Tabell 24 sammenligner NNV og IRR til Leep enheten og In-line mikseren. Man kan se at minimum NNV verdiene er tilnærmet like, dette tilsier at i «worst case» vil begge prosjektene ha tilnærmet samme nåverdi. IRR er høyere i alternativ 1, da investeringskostnaden er vesentlig mindre for dette prosjektet sammenlignet med alternativ 2. Gjennomsnittlig NNV er høyere i alternativ 2, dette gjør at prosjektet i gjennomsnitt vil ha en høyere nåverdi med de gitte input verdiene. I tillegg har alternativ 2 en høyere maks NNV sammenlignet med alternativ 1. Det gjør at ved «best case scenario» vil NNV være omtrent 5,8 millioner høyere med alternativ 2.

Tabell 24 NNV og IRR sammenligning av share prosesser

	Alternativ 1: Leep	Alternativ 2: In-line
Min NNV	9 492 605	9 409 108
Mean NNV	21 331 161	22 716 761
Maks NNV	46 809 067	52 610 006
Mean IRR	913 %	557 %
Hovedfaktorer	Endring i mud, dieselpris	Endring i mud, antall vedlikehold, dieselpris

Det er kun mulig å velge ett av alternativene, da de er gjensidig utlukkende. Grunnen til dette er at begge prosjektene skal utføre samme arbeidsoperasjon.

Ved valg av prosjekt kan det oppstå diskusjoner når det ene alternativet har høyest IRR og det andre har høyest NNV. Fra kapittel 3.1 om netto nåverdi vet vi at dersom NNV er lik for to prosjekter burde man velge prosjektet med lavest investeringskostnad. Når alternativ 2 har en NNV som er nesten 1,4 millioner høyere sammenlignet alternativ 1, burde alternativ 2 prioriteres. Selv om alternativ 1 har lavere investeringskostnad og dermed høyere IRR, vil en høyere NNV være bedre for Halliburton som selskap. Det vil si at Halliburton burde implementere alternativ 2 ut fra tilgjengelig informasjon om prosjektenes NNV og IRR.

Videre er diskonteringsrenten diskutert i kapittel 3.1.1, en viktig faktor som må tas hensyn til. Diskonteringsrenten skal gjenspeile risikoen og usikkerheten som er knyttet til prosjektet. Ved beregninger av netto nåverdi av både alternativ 1 og alternativ 2 er Halliburtons diskonteringsrente på 11 % brukt. Denne renten brukes globalt, og tilsvarer selskapets egen risiko. Det er vanskelig å si om alternativene som er diskutert har samme risiko og usikkerhet som selskapet selv. Det er mulig at alternativ 2 har større usikkerhet, og dermed høyere diskonteringsrente enn alternativ 1, da In-line miksing er lite utprøvd. Diskonteringsrentens påvirkning på NNV er illustrert i kapittel 3.1.1. Dersom det er ønskelig med en dypere analyse av alternativene på økonomisk grunnlag burde diskonteringsrenten beregnes for hvert av alternativene.

8.3.3. Oppsummering og valg av Share-enhet

Både Leep enhet og In-line mikser vil forbedre HMS forholdene ved Dusavik LMP. Ved installasjon av Leep enhet er det liten risiko knyttet til operasjonen da den vil være tilnærmet lik dagens situasjon. In-line mikser derimot har et relativt stor usikkerhetsmoment rundt drift og vedlikehold i den daglige driften, da metoden er lite dokumentert og utprøvd.

I økonomisk lys er In-line mikser førstevalget, da den har en estimert gjennomsnittlig NNV som er 1,4 millioner høyere sammenlignet med Leep enheten. Her er det viktig å påpeke at risikoen er antatt lik for begge prosjektene. En endring i diskonteringsrenten (risiko) kan endre utfallet betraktelig. Faktoren som påvirker NNV i størst grad i begge alternativene, er endring i mud mikset per år.

Det meste tyder på at In-line mikser er det beste alternativet dersom alt fungerer som det skal. Da dette er usikkert, er det anbefalt å gjennomføre tester av enheten. Testene burde kontrollere om enheten sharer borevæsken like godt som dagens share-enhet. I tillegg burde vedlikeholdsraten estimeres for å minimere usikkerheten rundt årlig vedlikeholdskostnad.

8.4. Plassering av miksekar, avstand til lager og lagerhold

Ved å flytte miksekarene innendørs i samme bygning som lageret, vil sløsing i form av bevegelse minimeres. Vær og vind vil ikke påvirke mikseprosessen, som fører til et mer standardisert sluttprodukt. På kalde dager vil seig masse, som er en flaskehals, ikke ta like lang tid å tilføre miksen. Da den vil holde samme temperatur som lageret hele året. I dagens situasjon blir den viskøse massen kjølt ned når den skal opp i miksekaret fordi den står ute. Viskøs og dermed treig masse, kan sammenlignes med tjære eller honning. Jo kaldere de er, jo lenger tid tar det å pumpe ut av en IBC tank. De mest viskøse væskene kan ta 8-10 timer å pumpe ut av en IBC tank (Aanes, 2016). Mindre variasjon som følge av standardisering og mindre påvirkning fra andre faktorer som vær og vind, gjør at ressurseffektiviteten blir høyere, ref. kapittel 4.1.3 om flaskehals. Dette gjør at sluttproduktet vil få en jevnere og bedre god kvalitet.

8.4.1. Truck

Med dagens løsning må trucken forbi en av hovedveien ved Dusavik LMP hver gang den skal til og fra lageret, samt den må rundt minst 3 hjørner. Ved ny løsning unngår man begge deler, dette gjør at risikoen ved truckkjøringen minimeres. Ny rute er kun i Halliburtons egen bygning og blir ikke påvirket av andre selskaper. Dette gjør at risikoen for kollisjoner og sammenstøt med mennesker og utstyr minimeres. Risikoen i sammenheng med antall håndteringer minimeres også, da de halveres. Dette gjør at ansatte er mindre utsatt for skader, og det er mindre sannsynlighet for materielle skader. Videre

burde Halliburton undersøke om det er lønnsomt å investere i en el-truck. I en lagerhall vil det ikke være gunstig med en dieseltruck for de ansattes helse.

Årlig endring i mud mikset, gjennomsnittsfart på truck og ekstra sekunder per hjørne påvirker besparelsen flytting av miksekar vil ha. Ved å legge inn verst mulig scenario blir netto nåverdien til besparelsen ved 8 års drift 153 074 NOK. I «best case scenario» vil besparelsen være 1 856 847 NOK. Estimert gjennomsnittlig NNV av truckbesparelse de neste 8 årene vil være 547 577 NOK. Det gjør det mulig å konkludere med at Halliburton vil spare penger uansett når miksekaret flyttes. For å se hvilke faktorer som påvirker resultat ble det gjennomført en regresjonsanalyse. Fra analysen gitt i vedlegg D, kan man se at endring i mud mikset påvirker resultatet i størst grad, deretter gjennomsnittshastighet og til slutt antall sekunder ekstra for hvert hjørne. @Risk inputs, sannsynlighetsdistribusjon og NNV verdier er vist i vedlegg D.

