

## Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring

**Mats Hansen**

Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Innlevert: februar 2016

Hovedveileder: Per Schjøberg, IPK

Medveileder: Kjell Sletsjøe, Rana Gruber  
Stein Tore Bogen, Rana Gruber

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk



# Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring

Mats Hansen

Februar 2016

Masteroppgave

Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veileder 1: Professor Per Schjølberg, IPK

Veileder 2: Kjell Sletsjøe, Rana Gruber

Veileder 3: Dr. Stein Tore Bogen, Rana Gruber





MATS HANSEN

MASTEROPPGAVE

Høsten 2015

**Tittel:** Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring

Rana Gruber er avhengige av å øke tilgjengeligheten på produksjonsutstyret for å nå målene om økt produksjon, og dermed sikre fremtiden til bedriften. Denne oppgaven tar for seg vedlikeholdets sentrale rolle i dette arbeidet. I denne oppgaven skal studenten:

- Presentere en kort status for produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutviklingen i bedriften. I dette arbeidet skal en også inkludere krav til inntjening og kostnadskutt. Ytre rammebetingelser skal også inkluderes.
- Analysere hvordan bedre planlegging kan øke produktiviteten og effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen.
- Diskutere hvordan effektiv vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan påvirke produksjonsvolumet.
- Skissere en riktig implementering og bruk av vedlikeholdssystemet Infor EAM ved bedriften.
- Vurdere hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.
- Presentere et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift.

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

Samarbeidsbedrift: Rana Gruber AS

Kontaktperson og veileder i bedriften: Kjell Sletsjøe



## Forord

Som siste del av det 2-årige masterprogrammet Reliability, Availability, Maintainability & Safety ved NTNU gjennomføres TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold – masteroppgave. Oppgaven er skrevet av undertegnede i løpet av høsten 2015 og begynnelsen av 2016, i samarbeid med Rana Gruber i Mo i Rana. Arbeidet er utført hos Rana Gruber samtidig som undertegnede har jobbet som vedlikeholdssjef i samme bedrift. Underveis i arbeidet har undertegnede vært flere ganger i Trondheim for å diskutere med veileder. Masteroppgaven er utarbeidet av Mats Hansen, stud.techn. ved NTNUs institutt for Produksjon og kvalitetsteknikk.

Temaet for oppgaven er valgt på bakgrunn av undertegnedes interesse for vedlikeholdsstyring og forbedringsarbeid, og Rana Gruber sitt behov for styrking innenfor disse områdene. Oppgaveteksten ble utarbeidet i samarbeid med veileder Per Schjølberg på NTNU.

Det anbefales at leseren har grunnleggende kunnskaper om teori og metodikk innen vedlikehold og vedlikeholdsstyring, en viss kunnskap om vedlikeholdskonsepter og Lean og/eller utdanning tilsvarende det som oppnås i faget TPK 4140 - Driftssikkerhet, vedlikeholdsstyring på NTNU.

Trondheim, 15-02-2016



Mats Hansen

## Anerkjennelser

Underveis i arbeidet med denne masteroppgaven har jeg fått hjelp fra flere personer som jeg ønsker å takke.

Takk til mine dyktige kolleger i Rana Gruber som har benyttet tiden sin til å besvare spørsmål, hjelpe meg med å finne informasjon, latt seg observere og som har gitt meg uvurderlige innspill og tilbakemeldinger. Uten deres velvilje ville denne masteroppgaven aldri ha blitt en realitet! Spesielt vil jeg takke Erlend Høyen som har bidratt med gode diskusjoner og innspill underveis, i tillegg til å hjelpe meg med økonomiske beregningene i oppgaven. En spesiell takk også til alle ansatte i vedlikeholdsavdelingene i Vika og på Heia som har vært veldig behjelpelige og tålmodige med meg gjennom det siste året. Takk til veileder og tidligere sjef Dr. Stein Tore Bogen for din innsats og for å ha gitt meg denne muligheten, og takk til veileder Per Schjølberg fra NTNU som med sin ekspertise og engasjement har inspirert meg til å fordype meg i vedlikeholdsfaget.

Takk til mine gode venner Magnus Kile Andersen, Anette Nyjordet og Petter Jørgensen som har lest gjennom oppgaven med et kritisk blikk på leting etter skrivefeil og forbedringer, og for å ha backet meg opp underveis. Takk også til min lillebror Petter Hansen som lot meg bo hos seg i Trondheim de to siste ukene før innleveringen.

Sist men ikke minst vil jeg takke alle mine studiekamerater og studentbyen Trondheim for to fantastiske år som student. Dere vil bli savnet!

M.H.

## Sammendrag

Rana Gruber er en bedrift med røtter helt tilbake til 1799. Bedriften produserer hematitt til stålindustrien og magnetitt til kjemisk industri i Europa. Prisnivået på jernslig har falt brått de siste årene, noe som har ført til at Rana Gruber er nødt til å øke produktiviteten for å overleve. For å klare dette må tilgjengeligheten på utstyret økes for å legge til rette for økt produksjon.

Det er gjennomført en skrutidsanalyse som viste at andelen skrutid i avdelingen i Vika er 33,33%. En økning i andelen skrutid til 55%, som anses som verdensledende, vil bety det samme som å øke antall ansatte fra 15 til 25. En SMED-analyse av et skuffeskifte viste også at det er et stort potensiale for økt produksjon i gruva hvis denne operasjonen kan optimaliseres og effektiviseres. Analysen av vedlikeholdsstyringen i bedriften viste at Rana Gruber har forbedre flere elementer av vedlikeholdssløyfa, men det er fremdeles et betydelig potensiale for forbedringer. En lukking av vedlikeholdssløyfa vil kunne føre til flere 100 timer i økt oppetid i oppredningsverket i Vika, noe som vil bety flere millioner i ekstra inntekter.

Rana Gruber mangler i dag et funksjonibelt vedlikeholdssystem. Infor EAM ble kjøpt inn for noen år siden og det anbefales at det gjennomføres et prosjekt for å implementere dette systemet. Basert på metoder og verktøy innen prosjektplanlegging og -styring er det skissert hvordan bedriften kan lykkes med denne implementeringen.

Industri 4.0 er betegnelsen på den neste industrielle revolusjonen vi står overfor, der integreringen av IKT i komponenter og enheter åpner opp for helt nye løsninger og optimalisering av verdikjeder. Industri 4.0 består av elementene *Internet of Things*, *Internet of Services*, *Big Data* og *Cyber-Physical Systems* og er et relativt nytt begrep som stammer fra Tyskland. I oppgaven diskuteres det kort hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre fremtiden til Rana Gruber.

For å sikre en fremtidsrettet drift er det utarbeidet et forslag til et fremtidig vedlikeholdskonsept basert på funnene i masteroppgaven. Konseptet består av en visjon, misjon, policy og strategi, samt en modell som illustrerer dette. Modellen illustrerer hvilke elementer og verktøy Rana Gruber bør benytte for å oppnå visjonen om *et moderne og effektivt vedlikehold i verdensklasse*.

## Summary

Rana Gruber is a company with roots that go back to 1799. The company produces hematite for the steel industry, and magnetite for the chemical industry in Europe. The recent plunge in prices for iron oxide concentrates has meant that the company must increase their productivity to survive. To achieve this, the availability of the equipment must increase to allow the company to increase the production.

A wrench time study was conducted and showed that wrench time was at 33,33% at the department that was studied. An increase to 55%, which is considered world class, would mean that the work force increased from today's 15 to 25. A SMED-analysis of a bucket-change of one of the underground loaders showed that there is a big potential for production increase if this task can be done more efficiently.

Rana Gruber does not have a functional computerized maintenance management system today. The company bought Infor EAM some years ago, and it is recommended that a project is initiated to start implementing the system. It is shown how this implementation process should be conducted based on tools for project planning and management.

Industry 4.0 consists of *Internet of Things*, *Internet of Services*, *Big Data* and *Cyber-Physical Systems* and describes the new industrial revolution that the world is facing. It is discussed briefly how Industry 4.0 can help secure the future of the company.

Based on the results from this thesis, a maintenance concept is established that can help secure the future for the company. The concept consists of a vision, mission, policy and strategy, and a model to illustrate it all. The model illustrates which tools and elements that is important to achieve the vision of *a modern and effective maintenance which is world class*.