8.4.2. Lagerhold

Et av hovedprinsippene i *Just in Time* planlegging er å minimere lagerplass. For mange eller for store lager, er en unødvendighet. Det fører til kostnader knyttet til lagerstyring, samt at kapital blir bundet. Dersom Halliburton kan kvitte seg med fjernlageret ved å lagre pulver på bulk tanker, kan produktiviteten økes og kapital frigis til andre prosjekter.

Ved å kvitte seg med fjernlageret vil Halliburton ha høyere risiko for å fylle opp lageret. Dersom lageret blir fullt, må Halliburton betale straffegebyr for å lagre produktene en annet sted. Dette gjør at det er svært viktig med JIT planlegging. Det må planlegges slik at kun produkter som skal brukes i nær fremtid befinner seg på lageret, samt at big bags fortløpende blir kuttet til bulk tanker. For å få til dette, må det være god kommunikasjon innad i Halliburton, og operatørene må være klar over viktigheten av kutting. Dersom operatørene ikke har «ekstra» tid mellom hver miks til kutting av big bags, kan de bruke den oppsparte tiden som kommer av mindre tidsbruk på truckkjøring. Dette gjør at den oppsparte tiden som resultat av kortere kjørerute for truck, blir brukt til verdiskapning for Halliburton.

Bulk tankene som brukes til lagring oppgraderes for å utnytte plassen bedre, og for å dra nytte av stordriftsfordelene på hele anlegget. Dette gjør at det er flere tanker som er ledige til pulver. I fremtiden burde det analyseres om det vil være gunstig å lagre flere pulvertyper på bulk tanker, i tillegg til Barytt-UF, som tidligere ble lagret i big bags. Ved å ha produkter i bulk tanker blir mikseprosessen enklere og mindre tidkrevende. Årsaken til dette er at man slipper å kutte big bags når pulveret skal brukes, fordi man kan blåse pulveret direkte fra bulk tankene inn i sirkulasjonslinjen. Noen typer pulver vil det ikke være mulig å lagre på tank, da det er mulighet for at de «pakker» seg sammen når de lagres over lengre tid.

For å spare enda mer tid på truckkjøringen burde varer som brukes oftest plasseres nærmest miksekarene internt på lageret. Dette gjør at operatørene må kjøre en kortere avstand når «normale» produkter blir brukt. Dette kommer inn under 5S, som går ut på hva, hvor og hvordan produkter som

skal lagres. Videre må produkter som ikke brukes sorteres vekk, da det over tid vil føre til at man trenger mer lagringsplass.

8.5. Oppsummering av anlegget

For å oppnå optimal effektivitet i Dusavik må operatørene være pådrivere i søken etter en bedre metode å løse problemer på. Halliburton må skape en kultur der folk får et eierskap til utstyret de bruker, og produktene de lager. Det må ikke være slik at operatørene unnlater å rapportere uønskede hendelser fordi det gir dem et dårlig rykte, eller ekstra arbeid. Ifølge Lean filosofien må rapportering av hendelser skje for å kunne for unngå at hendelsene gjentar seg. Over tid vil Halliburton spare seg for flere unødvendige feil, mangler og skader.

Tabell 25 viser en forenklet verdistrømkartlegging av de fleste operasjonene i dagens løsning og ny løsning. Operasjoner og utstyr som er dypere analysert i oppgaven er fremhevet. Tabellen gir en god oversikt av endringene som fører til forbedringer ved anlegget.

Tabell 25 Sammenligning av dagens prosess og ny prosess, Dusavik LMP

Operasjon	Dagens Prosess	Den nye prosessen	Kommentar
Levring av tørrbulk til og fra fartøy	5" rør	6" rør, og bedre rørkonfigurasjon	Økning i teoretisk leveringsrate på 1,72 ganger dagens løsning
Lager	1 lager i Dusavik + 1 fjernlager	1 lager i Dusavik, lagring på bulk tank	-Årlig besparelse: 901 380 NOK
Kapasitet bulk tanker	6 280 m ³	13 460 m ³	-Bedre utnyttelse av tilgjengelig areal
Mølle til finmaling av barytt	Blir kjøpt ferdig	Maler barytt i ny mølle	-NNV på 7 625 006 NOK (Øsebak, 2015)
Transport mellom lager og miksekar	-Avstand: 178m og 266m -Antall håndtering 7 596 per år	-Avstand: 37m -Antall håndtering 3 798 per år	- Besparelse 10 neste år: 498 407 NOK -Mindre risiko for personskader og materielle skader -Lean holdning i lager
Transport via rør rundt på basen	4" og 5"	6"	-Raskere transport rundt på anlegget
Inn-miksing via hopper/venturi	-Forgår ute, kan påvirkes av værforhold. -Mye fysisk arbeid for operatører	-Kontrollert miksing inne -Sekkeløfter og avtrekk for støv	-Mindre variasjon, gir et mer standardisert produkt -Mindre ergonomiske skader -Mindre risiko for lungeskader
Agitering	- «Tilfeldig» laget miksekar, stoppere og agitator. -Størrelse: 40m ³	-3D analysert miksekar, agitator og stoppere -Størrelse: 60m ³	-Bedre mikseprosess og mindre utfelling -Motorkraft redusert med 3-4 ganger -Kan mikse en batch på kortere tid
Sirkulasjonslinje	- 5" og 6"	6"	-Raskere innmiksing
Share prosess	Share unit 1 dyse	Share unit 4 dyser eller In-line mikser	Share: NNV på 19 091 931 NOK Eller In-line: NNV på 20 190 611 NOK, og ingen område med høyt trykk

9. Konklusjon

Gjennom oppgaven har målet vært å identifisere en forbedret prosess som skaper økt verdi samtidig som kvaliteten på sluttproduktet og HMS fordelene, er like eller bedre. Dette har blitt gjort ved å analysere og diskutere mulighetene knyttet til oppgraderinger og utbedringer rundt dagens prosess. Deretter sammenligne dem med ny prosess.

Ved å øke rørdimensjonen fra 5" til 6" mellom bulk tankene og kai 3, vil den teoretiske leveringsraten av tørrbulk øke med 72 %. I tillegg kommer økning som følge av bedre rørkonfigurasjon. På grunnlag av dette blir det konkludert med at Halliburton burde oppgradere rørdimensjonen. For å konstatere hvilken kompressor som oppnår ønsket leveringsrate, blir det anbefalt å inngå et samarbeid med Tel-Tek. De kan analysere hele rørlengden med alle eksisterende tapsmomenter over hele rørlengden.