# Innhold

Forord . . . . .	i
Anerkjennelser . . . . .	ii
Sammendrag . . . . .	iii
Summary . . . . .	iv
<b>1 Innledning</b>	<b>2</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	2
1.2 Målsettinger . . . . .	3
1.3 Begrensninger og omfang . . . . .	4
1.4 Metode . . . . .	5
1.5 Rapportens Struktur . . . . .	5
<b>2 Rana Gruber AS - dagens situasjon</b>	<b>7</b>
2.1 Historie . . . . .	7
2.1.1 Rana Gruber AS etableres . . . . .	8
2.2 Rana Gruber i dag . . . . .	9
2.2.1 Prosessflyt . . . . .	10
2.3 Endring i rammebetingelser . . . . .	12
2.3.1 Dramatisk fall i sligprisen . . . . .	13
2.4 Produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutvikling . . . . .	14
<b>3 Vedlikeholdsteori og -konsepter</b>	<b>21</b>
3.1 Generelt om vedlikehold . . . . .	21
3.2 Vedlikeholdstyper . . . . .	22

3.2.1	Periodisk forebyggende vedlikehold . . . . .	24
3.2.2	Tilstandsbasert forebyggende vedlikehold . . . . .	24
3.2.3	Utsatt Korrektivt Vedlikehold . . . . .	25
3.2.4	Akutt korrektivt vedlikehold . . . . .	25
3.3	Lean . . . . .	26
3.3.1	Single-Minute Exchange of Dies - SMED . . . . .	27
3.3.2	5S - orden og ryddighet satt i system . . . . .	28
3.4	Vedlikeholdsstyring . . . . .	29
3.4.1	Modell for vedlikeholdsstyring . . . . .	30
3.4.2	Vedlikeholdsstyringsløyfa . . . . .	31
3.4.3	Databaserte vedlikeholdsstyringsystem - CMMS . . . . .	32
3.5	Vedlikeholdsplanlegging . . . . .	32
3.5.1	Vedlikeholdsplanlegging og vedlikeholdsplaner . . . . .	33
3.5.2	Vedlikeholdsplanleggingsprinsipper . . . . .	33
3.5.3	Vedlikeholdsplan-prinsipper . . . . .	34
3.6	Vedlikeholdskonsepter . . . . .	35
3.6.1	Reliability Centered Maintenance - RCM . . . . .	35
3.6.2	Total Productive Maintenance - TPM . . . . .	36
3.6.3	Life Cycle Cost - LCC . . . . .	36
3.6.4	Lean Maintenance . . . . .	36
3.7	Asset Management . . . . .	37
3.8	World Class Maintenance - WCM . . . . .	39
3.8.1	Veien til World Class Maintenance . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Analyse av vedlikeholdsplanleggingen</b>	<b>42</b>
4.1	Planleggingens plass i vedlikeholdsstyringsløyfa . . . . .	42
4.2	Vedlikeholdsplanlegging i Rana Gruber . . . . .	43
4.3	Skrutidsanalyse . . . . .	45
4.3.1	Resultater fra analysen . . . . .	46
4.3.2	Begrensninger med analysen . . . . .	49



4.4	SMED-analyse på skuffeskifte . . . . .	50
4.4.1	Beskrivelse av skuffeskifte . . . . .	51
4.4.2	SMED-analyse av skuffeskifte på LH621-3 den 22.01.2016 . . . . .	53
4.4.3	Mulige besparelser ved økt effektivitet . . . . .	55
4.5	Gjennomføring av prosjekter . . . . .	58
4.5.1	Prosjektstyring i Rana Gruber . . . . .	58
4.6	Mulige effekter ved bedre planlegging . . . . .	60
4.6.1	Forbedringsforslag . . . . .	61
<b>5</b>	<b>Effektiv vedlikeholdsstyring og implementering av 5S</b>	<b>62</b>
5.1	Vedlikeholdsstyring . . . . .	62
5.1.1	Analyse av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber . . . . .	63
5.2	Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring . . . . .	66
5.2.1	Stanstid i oppredningsverket knyttet til småstanser . . . . .	69
5.2.2	Stanstid i oppredningsverket knyttet til større stanser . . . . .	70
5.2.3	Fremtidig potensial for økt produksjon . . . . .	71
5.3	Økt produksjon ved innføring av 5S . . . . .	72
<b>6</b>	<b>Implementering av vedlikeholdssystemet Infor EAM</b>	<b>76</b>
6.1	Status i dag . . . . .	76
6.2	Implementering av Infor EAM . . . . .	77
6.2.1	Prosjektplanlegging og -styring . . . . .	77
6.3	Bedre vedlikeholdsstyring ved implementering av Infor EAM . . . . .	81
6.3.1	Registrering av nedetid . . . . .	83
<b>7</b>	<b>Industri 4.0 - Mot intelligent og fleksibel produksjon</b>	<b>84</b>
7.1	Den fjerde industrielle revolusjonen . . . . .	84
7.1.1	Internet of Things - IoT . . . . .	85
7.1.2	Internet of Services - IoS . . . . .	86
7.1.3	Big Data . . . . .	86
7.1.4	Cyber-Physical Systems - CPS . . . . .	87
7.2	Fremtiden er digital . . . . .	88

<i>INNHOLD</i>	1
7.3 Utfordringer knyttet til Industri 4.0 . . . . .	89
<b>8 Fremtidig vedlikeholdskonsept</b>	<b>90</b>
8.1 Diskusjon . . . . .	90
8.2 Rana Grubers vedlikeholdskonsept . . . . .	91
8.2.1 Visjon . . . . .	92
8.2.2 Misjon . . . . .	93
8.2.3 Vedlikeholdsstrategi . . . . .	93
8.2.4 Vedlikeholdspolicy . . . . .	93
<b>9 Oppsummering og konklusjon</b>	<b>95</b>
9.1 Oppsummering og konklusjon . . . . .	95
9.2 Anbefalinger for videre arbeid . . . . .	97
<b>A Forkortelser</b>	<b>98</b>
<b>B Skrutidsanalyse</b>	<b>99</b>
B.1 Gjennomføring av skrutidsanalyse . . . . .	99
B.2 Skrutidsanalyse Rana Gruber 2016 . . . . .	100
B.2.1 Kategorier . . . . .	100
B.2.2 Innsamling av observasjoner . . . . .	102
B.2.3 Beregning av feilmargin . . . . .	103
<b>C Forstudierapport</b>	<b>104</b>
Forord . . . . .	105
Introduksjon . . . . .	106
Problemformulering . . . . .	106
Involverte parter . . . . .	107
Prosjektledelse . . . . .	108
<b>Bibliografi</b>	<b>124</b>

# Kapittel 1

## Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Vedlikehold av en bedrifts maskiner, utstyr og bygninger blir stadig viktigere i en konkurranseutsatt industri. Godt vedlikehold og god vedlikeholdsstyring er et viktig konkurransefortrinn for bedrifter og organisasjoner i næringslivet og kan i noen tilfeller avgjøre om en bedrift har livets rett eller ikke. Marginene kan være veldig små, og derfor blir oppetiden og tilgjengeligheten på utstyret som benyttes et viktig moment å ha kontroll på for en moderne bedrift.

Effektivt vedlikehold bidrar til at maskiner og utstyr kan benyttes når de trengs. For å oppnå dette må bedriften ha planer for hvilke aktiviteter som skal utføres og når disse aktivitetene skal utføres. De som skal utføre vedlikeholdet må ha riktig kompetanse og de må ha tilgang til riktig verktøy og nødvendige ressurser. Alt dette inngår i uttrykket *vedlikeholdsstyring*.

Selv om god vedlikeholdsstyring er viktig, er det vel så viktig at vedlikeholdet blir utført riktig og at det er de riktige vedlikeholdsoppgavene som blir utført. Hvis bedriften har god oppetid og tilgjengelighet, men bruker for mye ressurser på å oppnå dette, kan det hende man bruker ressursene på feil vedlikeholdsoppgaver. Med fallende priser på produktene en bedrift selger, er det heller ikke nødvendigvis nok å bare forbedre oppetiden og tilgjengeligheten for sikre driften. Effektiviteten og produktiviteten må også økes, slik at man kan produsere mer med samme antall eller færre ansatte.

Rana Gruber AS er en av Nord-Norges største industribedrifter, og sysselsetter direkte ca. 300 personer. Selskapet produserer jernmalm og har de senere årene økt produksjonen kraftig. Dagens prisnivå på jernslig krever at Rana Gruber må øke produktiviteten betydelig for å kunne opprettholde driften over tid. Den siste tidens prisfall har medført at selskapet har måttet kuttet kraftig i kostnader, der bl.a. en bemanningsreduksjon på 20 % nylig ble gjennomført. Samtidig må produsert mengde ferdigprodukt øke med 25 % for at driften skal være bærekraftig. I tillegg til fallende priser har de siste årene vært preget av flere alvorlig utstyrshavari som har skapt store problemer for produksjonen. Vedlikeholdet har vært preget av brannslukking, med lite fokus på langsiktig, forebyggende vedlikehold. For å nå målene om økt produksjon må vedlikeholdsstyringen forbedres kraftig de neste årene slik at vedlikeholdet kan vris over til å bli mer forebyggende og dermed øke tilgjengeligheten til utstyrsparken.