Analysene av agitatorene viser at det er stor forskjell mellom en «dårlig» agitator og en agitator som er designet ved hjelp av beregninger og analyser. En optimalisert agitator gjør at væskestrømmen har høy hastighet og god sirkulasjon i hele tanken. Den optimaliserte agitatorene trenger også en 3-4 ganger mindre motor. Dette gjør at Halliburton anbefales å gjennomføre en CFD-analyse for å optimalisere kombinasjonen av miksekar, agitator og stoppere langs siden som skal brukes i Dusavik.

Økonomiske analyser viser at en utskiftning i metoden som blir brukt til å share mud vil være gunstig for Halliburton, i og med at begge alternativene som er analysert har en NNV på over 19 millioner NOK. In-line mikseren er det beste valget med tanke på HMS, da den drives av en elektrisk motor med lavt trykk. Dette gir en tryggere og bedre arbeidsdag for operatørene. Før en avgjørelse blir tatt må det gjøres tester for å se om In-line mikser gir samme resultat som høytrykk share metoden. Dersom den ikke gir tilstrekkelig share effekt, burde Leep enheten med fire dyser implementeres. Leep enheten vil også gi bedre HMS forhold sammenlignet med dagens løsning. Faktorene som påvirker resultat i størst grad er endring i mud mikset per år, vedlikeholdskostnader og dieselprisen.

Ved å plassere miksekarene i samme bygning som lageret, vil Halliburton teoretisk spare 498 407 NOK over de neste åtte årene. Kun ved å redusere tiden operatørene kjører truck. I tillegg vil risikoen for både person- og materielle skader synke betraktelig, da den nye kjørerute ikke inkluderer trafikkerte områder, og antall håndtering halveres. Fra analysene kan vi se at Halliburton kan spare 901 380 NOK årlig ved å kvitte seg med det eksterne lagret som er tilknyttet Dusavik LMP. Dette gjøres ved å kutte big bags med Barytt-UF til bulk tanker. For å oppnå dette er det viktig med just in time planlegging av lagerbeholdningen.

Ved å implementere ny løsning vil Halliburton få en mer effektiv og optimal prosess, som gir kostnadsbesparelse og bedre HMS forhold. I tillegg blir produktet mer standardisert, som vil kunne gi en konkurransefordel. Med bakgrunn i analysene som er gjennomført anbefales det å gjennomføre forslagene til ny løsning. Det er viktig å merke seg at det ikke er gjennomført en økonomisk analyse av hele anlegget.

10. Forslag til fremtidig arbeid

Som nevnt i diskusjonskapittelet er det flere forslag og analyser som kan gjennomføres av Halliburton for å forbedre Dusavik LMP i enda større grad.

Transport av bulk

For å få en mer nøyaktig estimering av nødvendig trykk og luftmengde for å levere ønsket rate, burde Halliburton inngå en avtale med Tel-Tek. Avtalen kan inkludere at Tel-Tek tester barytt med ønskede egenskaper og/eller gjennomfører analyser i fullversjon av analyseprogrammet PneuDesign. Det vil være gunstig å inkludere hele rørlengden fra tank til fartøy, for å få best mulig resultat. Det burde også undersøkes hvor mye endring i rørdimensjon langs rørlengden forandrer leveringsraten. Et eksempel kan være fra 6" på land til 4" på fartøy, eller 6" på land til 6" på fartøy via en 5" slange i mellom land og fartøy.

Agitering i miksekar

Miksekaret som ble analysert i oppgaven er ikke lik de i Dusavik. Det burde dermed bli gjort en fullstendig CFD-analyse av tanker, agitatorer og stoppere som skal brukes i Dusavik, for å finne en optimal løsning. Halliburton kan også undersøke om miksekaret kunne vært enda større, og dermed dratt enda mer nytte av stordriftsfordeler.

Sharing av mud

Usikkerhetsmomentene rundt In-line mikseren burde gjøres bedre kjent før det blir tatt en avgjørelse. Dette inkluderer vedlikeholdsraten, altså finne ut hvor ofte deler må byttes. Å det kanskje mest relevante, klarer lavtrykks In-line mikseren å share mud like godt som høytrykks share-enheten. Videre kan det undersøkes om det finnes andre metoder å share borevæsken på, eller om det er mulig med flere dyser.

Lagerhold og truck

Halliburton burde se på om det er kostnadseffektivt å bruke en elektrisk truck i lagerhallen, da dette vil redusere helsefaren til de ansatte. I tillegg kan det undersøkes om det er mulig å lagre flere av produktene på bulk tanker i stedet for IBC, big bags og sekker. Eller evt. fra sekker til big bags. Begge alternativene vil mest sannsynlig spare tid under mikseprosessen. Her er det også gunstig å finne ut hvilken type produkter det er mulig å lagre på bulk tanker (noen kan «pakke» seg sammen).

11. Referanser

- Aanes, E. (2016). General Formann, Halliburton Dusavik LMP. (M. Bru, Intervjuer)
- Bryman, A., & Bell, E. (2007). *Business research methods (2.utg.)*. Oxford University Press.
- Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C., & Battese, G. (2005). *An Introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer Science.
- ConceptDraw. (2015). Hentet Februar 25, 2016 fra <http://www.conceptdraw.com/solution-park/business-value-stream-mapping>
- Dennis, P. (2002). *Lean Production Simplified*. Productivity Press.
- Freitas, M. R. (2016). *Tekniske Tegninger [Internt Dokument]*. Stavanger: Halliburton.
- Graham, & Harvey. (2011). *The theory and practice of Finance: Evidence from the field*. New York.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelig metoder*. Fagbokforlaget.
- Halliburton. (2016). *Internt dokument*. Halliburton.
- Hines, P., & Rich, N. L. (1997). The Seven Value Stream Mapping Tools. I *The International Journal of Operations and Production Management*. Vol 17.1 (ss. 46-64).
- Håkstad, H. M. (2016). Procurement Contracts Specialist, Halliburton. (M. Bru, Intervjuer)
- Johannessen, A., Tufte, P., & Christoffersen. (2010). *Introduksjon til Samfunnsvitenskapelig Metode (4. Utgave)*. Oslo: AIT Otta AS.
- Leanovasjon. (2016). Hentet Mars 2, 2016 fra <http://leanovasjon.no/index.php?parID=40&pageID=41&page=Dette+er+LEAN>
- Modig, N., & Åhlstrøm, P. (2012). *Dette er Lean*. Stockholm: Rheologica publishing.
- National Oilwell. (2003). Technical Information. Texas.
- National Oilwell Varco. (2016, Mai 4). *National Oilwell Varco*. Hentet fra https://www.nov.com/Segments/Rig_Systems/Land/Drilling_Fluid_Equipment/Mud_Hoppers/Jet_Venturi_Mud_Hoppers/Jet-Venturi_Mud_Hoppers.aspx
- Ratnayake, C. (2005). *A Comprehensive Scaling Up Technique for Pneumatic Transport Systems (PhD)* (The Norwegian University of Science and Technology. utg.). Porsgrunn: Department of Technology Telemark University College.

- Ross, S., Westerfield, R., Jaffe, J., & Jordan, B. (2011). *Core principles and applications of corporate finance*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See*.
- Skretting, P. M. (2016). Technical Support, Halliburton. (M. Bru, Intervjuer)
- Solland, P. (2016). Manager Whs. Stockpoint, Halliburton. (M. Bru, Intervjuer)
- Store Norske Leksikon. (2016). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra www.snl.no
- Toyota Motor Company . (2011). *Toyota Global*. Hentet Februar 17, 2016 fra http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html
- Toyota Production System. (2010). *Toyota forkifts*. Hentet Februar 17, 2016 fra <http://www.toyota-forklifts.se/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/Toyota%20Production%20System%20Brochure.pdf>
- Øsebak, M. (2015). *Analyse for Halliburton av anlegg for finmaling av barytt til bruk i slamsystemet BaraECD*. Stavanger: Universitet i Stavanger.

12. Vedlegg

Vedlegg A- Beskrivelse av PneuDesign programmet

Beskrivelse gitt fra Tel-Tek om PneuDesign:

After an extensive scientific research program conducted at Tel-Tek, Dept. of Powder Science and Technology (POSTEC), a computer based simulation program which is based on a scaling-up technique has been developed. This simulation software, called "PneuDesign", is a standalone application that can be run from any desktop computer.

Features

PneuDesign gives information about availability of pressure of a full conveying pipeline, from supply tank to receiving tank or any other station, according to the values of the user selected conveying parameters (supply air pressure, air volume flow rate and solid mass flow rate).

The program can be used to optimise the operation of (available or tentative) pneumatic conveying system using a 'trial and error' procedure. This feature can also be used to save energy (usage of compressed air/gas) and troubleshoot common challenges in pneumatic conveying systems like product degradation, pipe erosion, pipeline blockages, etc. Also the effect of individual pipeline component (e.g., bends, valves, etc) to the system performance can be studied by virtually removing and/or adding those to the conveying pipeline configuration in a simulation process.

Basically, this program can be used to;

- *design a system to meet with required transport capacity and available compressor, blower or fan capacity (air pressure and air volume flow)*
- *upgrade an existing conveying plant (in terms of pipe length, pipe diameter, no and types of bends, etc)*
- *feasibility study when a new product is introduced into an existing conveying system*
- *optimise a conveying system (in terms of pressure drop, conveying capacity and required air volume flow rate)*
- *simulate the system performance with accessories like cyclones, air ventilation lines, pipe expanders, etc*
- *troubleshoot purposes on product degradation and pipeline erosion (This can be done by combining testing on degradation/erosion with "PneuDesign" simulation)*

Basic requirements

The scaling up approach used in this technique is based on a characterisation method of different pipeline components together with the conveying product. This has been specifically developed to tackle the typical dynamic changes of gas-solid flow within conveying pipeline under transport condition.

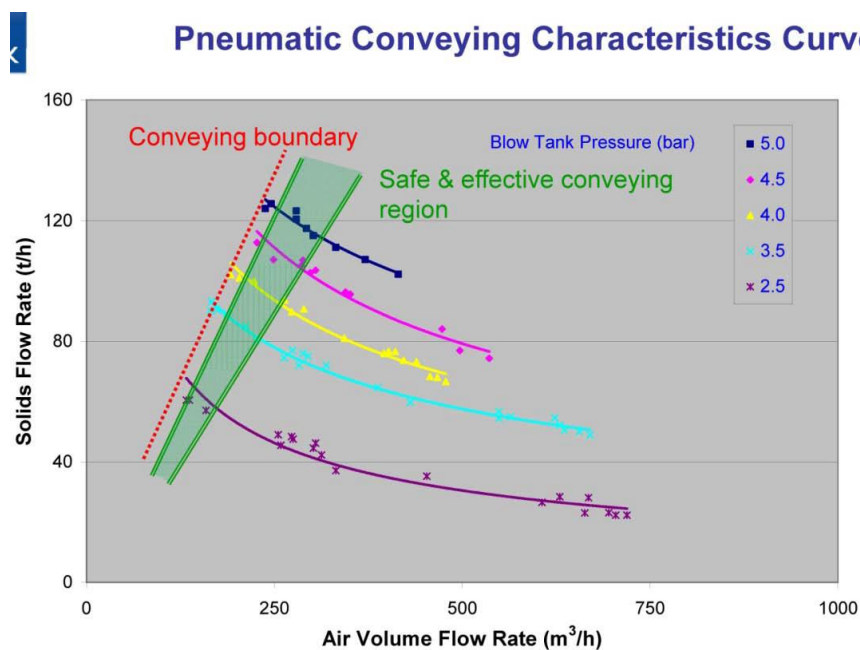
The technique is called as piece-wise scaling up of pneumatic transport system. In first place, a series of laboratory scale conveying tests with samples of different qualities is performed using a pilot scale test plant at Tel-Tek/POSTEC. The generated test data, such as pressure drops, air volume flow rate, solids flow rate, etc, for different flow conditions are input to the simulation software so that it can be used to design a reliable conveying system and optimize its performance in terms of conveying parameters.

Additional information

The final version of the simulation software will of course be subject to user specification. The basic information that can be retrieved from the simulations is the required supply air pressure and air volume flow rate for a given transport capacity of a certain product in a defined pipeline configuration.

Depending on user's requirements, more detailed information listed below can also be taken out:

- pressure profile along the pipeline under different conveying conditions
- pneumatic conveying characteristic curves (see Figure)
- energy optimal conveying region (see Figure)
- the effect of different pipeline components



Figur 45 PneuDesign conveying eksempel

Vedlegg B- PneuDesign Inputs og resultat

For å bruke programmet PneuDesign må rørlengdene formateres til et leselig format. Dette gjøres ved bruk av skjemaet vist i Figur 46. ID No; Indikerer hvilke type rør. Der 1= horisontale strekk, 2= vertikale strekk, 3= 90 graders sving med radius 1m.