## 1.2 Målsettinger

Rana Gruber er avhengige av å øke tilgjengeligheten på produksjonsutstyret for å nå målene om økt produksjon, og dermed sikre fremtiden til bedriften. Denne oppgaven tar for seg vedlikeholdets sentrale rolle i dette arbeidet. Oppgaven har som mål å belyse følgende:

1. Presentere en kort status for produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutviklingen i bedriften. I dette arbeidet skal en også inkludere krav til inntjening og kostnadskutt. Ytre rammebetingelser skal også inkluderes.
2. Analysere hvordan bedre planlegging kan øke produktiviteten og effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen.
3. Diskutere hvordan effektiv vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan påvirke produksjonsvolumet.
4. Skissere en riktig implementering og bruk av vedlikeholdssystemet Infor EAM ved bedriften
5. Vurdere hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.

6. Presentere et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift.

### 1.3 Begrensninger og omfang

Denne masteroppgaven omhandler bedriften Rana Gruber, og hvordan bedre vedlikehold og vedlikeholdsstyring kan bidra til å øke produksjonen til bedriften. Det antas at resultatene fra denne oppgaven ikke lar seg overføre direkte til andre bedrifter og industrier, men flere av metodene som er brukt er generelle og kan brukes på tvers av bedrifter og industrier. Overføringsgraden har ikke blitt vurdert i særlig grad i oppgaven.

Omfanget begrenser seg videre til vedlikeholdsavdelingen, og det er i hovedsak undersøkt hvordan denne avdelingen kan påvirke produksjonen, effektiviteten og produktiviteten i bedriften. Andre avdelinger, som elektro-avdelingen og de ulike driftsavdelingene, er ikke undersøkt i detalj, med unntak av hvor dette er nevnt spesifikt. Selskapet Rana Gruber Minerals AS, som er et integrert datterselskap av Rana Gruber, er heller ikke en del av masteroppgaven.

Tilgang på relevant litteratur begrenser seg til det som finnes tilgjengelig gjennom universitetsbiblioteket ved NTNU, veileder, Rana Gruber og andre eksterne ressurser. Tilgangen på relevant data for å gjennomføre analyser og vurderinger er utfordrende, spesielt siden Rana Gruber ikke har et funksjonibelt vedlikeholdssystem. Utfordringene knyttet til innsamling og behandling av data er ikke eksplisitt reflektert over i oppgaven.

Masteroppgaven utføres mens forfatteren jobber fulltid som vedlikeholdssjef i Rana Gruber. Dette kan føre til at det blir vanskelig å holde seg objektiv og kritisk siden en på mange måter skal evaluere seg selv.

Det er ikke undersøkt hvilke konsekvenser en økning i produksjonen kan få for helse, miljø og sikkerhet (HMS) i bedriften. Gruvedrift er gjenstand for store påvirkninger på miljøet, og en økning i produksjonen kan også føre til en økning i risiko for skader og ulykker. Dette er veldig viktige tema, men er som nevnt ikke en del av mandatet for denne masteroppgaven.

## 1.4 Metode

Masteroppgaven starter med en historisk beskrivelse av bedriften, som har ledet fram til selskapet slik det fremstår i dag. Videre beskrives den senere tids endringer i ytre rammebetingelser ved å gå gjennom tilgjengelig informasjon fra bedriften og på internett. Det er så utført en analyse av tilgjengelig datagrunnlag for å beskrive produksjons-, kostnads- og vedlikeholdsutviklingen i bedriften. I kapittel 3 presenteres viktig teori innen vedlikehold, vedlikeholdsstyring og -konsepter fra litteraturstudiet som er gjennomført. Litteraturstudiet, med påfølgende diskusjoner og vurderinger, er benyttet for å oppnå målsetning nummer 4 og 5.

For å oppnå målsetning nummer 2 er det utført en en skrutidsanalyse og en SMED-analyse som baserer seg på systematiske observasjoner og undersøkelser (empirisk dokumentasjon), samt kvalitative vurderinger og intervju/samtaler. Kvalitative vurderinger og intervju/samtaler er også benyttet for å oppnå målsetning nummer 3, i tillegg til analyse av data. Til slutt er resultatene fra tidligere kapitler drøftet og benyttet til å foreslå et fremtidig vedlikeholdskonsept for Rana Gruber.

## 1.5 Rapportens Struktur

Resten av masteroppgaven er strukturert som følger:

- **Kapittel 2** beskriver kort historien bak Rana Gruber og illustrerer hvordan dagens produksjonsprosess foregår. I tillegg redegjøres det for hvordan de ytre rammebetingelsene har endret seg de siste årene, og hvilke krav dette setter til inntjening og kostnadskutt. Til slutt presenteres status for produksjons-, vedlikeholds-, og kostnadsutviklingen i bedriften.
- **Kapittel 3** gir en innføring i sentral teori og terminologi innen vedlikehold og vedlikeholdsstyring, og presenterer kort forskjellige relevante vedlikeholdskonsepter.
- **Kapittel 4** inneholder en analyse av hvordan vedlikeholds- og prosjektplanleggingen utføres i bedriften i dag. Her presenteres også resultatene fra en skrutidsanalyse som dokumenterer effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen, og en SMED-analyse av et skuffeskifte på en laster i gruva.

- **Kapittel 5** beskriver hvordan bedre vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan være med på å øke produksjonen og produktiviteten i bedriften. Det er også gjennomført en analyse av vedlikeholdsstyringen og stansårsaker i oppredningsverket.
- **Kapittel 6** skisserer hvordan vedlikeholdssystemet Infor EAM kan implementeres i bedriften, og hvordan Infor EAM kan brukes for å bidra til bedre vedlikeholdsstyring.
- **Kapittel 7** beskriver hva Industri 4.0 er og hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.
- **Kapittel 8** presenterer et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift.
- **Kapittel 9** oppsummerer og konkluderer denne masteroppgaven og inneholder forslag til videre arbeid.

# Kapittel 2

## Rana Gruber AS - dagens situasjon

I dette kapittelet presenteres Rana Gruber AS kort for å gi et bedre innblikk i selskapet for lesere som ikke kjenner det fra før. Det redegjøres også for hvordan de ytre rammebetingelsene har endret seg de siste årene, og hvilke krav dette setter til inntjening og kostnadskutt. Til slutt presenteres status for produksjons-, vedlikeholds-, og kostnadsutviklingen i bedriften.

### 2.1 Historie

Malmforekomstene til det som i dag er Rana Gruber var kjent så tidlig som 1799, da et sørnorsk jernverk skaffet seg mineralrettighetene. På 1800-tallet forsøkte en rekke personer og selskaper å utnytte jernmalmsforekomstene, men det var den svenske konsul og industrimagnat Nils Pehrsson som vant fram gjennom målrettede oppkjøp av landområdene som trengtes til gruvedrift og fabrikker. Oppkjøpene inkluderte også områder som ble ekspropriert for bygging av en jernbane frem til Gullsmedvik, der en havn kunne etableres. I 1901 ble virksomheten kjøpt av The Edison Ore Milling Syndicate, et selskap som den kjente amerikanske oppfinneren Thomas Alva Edison etablerte, og fikk navnet Dunderland Iron Ore Company (DIOC) ([Rana Gruber, 2014b](#)).

DIOC startet byggingen av det som den gang var et moderne industrianlegg i 1902. Anleggene bestod av gruve og oppredningsverk på Storforshei, briketteringsverk og utskipingshavn i Gullsmedvik i Mo i Rana, og en jernbanelinje mellom de to områdene. Byggeperioden varte til 1906 og i juli samme år kunne de første 250 tonn med jernmalmbriketter forlate Mo i Rana med S/S





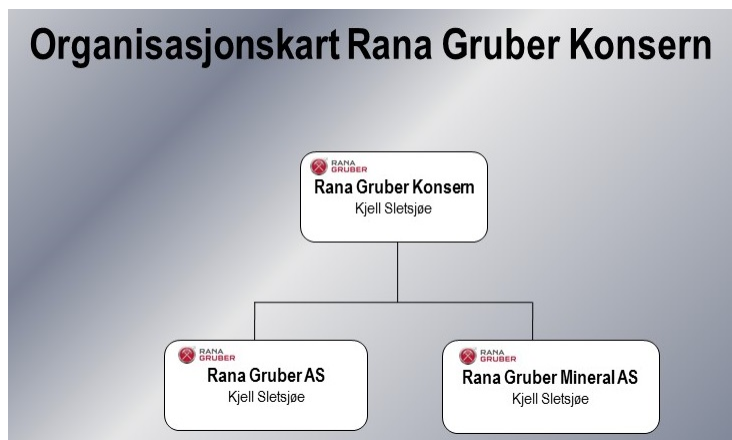
Figur 2.1: Oppredningsverket i Vika

Itune med kurs mot Consett i England.

Ferdigproduktet var av bra kvalitet, men bare rundt halvparten av jerninnholdet i malmen kunne utvinnes i oppredningsprosessen. Datidens magnetseparatorer var bare i stand til å anrike magnetitten i malmen, mens hematitten havnet i avgangen. Det ble ikke brukt vann i prosessen, noe som resulterte i store støvproblemer, og produksjonen ble til slutt stoppet i 1908. Produksjonen ble tatt opp igjen i 1917 etter at en helt ny oppredningsprosess ble etablert i Gullsmedvik. Denne baserte seg på våt nedmaling av malmen og en separat anrikning av magnetitt ved bruk av magnetseparatorer, og hematitt ved bruk av vaskebord. Prosessen ga et jernmalmkonsentrat som holdt 67% jern og en akseptabel utvinning av jernmineraler. Til tross for dette ble det rapportert om kun korte driftsperioder frem til andre verdenskrig. I hele denne perioden ble det totalt bare produsert ca. 500 000 tonn jernmalmkonsentrat (Rana Gruber, 2014c).

### 2.1.1 Rana Gruber AS etableres

Rana Gruber AS ble grunnlagt i 1937 av A/S Sydvaranger og det tyske Vereinigte Stahlwerke AG, men da Tyskland okkuperte Norge ble selskapet satt under tysk administrasjon. De tyske andele-

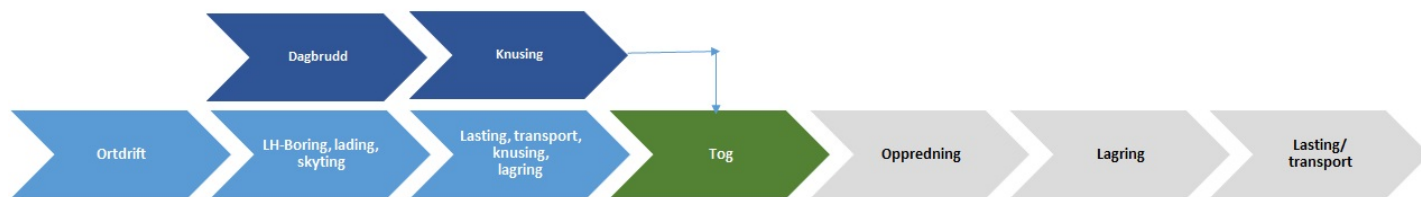


Figur 2.2: Rana Gruber-konsernet (Rana Gruber, 2014e)

ne i bedriften ble ekspropriert av den norske stat etter krigens slutt. I 1951 ble Rana Gruber AS et 100% statseid selskap som også omfattet de tidligere eierandelene til DIOC. I årene 1958 til 1962 ble det drevet «forsøksverk» på Storforshei der formålet var å utvikle en oppredningsprosess som ga en god utvinning og et akseptabelt jernmalmkonsentrat. Planene for et fullskala oppredningsverk i Gullsmedvik ble godkjent av Stortinget i 1961. Samtidig ble det vedtatt at Rana Gruber AS skulle integreres i selskapet AS Norsk Jernverk i Mo i Rana, der jernmalmkonsentratet fra Rana Gruber skulle tjene som råstoff til råjernverket. Først under omstruktureringen av AS Norsk Jernverk i 1989 ble Rana Gruber AS igjen etablert som et eget selskap, og i 1991 tok 144 ansatte over som eiere (Rana Gruber, 2014c). I 2008 kjøpte selskapet Leonhard Nilsen og Sønner Eiendom AS opp Rana Gruber AS og det ble investert store summer for å øke produksjonen.

## 2.2 Rana Gruber i dag

Som figur 2.2 viser består Rana Gruber i dag av selskapene Rana Gruber AS og Rana Gruber Mineral AS. Rana Gruber Mineral produserer og markedsfører spesialprodukter under merke-navnet COLORANA® og har en årlig produksjon på ca. 10 000 tonn. Denne masteroppgaven omhandler Rana Gruber AS, og Rana Gruber Mineral AS er derfor utelatt i den videre presentasjonen av selskapet. Rana Gruber AS produserer to kvaliteter hematitt til stålindustrien i Europa, og magnetitt til kjemisk prosessindustri og til vannrenseanlegg. I 2014 produserte bedriften ca. 4 millioner tonn malm, som gjennom oppredningsprosessen ble til ca. 1,5 millioner tonn hematitt



Figur 2.3: Prosessflyt Rana Gruber

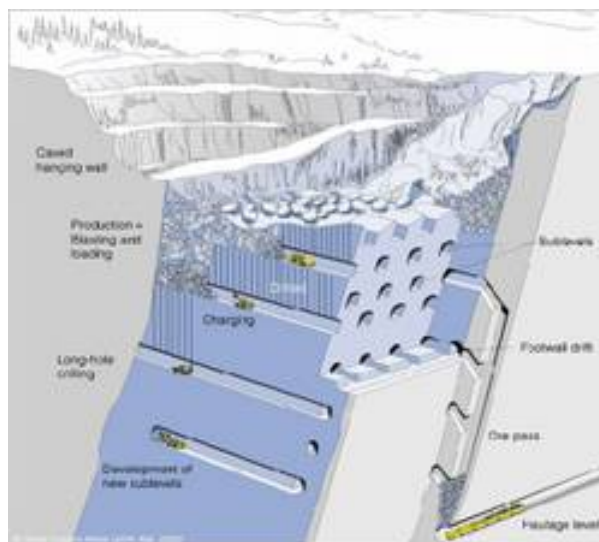
og magnetitt. Magnetitt utgjør vanligvis ca. 5 prosent av totalproduksjonen. Selskapet planlegger en gradvis økning i produksjonen til 6,5 millioner tonn malm, og for 2015 og 2016 er målet å produsere 4,85 millioner tonn malm som blir til ca. 1,87 millioner tonn hematitt og magnetitt.

### 2.2.1 Prosessflyt

Rana Gruber sin prosessflyt er i hovedsak delt i 3; uttak av malm fra gruva, transport med tog på Nordlandsbanen og prosessering i oppredningsverket (figur 2.3). Etter prosesseringen i oppredningsverket lagres sluttproduktene utendørs før de lastes ombord i båter med kapasitet fra noen tusen tonn til de største på 66 000 tonn.

### Gruva

I gruva i Ørtfjellet skjer uttaket av jernmalm med ca. 30% jerninnhold. For tiden produseres det fra ett dagbrudd, Paulsenbruddet, og fra en underjordsgruve, Kvannevang. I tillegg rår bedriften over flere andre forekomster som sikrer tilgang til malm i over 100 år fremover. Rana Gruber driver underjordsgruva mens morselskapet Leonhard Nilsen & Sønner (LNS) driver dagbruddet og driver ort i underjordsgruva. Figur 2.4 illustrerer hvordan en underjordsgruve basert på skiverasmetoden typisk ser ut. Rana Gruber innehar selv en høy geologi-kompetanse og har organisert denne i en egen avdeling. Denne avdelingen planlegger og følger opp produksjonen i dagbruddet og i underjordsgruva. Selve prosessen i gruva består av ortdrift (tunelldrif), langhullsborig, lading og skyting, lasting, frakting med truck, knusing og lagring i silo. Driftsavdelingen i gruva er organisert i to underavdelinger. Avdelingen for langhullsboring har ansvaret for boring, lading og sprenging, mens avdelingen for masseforflytning har ansvaret for lasting, transport og knusing. Etter knusing i anlegget under jord, fraktes massen videre på to transportbånd til en



Figur 2.4: Skisse av en underjordsgruve

silo som er sprengt ut i fjellet. Denne siloen har en kapasitet på ca. 60 000 tonn. På toppen av siloen står også knuseren som benyttes for dagbruddsproduksjonen. Denne vedlikeholdes av Rana Gruber selv om det er LNS som står for bruken av den.