Dagens rørlengde gitt i PneuDesign input er vist i Figur 46

			Inch	Inch
			5	6
section no [-]	ID no (pl see given note) [-]	Length [m]	internal pipe diameter [m]	internal pipe diameter [m]
1	1	4	0,127	0,1524
2	3	1	0,127	0,1524
3	1	28	0,127	0,1524
4	3	1	0,127	0,1524
5	2	-2	0,127	0,1524
6	3	1	0,127	0,1524
7	1	12	0,127	0,1524
8	3	1	0,127	0,1524
9	2	1,5	0,127	0,1524

Figur 46 Dagens rørlengde, PneuDesign

Ny rørlengde gitt i PneuDesign input er vist i Figur 47.

			Inch	Inch
			5	6
section no [-]	ID no (pl see given note) [-]	Length [m]	internal pipe diameter [m]	internal pipe diameter [m]
1	1	4	0,127	0,1524
2	3	1	0,127	0,1524
3	1	28	0,127	0,1524
4	3	1	0,127	0,1524
5	2	-2	0,127	0,1524
6	3	1	0,127	0,1524
7	1	12	0,127	0,1524
8	3	1	0,127	0,1524
9	2	1,5	0,127	0,1524

Figur 47 Ny rørlengde, PneuDesign

Vedlegg C- Analyse av agitering

Figur 48 viser informasjon om tanken som ble brukt i analysene tilhørende agitering. I figuren er dagens agitator oppgitt. Ved analyse av ny løsning er «agitator» det eneste som er endret. Ny agitator heter: HFL10-3GN187

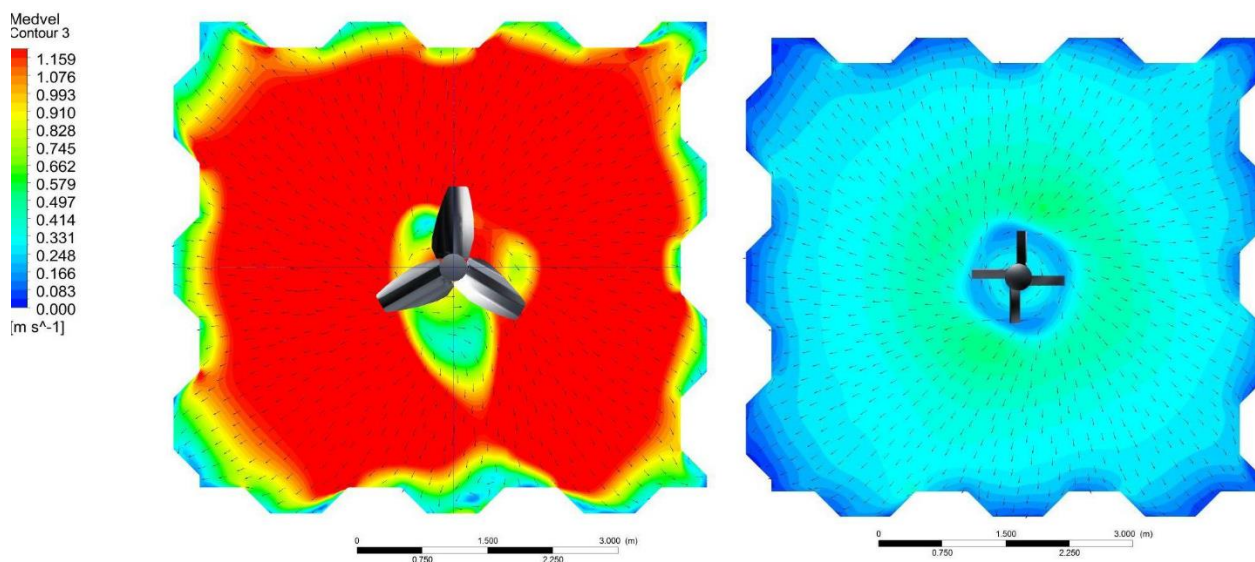


CFD Report: Rotor Offshore, Karmoy Skipkonsult A/S

Software:	ANSYS Cfx 12.1
Type:	Hannah Kristina, (Tank drawing 1926-877, <i>tank 1926-882</i>)
Agitator:	HFL10-4AFT110 (dålig omr)
Tank data:	Volume: ca _ m3
	LxB: 5850x5072 mm
	Mounting level: 4650 mm
	Liquid levels: 4400 mm
	Baffles: No,
	Analysis Type: Steady State, no particle distribution.
	Medium: _
	DS content: _%
	Viscosity: 100 cP
	Density: 1500 kg/m3
	Propeller: 4AFT110 D=1870mm, installed 1 m above bottom.
Direction	Clock wise rotation

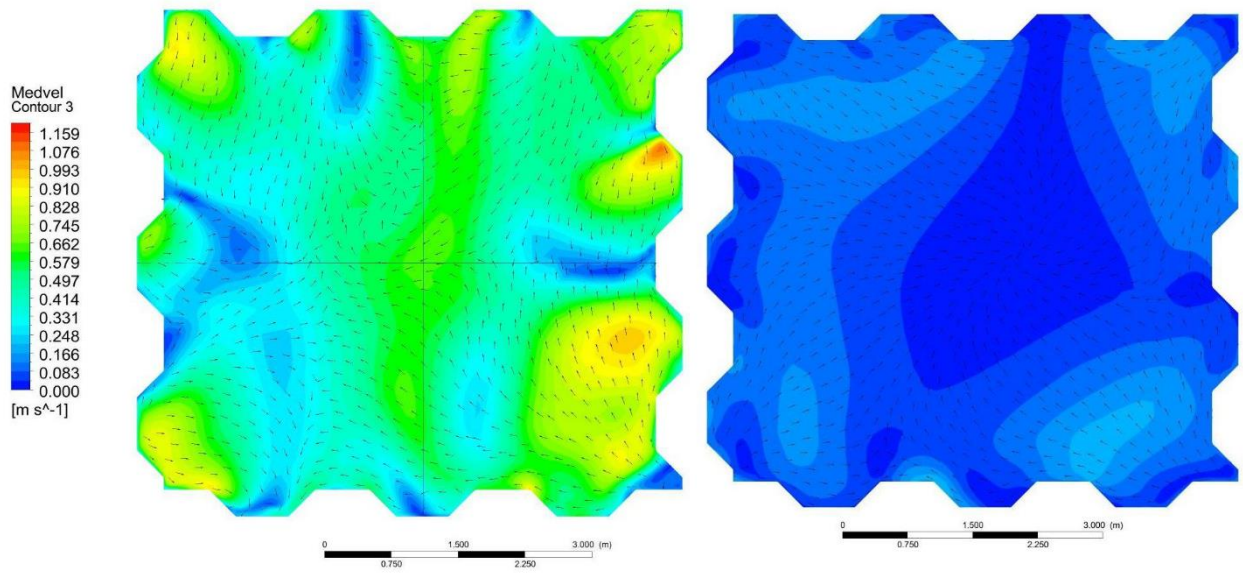
Figur 48 Agitering analyse inputs

Analyse av væskehastighet 0,1 meter fra bunn av tanken er gitt i Figur 49.



Figur 49 Væskehastighet i miksekar 0,1m over bunn, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)

Figur 50 viser væskehastigheten 0,4 meter under toppen av væsknivået. Også her er væskestrømmen vesentlig mer i bevegelse ved ny løsning.



Figur 50 Væskehastighet i miksekar 0,4 under væskenivå, sammenligning av dagens (t.h.) og ny (t.v.)

Vedlegg D- Truck kjøring og kostnadsbesparelse

Figur 51 viser modellen og inputs som er blitt brukt til å regne ut årlig besparelse ved truckkjøring.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Avstand i meter											
2	fra	til										
3	Dagens løsning											
4	Lager	OBM	266									
5	Lager	WBM/brine	178									
6	Ny løsning											
7	Lager	OBM	37									
8	Lager	Brine	37									
9	Sekunder ekstra per hjørne		5									
10												
11												
12	Gjennomsnittsfart truck (m/s)	1,66666667	Antall m3 mikset (per år)	Rundturer	Antall hjørner							
13	Gjennomsnittsfart truck (km/t)	6					Kostnad operatør	420				
14	Antall turer per 100 m3 OBM	12	10023	1203	4		Internrente	11,00%				
15	Antall turer per 100 m3 brine	30	1158	348	3		Endring i miksing mengde per år	5,00%				
16	Antall ture per 100 m3 WBM	12	2898	348	3		Inflasjon	2,00%				
17												
18		Tid per lengde	Antall lengder	Tid totalt i sek	Tid totalt i timer							
19	OBM	179,6	2406	432118	120,03							
20	Brine/WBM	121,8	1392	169546	47,10							
21	totalt (ny)	22,2	3798	84316	23,42		Kostnad per år med dagens løsning	70194				
22							Kostnad per år ny løsning	9837				
23	År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	Kostnader gammel		kr 75 178	kr 80 515	kr 86 232	kr 92 355	kr 98 912	kr 105 934	kr 113 456	kr 121 511	kr 130 138	kr 139 378
25	Kostnader ny		kr 10 535	kr 11 283	kr 12 084	kr 12 942	kr 13 861	kr 14 845	kr 15 899	kr 17 028	kr 18 237	kr 19 532
26												
27	NPV gammel	kr 579 636										
28	NPV ny	kr 81 229										
29												
30	Besparelse	kr 498 407										
31												

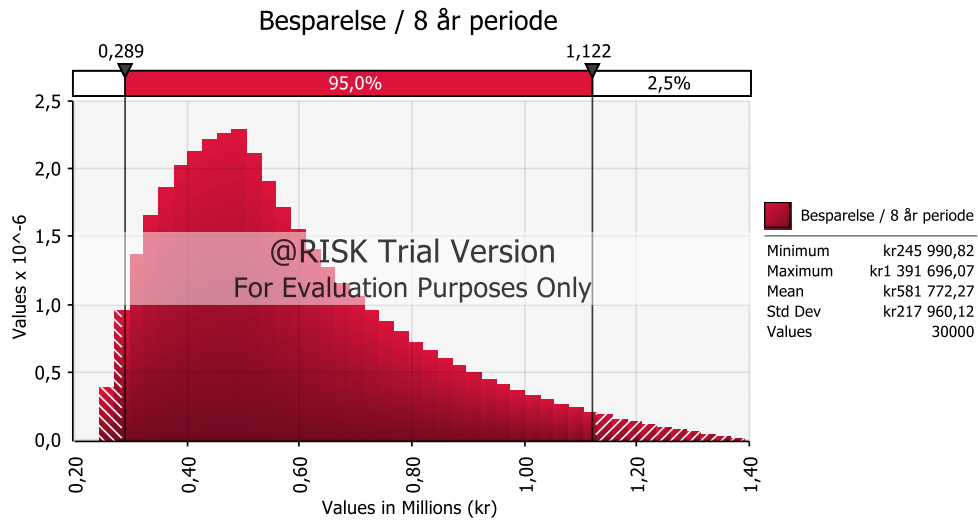
Figur 51 Utrengninger av truck og kostnader tilknyttet truckkjøring

Tabell 26 består av inputs til risktriangulær funksjonen i @Risk.

Tabell 26 Inputs til risktriangulær, truckkjøring

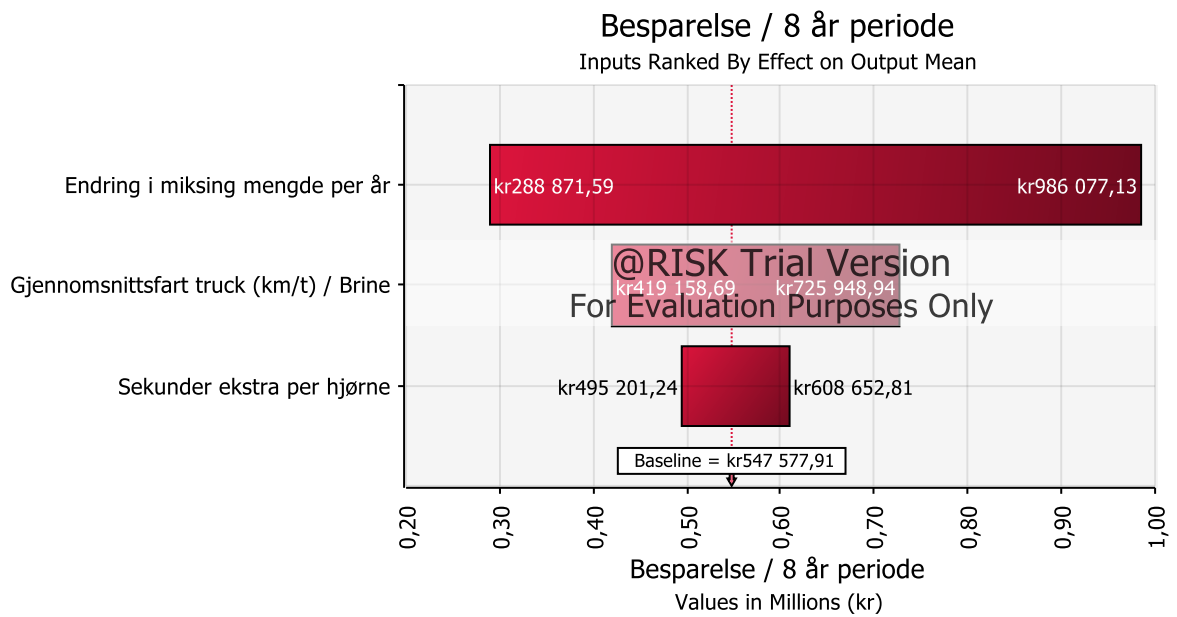
	Min	Gjennomsnitt	Maks
Endring i mud mikset per år	-10 %	+5%	+25%
Gjennomsnittsfart	4 km/t	6 km/t	10 km/t
Ekstra per hjørne	0 sek	5 sek	10 sek

@Risk simulering av endring i mud mikset gir resultatet i Figur 52.