## Transport på Nordlandsbanen

Fra produksjonen i gruva til oppredningsverket i Mo i Rana er det ca. 35 km. Malmen fraktes med tog på Nordlandsbanen og erstatter flere hundre lastebiler i døgnet. Hvert togsett har 41 vogner som hver tar ca. 68 tonn malm. Dette betyr at hvert togsett frakter opp mot 2800 tonn malm. Maks kapasitet når det gjelder antall togsett per dag er 6, noe som betyr at det maksimalt kan fraktes ca. 16 700 tonn per dag fra gruva til oppredningsverket. I tillegg kjøres det kun 4 togsett på onsdager grunnet vedlikehold av jernbanen og togvognene. Produksjonen i oppredningsverket ligger i dag veldig nært taket på kapasiteten på jernbanen. Rana Gruber eier selv jernbanevognene, og da det for noen år tilbake ble besluttet å kjøpe nye ble disse laget for å tåle en aksellast på 30 tonn. Jernbaneverket gjennomfører nå detaljplanleggingen av oppgraderingen på strekningen fra 24 til 30 tonn aksellast, etter oppdrag fra Samferdselsdepartementet. Detaljplanleggingen skal ferdigstilles våren 2016 og hvis det bevilges penger til oppgraderingen, vil kapasiteten økes med 50% etter to års byggetid. Dette vil være et viktig bidrag for å sikre bedriftens konkurransekraft på sikt. Rana Gruber vedlikeholder vognene sine selv, mens CargoNet i

2014 fikk kontrakten for selve togkjøringen med sine lokomotiv. Rana Gruber har også insourcet tømning og skifting av vogner i 2014. Dette ble tidligere utført av den forrige operatøren Cargo-Link.

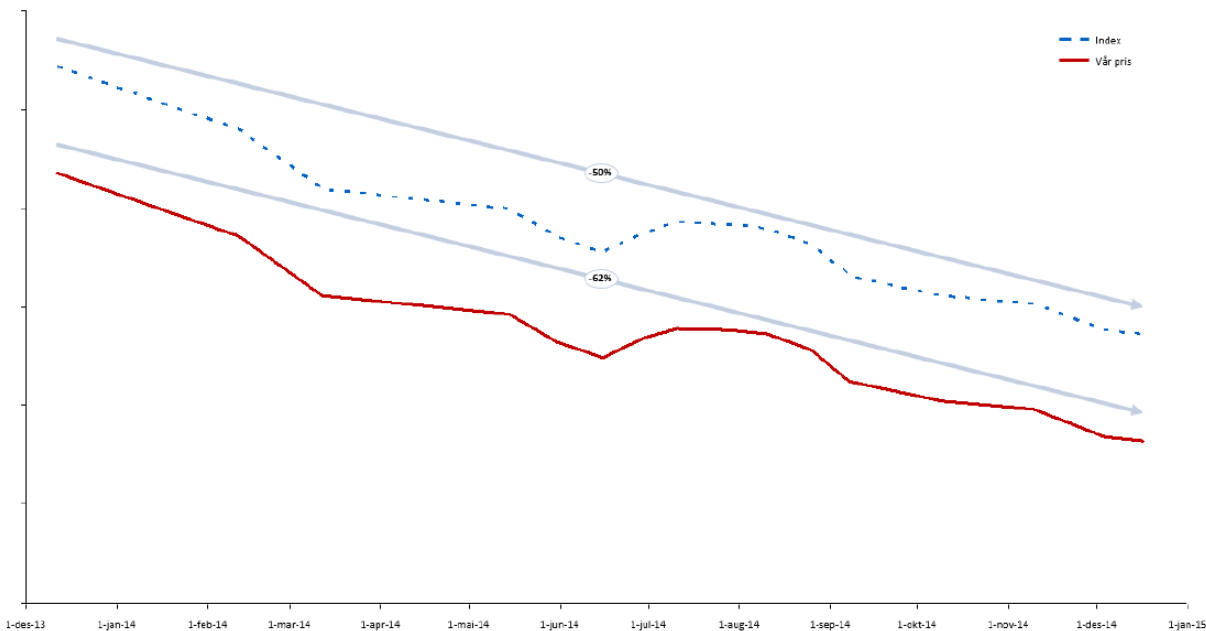
## **Prosessering av jernmalm**

I Gullsmedvik i Mo i Rana finner vi Rana Grubers oppredningsverk som gjennom ulike prosesser anriker malmen slik at den får et jerninnhold som gjør at den kan anvendes til industrielle formål. Den salg bare varen kalles jernslig, eller bare slig. Her er også administrasjonsbygget og laboratoriet til bedriften. Oppredningsverket består av flere bygninger som er satt opp på ulike tidspunkt. Toget tømmes i Råmalmsiloen. Denne har en kapasitet på ca. 50 000 tonn, men kun halvparten er bevegelig masse. Fra Råmalmsiloen transporteres malmen videre med transportband inn til Gammelverket. I dette verket knuses malmen ned til riktig fraksjon, siktes og sendes videre til Jonesverket. I Gammelverket finner vi også magnetittløypa som videreforedler magnetitten i malmen ved hjelp av magnetseparatorer.

Jonesverket har sitt navn fra Jones-separatorene som ved hjelp av sterke magnetfelt separerer hematitt fra jernmalmen. I dette verket finner vi også spiraler for gjenvinning og anrikning av jernslig, og deler av COLORANA® sin prosess. Fra Jonesverket sendes sligproduktene videre til Sligsiloen for mellomlagring, for så å blir transportert ut på et transportbånd. Ferdigproduktene lagres utendørs i store dunger av ulike kvaliteter. Når en båt ankommer fraktes sligen fra dunge- ne til lasteanlegget ved hjelp av hjullastere.

## **2.3 Endring i rammebetingelser**

Rana Gruber sine priser på slig er linket mot spottmarkedet. Bedriften har en sikringsstrategi mot valuta-endringer men ikke for svingninger i spottprisen. I gode tider har dette ført til at selskapet har tjent store penger, noe som var tilfellet i perioden 2010-2013. I 2014 startet en brå nedtur i sligprisen på verdensmarkedet, noe som har ført til store utfordringer for bedriften.

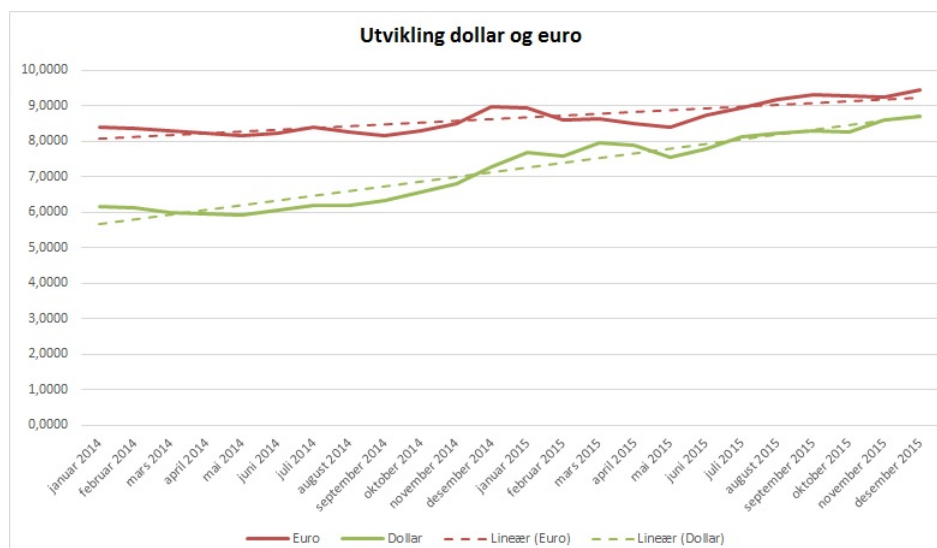


Figur 2.5: Utvikling i sligpris 2014 for spotmarkedet og Rana Gruber (Rana Gruber, 2014a)

### 2.3.1 Dramatisk fall i sligprisen

2014 var et forferdelig år for Rana Gruber og beskrives som et *annus horribilis* av direktøren i årsberetningen for 2014 (Rana Gruber, 2014a). Sligprisene falt 50% på spottmarkedet, fra ca. 140\$ per tonn til ca. 70\$ per tonn, noe som resulterte i et fall på 62% for Rana Gruber (figur 2.5). Spottprisen på slig er prisen man får levert på kai i Kina og derfor er prisen Rana Gruber får vesentlig lavere enn spottprisen siden frakten må trekkes fra. Rabatten har vært på ca. 40\$ per tonn, men etter hvert som prisen har falt har rabatten også blitt justert. Til slutt endte 2014 med et underskudd på 96 millioner kroner, det største i selskapets historie. På grunn av stadig fallende priser ble bedriften også nødt til å nedbemanne med ca. 50 personer i slutten av 2014. Dette utgjorde ca. 20% av arbeidsstokken. Samtidig som bedriften så seg nødt til å nedbemanne, ble det også besluttet å øke produksjonen med 25%. For å klare å øke produksjonen med 25% med færre ansatte, er bedriften nødt til å omstille seg og gjøre ting på andre måter. I 2015 fortsatte prisene å falle og i tredje kvartal stabiliserte prisen seg på 55\$, før den falt videre mot 40\$ i fjerde kvartal. Dette prisfallet har forsterket behovet for omstilling betydelig.