Figur 52 @Risk beregning av truck besparelse på 8 år

Figur 53 viser regresjonsanalyse av inputs til truckkjøring besparelse



Figur 53 Regresjonsanalyse av truck besparelse

Vedlegg E- Oversikt av lagerbehold tilhørende Dusavik LMP

Figur 54 viser lagerbeholdningen tilknyttet Dusavik LMP på en gitt dag i mai 2016.

Dusavik fjernlager 1	Baracarb 5 - 25 kg bag	5	180
	Baravis IE 570 - 55 gal drum	16	68
	BDF 644 - 1000 ltr IBC	14	14
	Cenospheres - 500 kg bag	88	176
	Baritt-UF - 1000 kg BB	405	405
	Geltone II - 50 lb bag	3	105
	Sure Seal - 50 lb bag	18	720
	Suspension Package I - 50 lb bag	16	896
	Tau Mod - 50 lb bag	3	105
	Totalt	568	
Dusavik	Driltreat - 5 gal can	1	30
	Geltone II - 50 lb bag	20	700
	Duratone E - 50 lb can	37	1275
	Lime - 25 kg bag	13	454
	Soda Ash - 25 kg bag	2	95
	Baracarb 150 - 25 kg bag	19	670
	Baracarb 50 - 25 kg bag	15	534
	Barazan - 25 kg bag	1	40
	Potassium Chloride - 1000 kg bag	29	29
	Baracarb 25 - 25 kg bag	1	18
	CMC EHV - 25 kg bag	1	12
	Baracarb 5 - 25 kg bag	7	252
	Sodium Chloride - 1000 kg bag	1	12
	Driltreat - 1000 ltr IBC	2	2
	PAC - 25 kg bag	4	140
	Baraklean Dual - 1000 ltr IBC	13	13
	Baritt-UF - 1000 kg bag	33	33
	BaraFLC IE-513 - 25 kg bag	1	9
	Baravis IE-568 - 1000 ltr IBC	1	1
	BaraCor W-476 - 1000 ltr IBC	1	1
	Tau Mod - 50 lb bag	1	15
	EZ Mul NS - 1000 ltr IBC	1	13
	FDP-C932-09 - 2000 lb bag	31	62
	Perfor Mul - 1000 kg IBC	6	6
	Totalt	241	
	Total antall paller		809
	Paller med Baritt UF-1000 kg bag		438
	Total antall paller uten Baritt UF		371
	Kapasitet lager Dusavik LMP		480
	Resterende lagringsplass Dusavik		109

Figur 54 Lagerbeholdning Dusavik

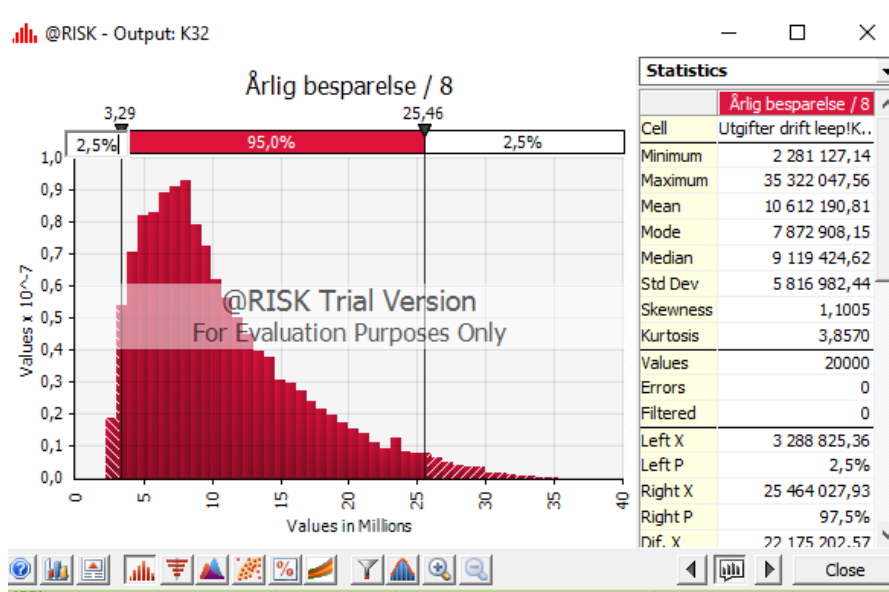
Vedlegg F- @Risk forklaring og utregning til share prosesser

Tall brukt til triangulærfordeling i @Risk modellene er gitt i Tabell 27:

Tabell 27 Inputs til triangulærfordeling

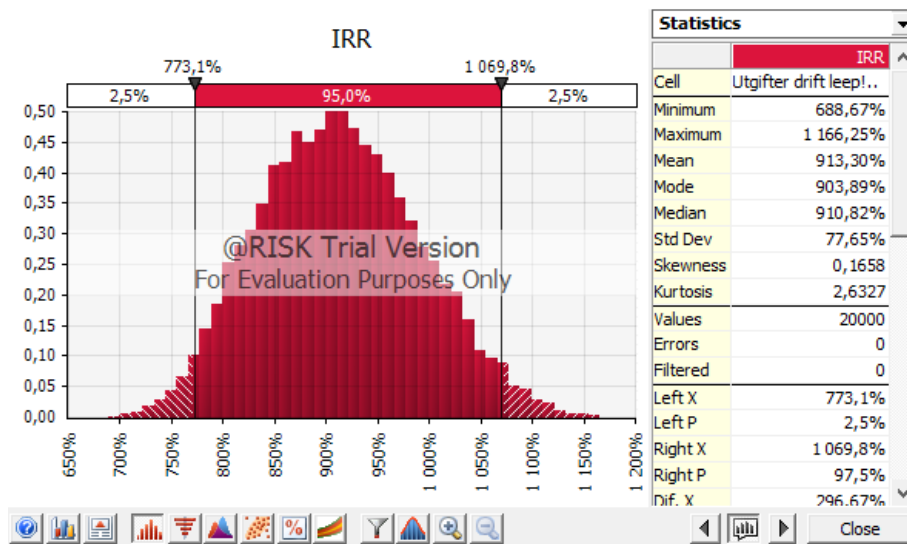
	Min	Gjennomsnitt	Maks
Dieselpriis	9,36	11,26	12,95
Endring i mud mikset per år	-10 %	+5%	+25%
Vekslingskurs GBP/NOK	8,98	11,05	13,31
Vedlikeholdsintervall In-line mikser	0,2	3	12
Strømpris	0,2	0,3	0,5

Utrekning av årlig besparelse i år 8, er gitt i Figur 55.