Samtidig som spottprisen for jernslig har falt kraftig i 2014 og 2015 har den norske kronen svekket seg betydelig mot flere utenlandske valuta. I samme periode som sligprisen har falt, har kro-



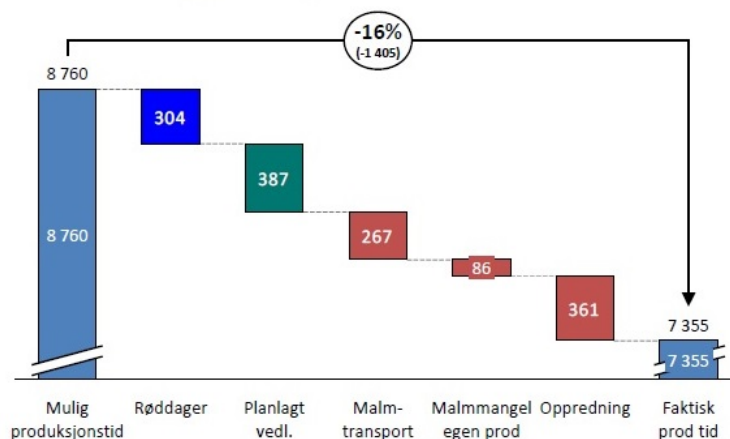
Figur 2.6: Utvikling i dollar og euro mot norske kroner (Norges Bank, 2016)

nen svekket seg 41,1% mot dollar og 12,75% mot euro (figur 2.6). Dette styrker norske eksportbedrifter siden deres varer blir billigere sammenlignet med utenlandske bedrifter. Rana Gruber får betalt for sine produkter i dollar og euro. Hematitten betales i dollar, mens magnetitten betales i euro. Magnetittandelen av produksjonen er lav, og stod for 4,7% av produksjonsvolumet i 2015. Fallet i kronekursen motvirker noe av fallet i sligprisen, men dessverre for Rana Gruber får ikke bedriften den fulle nytten av dette på grunn av at de har valutasikringer med en snittkurs for 2015 på 6,20 NOK per dollar. Snittkursen for 2016 er 6,30 NOK per dollar. En ekstra utfordring på kort sikt har vært at bedriften sikret en sum som baserte seg på at prisen på slig skulle ligge på rundt 100\$ per tonn. Siden prisen har mer enn halvert seg har dette ført til at bedriften har sikret verdier som utgjør mer enn inntektene. Dette har ført til at Rana Gruber har tapt flere millioner fordi bedriften har måttet kjøpe dollar til en kurs på ca. 8,5 NOK for så å selge den umiddelbart for 6,2 NOK. Dette har satt ekstra press på likviditeten i bedriften.

## 2.4 Produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutvikling

I tillegg til fallet i prisene, ble 2014 også preget av store havari på produksjonsutstyret på grunn av dårlig eller manglende vedlikehold. Et av de største havariene skjedde på knuseren som benyttes til dagbruddsproduksjonen. En rapport fra Metso (2014) konkluderte med at vedlikeholdet hadde blitt forsømt over mange år, og at dette havariet ville vært unngått hvis Rana Gruber





Figur 2.7: Oversikt over stanstid oppredningsverk 2014 (Rana Gruber, 2015b)

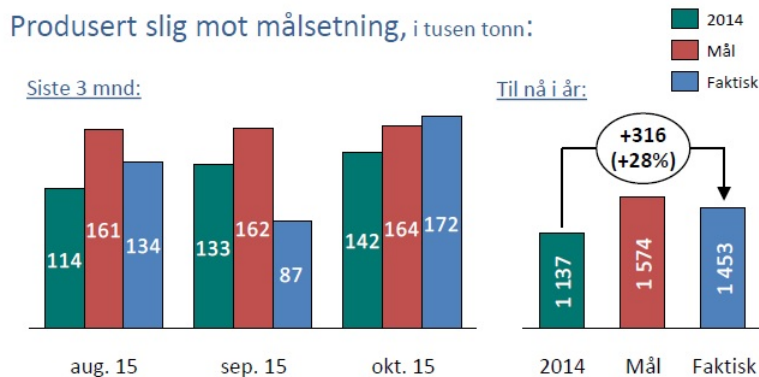
hadde utført forebyggende vedlikehold på knuseren. Havariet endte til slutt opp med en kostnad på ca. 15 millioner. Dette inkluderer leie av et mobilt pukkverk som var nødvendig for å holde produksjonen i gang, samt produksjonsstans i oppredningsverket grunnet for liten tilgang til malm.

Figur 2.7 viser en oversikt over stanstiden i oppredningsverket i 2014. Tilgjengeligheten i oppredningsverket var bare 84% om en inkluderer planlagt stans på røddager, noe som må sies å være meget lavt.

Rana Gruber gikk i 2014 inn en avtale med sin største kunde om en ny 5-årskontrakt. Denne kontrakten gjør at bedriften får solgt alt de produserer, inkludert den planlagte økningen i produksjonen. Hver time det ikke produseres i oppredningsverket vil derfor slå direkte ut på resultatene siden det ikke er mulig å hente inn igjen den tapte produksjonen. Med en estimert stanskostnad på 70 000 NOK per time, førte de 1405 stanstimene i 2014 til et tap på nesten 100 millioner. Å beregne kostnader ved stans av produksjonen i både oppredningsverket og gruva er komplisert, og forklares mer i kapittel 4.4.3 og 5.2.

Året 2015 viste seg også å bli preget av flere kostbare utstyrshavari. I starten av mai førte et 6 uker langt havari på det lengste transportbandet i gruva til et tap på ca. 20 millioner kroner. Selv om det ikke ble utført en rotårsaksanalyse etter denne hendelsen, er det bred enighet om at også dette havariet ble forårsaket av manglende forebyggende vedlikehold på girkassene til trans-





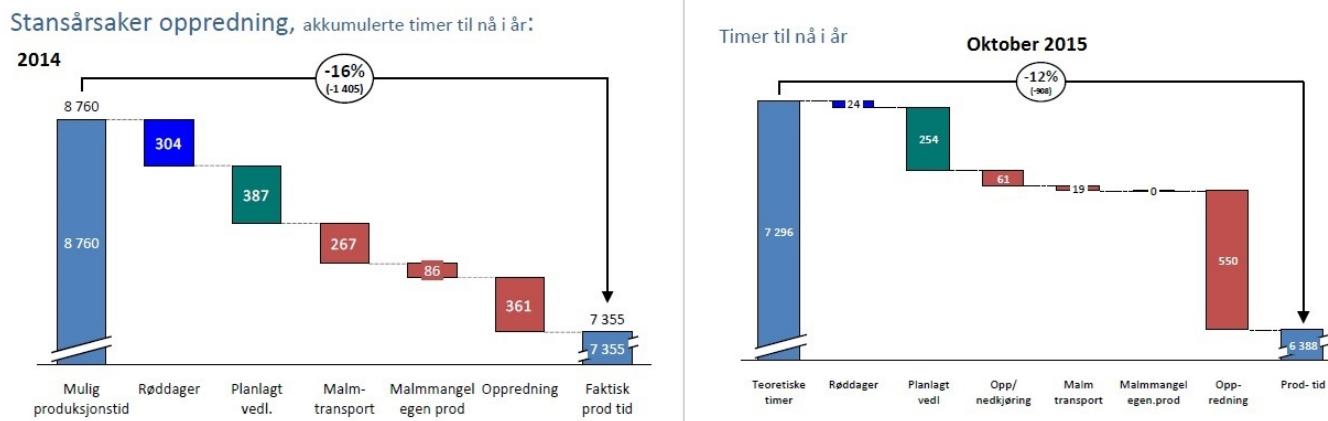
Figur 2.8: Sligproduksjon t.o.m. oktober 2015 (Rana Gruber, 2015b)

portbandet. Dette førte til at alle viktige girkasser på transportband og steinmøller ble inspisert for å unngå lignende situasjoner. Under en slik inspeksjon på girkassen til band 3 i oppredningsverket, ble det konstatert at pinjongen på denne girkassen var ødelagt. Dette førte til en stans på 271 timer i oppredningsverket, og en kostnad på ca. 20 millioner.

2015 var også preget av flere mindre hendelser, spesielt i gruva. Det toppet seg i oktober da flere dumpere og gruvelastere sviktet med korte mellomrom, samtidig som vedlikeholdsavdelingen hadde høyt fravær. Dette førte til at man i oktober i snitt bare hadde 1 dumper og 1 laster tilgjengelig, av henholdsvis 6 og 5. Som beskrevet ovenfor har bedriften hatt flere uheldige hendelser knyttet til vedlikeholdet av utstyrsparken, i tillegg til krevende rammebetingelser. På tross av dette viser produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutviklingen positive tendenser (Rana Gruber, 2015b).