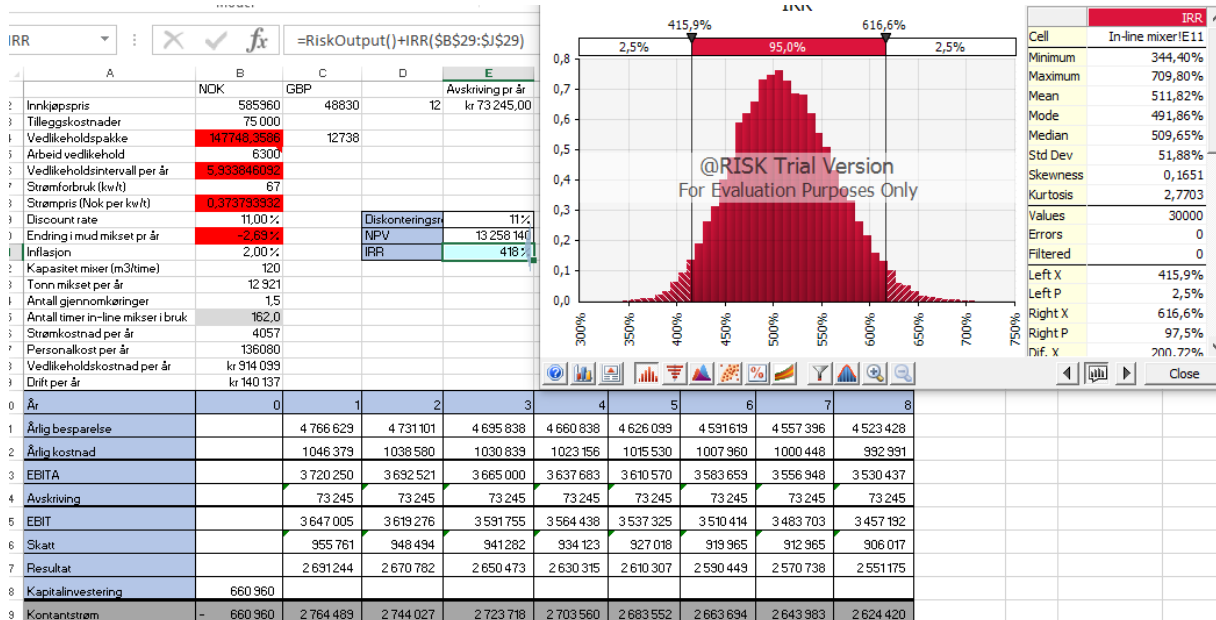
Figur 55 Årlig besparelse/kostnad med dagens share-enhet, år 8

IRR intervall for Leep enhet er gitt i Figur 56.

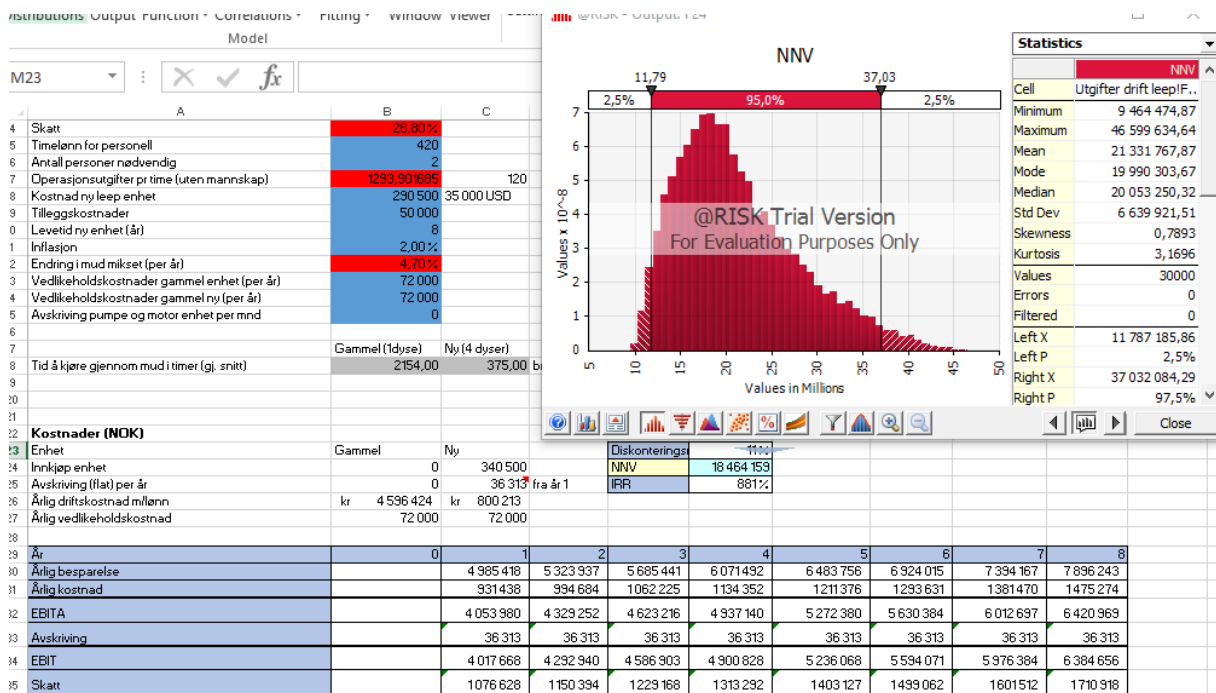


Figur 56 IRR intervall for Leep enhet, @Risk

Figur 57 viser @Risk modellen som ble brukt for å regne ut IRR og NNV for In-line mikseren. De røde feltene har triangulærfordeling, gitt i Tabell 27 Inputs til triangulærfordeling. Det ble estimert med 30 000 simuleringer for å oppnå mest reell løsning. De andre fastsatte inputene som ble brukt er også gitt i figuren, samt en oversikt over kontantstrømmer. Resultat som vises i kontantstrømmen i figuren er kun en av de 30 000 løsningene som danner sannsynlighetsfordelingen i figuren. Figur 58 beskriver det samme for Leep enheten.



Figur 57 IRR for In-line mikser, fra @Risk



Figur 58 NNV i @Risk og model av Leep enhet