## Produksjonsutviklingen

Selv om sligproduksjonen i 2014 startet veldig dårlig på grunn av havariet på storknuseren, endte man opp med en liten produksjonsøkning på ca. 1000 tonn slig til 1,454 millioner tonn fra året før og dermed ny produksjonsrekord. I 2015 har produksjonen av slig økt ytterligere, og per 31.10 er det produsert 1,453 millioner tonn. Dette er en økning på 316 000 tonn sammenlignet med samme periode året før, og man ser ut til å sette en klar produksjonsrekord for 2015. Oktober måned var også en meget god enkeltmåned, og det ble satt ny produksjonsrekord i oppredningsverket både for påsatt mengde malm og for mengde slig (171 610 tonn). Dette vises i figur



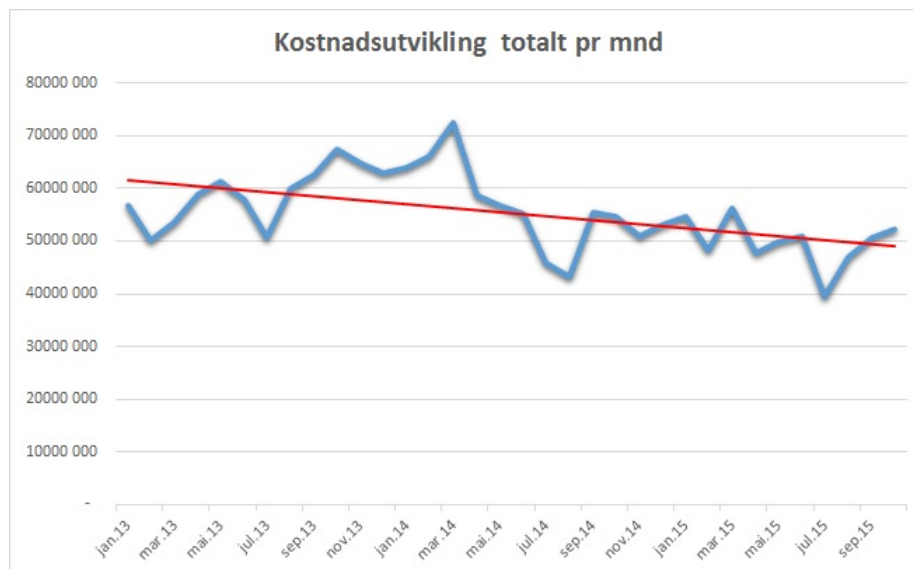
Figur 2.9: Utvikling nedetid oppredningsverket

## 2.8.

Også produksjonen i gruva viser en positiv utvikling ifølge månedsrapporten fra oktober ([Rana Gruber, 2015b](#)). Sammenlignet med 2014 har produksjonen økt med 548 000 tonn til 4,193 millioner tonn, noe som betyr en produksjonsøkning på 15%. Dette er også noe over målsetningen på 4,152 millioner tonn per oktober. Når det gjelder produksjonen i gruva er det vel så viktig og interessant å se hvor produksjonsøkningen kommer fra. Som nevnt tidligere produserer Rana Gruber selv fra underjordsgruva, mens LNS produserer fra dagbruddet. Egenproduksjonen er mye billigere enn produksjonen fra LNS, og en har fokusert mye på å øke produksjonen fra underjordsgruva. I 2014 kom 1,94 av 4,383 millioner tonn malm fra underjordsgruva, noe som utgjør ca. 44% av totalproduksjonen. Så langt i 2015 er det produsert 2,173 av 4,193 millioner tonn malm fra underjordsgruva, noe som utgjør ca. 52% av totalproduksjonen. Dette viser at andelen som produseres i underjordsgruva har økt på tross av flere driftsproblemer i 2015. Dette kan tyde på at gruveproduksjonen har blitt mye mer effektiv, noe som henger sammen med at det ble gjennomført et Lean-prosjekt i gruva i 2014 som fokuserte på å fjerne sløsing og optimalisere verdikjeden.

## Vedlikeholdsutviklingen

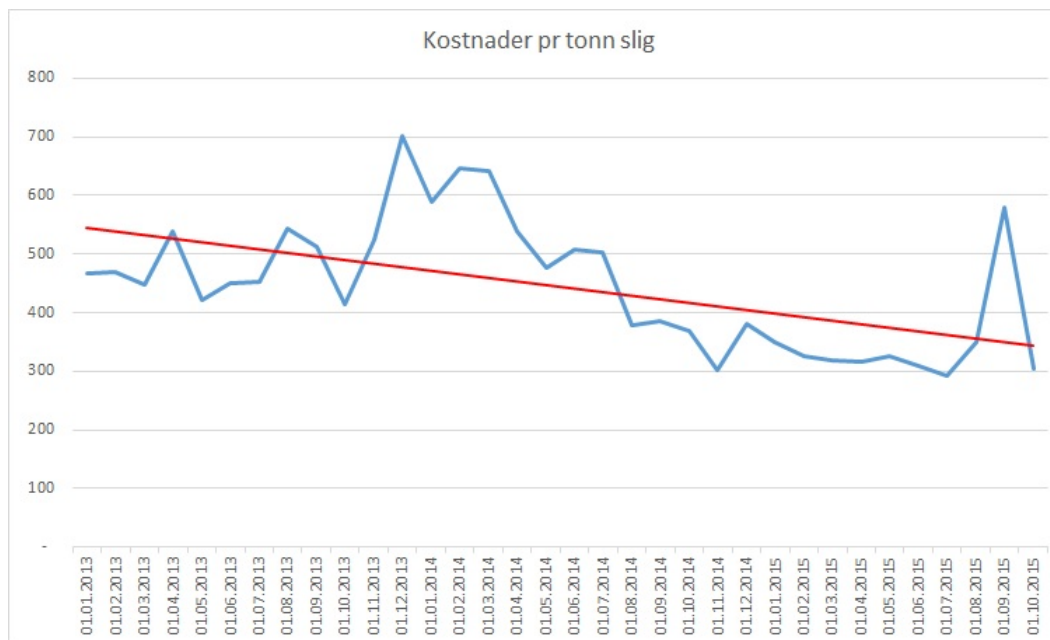
I oppredningsverket registreres nedetiden manuelt og status presenteres i månedsrapportene ([Rana Gruber, 2015b](#)). All stanstid registreres og i månedsrapportene er det delt inn i 6 hovedka-



Figur 2.10: Utvikling kostnader

tegorier. Det ble startet å produsere månedssrapporter i 2014 og derfor viser figur 2.9 utviklingen fra 2014 og ut oktober 2015. I 2013 endte den totale stanstiden på ca. 14%, i 2014 var stanstiden ca. 16% mens den for 2015 ligger på 12% ved utgangen av oktober. Her utgjør stansen på band 3 på grunn av havariet på girkassen hele 4% av nedetiden for 2015.

En kan lese av figur 2.9 at reduksjonen i stanstiden så langt i 2015 skyldes at oppredningsverket har produsert på flere røddager, det har vært mindre stans for å utføre planlagt vedlikehold og det har vært mindre stans på grunn av mangel på malm. En kan også se at antall stanstimer under kategorien oppredning har økt fra 361 til 550, og når dette skrives gjenstår det enda 2 måneder av året. Denne kategorien inneholder alle uforutsette stanser, ofte små stanser opp mot ett døgn, og vil gi en god indikasjon på vedlikeholdsutviklingen og andelen korrektivt vedlikehold i oppredningsverket. Hvis en trekker fra de 271 timene som er knyttet til havariet på girkassen til band 3, er det registrert 279 timer stans i kategorien oppredning. Hvis de to siste månedene i 2015 blir like gode som for 2014 vil andelen timer til kategorien oppredning gå ned sammenlignet med 2014, forutsatt at timene knyttet til havariet holdes utenfor. Med ca. 1000 timer stans i 2015 må det uansett kunne sies at det er et betydelig forbedringspotensial hva gjelder nedetid i oppredningsverket, selv om dette er en reduksjon på rundt 400 timer fra året før. Det bør nevnes at måten nedetid registreres i Rana Gruber ikke samsvarer med definisjonene i



Figur 2.11: Utvikling kostnader pr tonn slig

NS-EN 13306, men dette er slik bedriften har valgt å registrere nedetiden.

## Kostnadsutviklingen

Figur 2.10 viser utviklingen i totale kostnader fra januar 2013 til oktober 2015. Her viser trenden at man har gått fra å ligge på rundt 60 millioner kroner i månedlige kostnader i januar 2013 til å ligge i underkant av 50 millioner kroner i oktober 2015. Dette tilsvarer en reduksjon i månedlige kostnader på ca. 17%. Når vi ser på figur 2.11 ser vi at kostnader pr. tonn slig har falt fra rundt 550 kr/tonn til rundt 350 kr/tonn, en reduksjon på ca. 37%!

Den betydelige kostnadsreduksjonen pr. produserte tonn henger sammen med at også produksjonen har økt betydelig. Derfor gir figur 2.10 et bedre bilde over kostnadsutviklingen enn figur 2.11. Det er også viktig å forstå at hvis Rana Gruber hadde fortsatt som før og økt produksjonen uten å gjennomføre forbedringstiltak, ville kostnadene ha økt istedenfor å falle. Totalt har Rana Gruber gjennomført forbedringstiltak som har redusert de årlige kostnadene i bedriften med ca. 384 millioner kroner de siste årene, ifølge direktøren. En kan også se at kostnaden pr. tonn slig varierer veldig fra måned til måned, og vil være veldig sårbar for produksjonsstanser i oppredningsverket. Dette ser vi for eksempel i perioden september-oktober 2015 da kostnaden øker til

nesten 600 kr/tonn for så å falle ned til ca. 300 kr/tonn grunnet havariet på giret til band 3.

Selv om kostnadskurvene viser en positiv utvikling har de store havariene i 2014 og 2015 påvirket denne utviklingen i negativ retning. Uten havariene ville kostnadsutviklingen i Rana Gruber vist en enda bedre utvikling enn det som er tilfellet i dag.

# Kapittel 3

## Vedlikeholdsteori og -konsepter

### 3.1 Generelt om vedlikehold

Terminologi er viktig for å sikre at personer i en organisasjon eller mellom organisasjoner snakker samme språk og har samme oppfattelse av hva forskjellige faguttrykk betyr. NS-EN 13306 (CEN, 2010) er en europeisk standard for vedlikeholdsterminologi som også er gjort til norsk standard. Denne standarden definerer vedlikehold som (fritt oversatt):

☞ **Vedlikehold:** En kombinasjon av alle tekniske og administrative aktiviteter, inkludert ledelsesaktiviteter, som har til hensikt å opprettholde eller gjenvinne en tilstand som gjør en enhet i stand til å utføre en krevd funksjon.

Andre viktige definisjoner i denne standarden er:

☞ **Tilgjengelighet:** En enhets evne til å være i en tilstand der den virker som den skal, når den skal, under gitte forhold, gitt at de nødvendige eksterne ressurser er til stede.

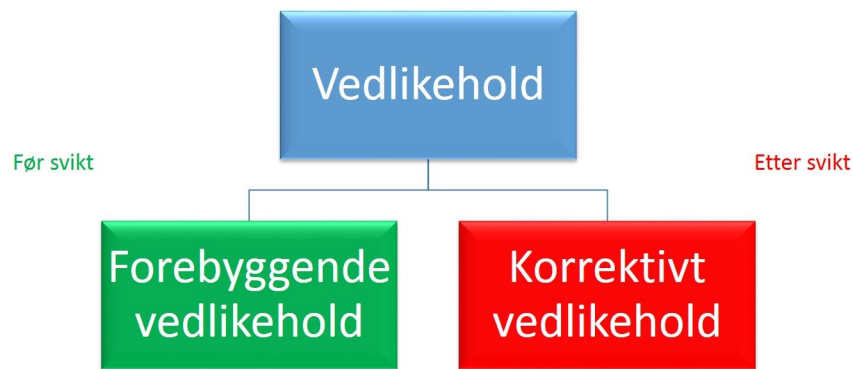
☞ **Pålitelighet:** En enhets evne til å utføre en krevd funksjon under gitte betingelser over en gitt tidsperiode.

☞ **Svikt:** Hendelse der en enhets evne til å utføre en krevd funksjon opphører.

☞ **Feil:** Tilstand som er karakterisert ved at enheten ikke er i stand til å utføre en krevd funksjon. Hvis dette er som følge av forbyggende vedlikehold, andre planlagte aksjoner eller mangel på eksterne ressurser, betraktes ikke tilstanden som feil.

☞ **Feilmode:** En mulig feiltilstand hos en enhet hvor krevd funksjon ikke er tilfredsstillt.

## 3.2 Vedlikeholdstyper



Figur 3.1: Forskjellige typer vedlikehold.

Vedlikehold deles inn i to hovedkategorier (se figur 3.1). Disse defineres av NS-EN 13306 som:

☞ **Forebyggende vedlikehold:** Vedlikehold som utføres etter forutbestemte intervaller eller ifølge forutbestemte kriterier, og som har til hensikt å redusere sannsynligheten for svikt eller funksjonsnedsetting (degradering).

☞ **Korrektivt vedlikehold:** Vedlikehold som utføres etter at en feil (tilstand) er oppdaget, og som har til hensikt å bringe en enhet tilbake i en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon.

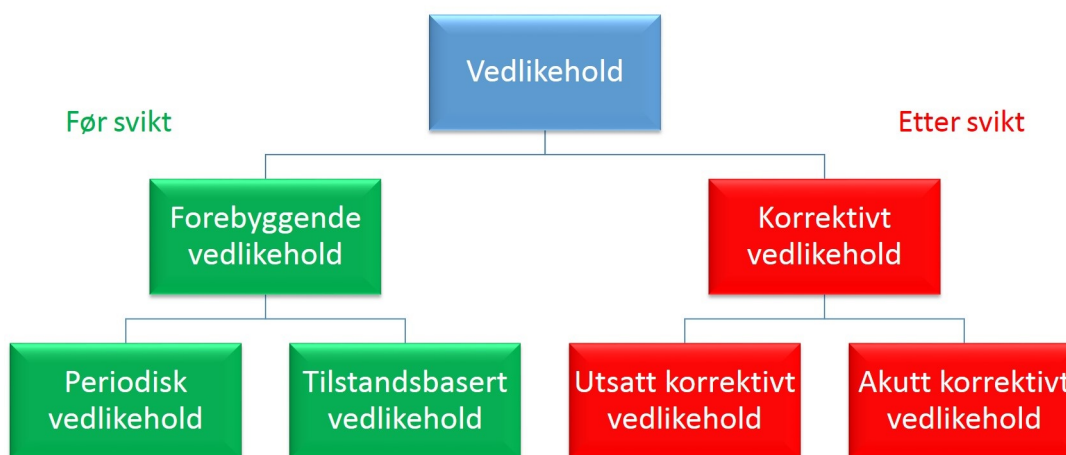
Om en bedrift skal utføre forebyggende vedlikehold, basere seg kun på korrektivt vedlikehold eller en kombinasjon av begge deler, avhenger av mange ulike faktorer. Dette kan for eksempel være faktorer som sikkerhet, tilgjengelighet, kostnader, miljømessige konsekvenser og tapt produksjon. [Wilson \(2013\)](#) sier at valg av vedlikeholdstype må ta utgangspunkt i følgende spørsmål:

*«Hvis korrektivt vedlikehold er valgt, vil det kunne oppstå problemer med hensyn til sikkerhet, miljø, tapt produksjon, redusert tilgjengelighet eller andre kostnader?»*

Hvis svaret er ja til en eller flere av disse kriteriene må man velge forebyggende vedlikehold. Hvis svaret er nei, kan det være best å kun utføre korrektivt vedlikehold.

En annen metode som kan benyttes til å bestemme om en skal utføre korrektivt eller forebyggende vedlikehold er å utføre en RCM-analyse. I en RCM-analyse definerer en hvilket utstyr som er kritisk og om utstyret har feilmoder som gjør at en kan benytte forebyggende vedlikehold. Mer om RCM-analyser i kapittel 3.6.1

Som figur 3.2 viser deles forebyggende og korrektivt vedlikehold inn i to underkategorier hver.



Figur 3.2: Forskjellige typer vedlikehold.

Disse gjennomgås mer detaljert i de følgende delkapitlene.



### 3.2.1 Periodisk forebyggende vedlikehold

Periodisk vedlikehold er vedlikehold som blir utført etter bestemte tidsintervaller. Tidsintervallene er enten kalenderbasert eller driftsbasert, og er basert på leverandørens anbefalinger eller egne driftserfaringer. For at periodisk vedlikehold skal være effektivt må sviktraten øke jo lengre tid enheten er i drift. Sviktraten til en enhet angir sannsynligheten for at en svikt oppstår. Hvis sviktraten er konstant betyr det at sannsynligheten for at det oppstår en svikt er lik enten enheten er helt ny eller har vært i drift i en tid. Fordelen med periodisk vedlikehold er at bedriften kan tilpasse produksjon og ressurser til vedlikeholdsvinduene slik at vedlikeholds- og driftspersonell kan benyttes effektivt. Sannsynligheten for at det oppstår uforutsette hendelser og kostnader blir også lavere. Ulempen er at en skifter utstyr som enda har en viss levetid igjen, og dermed påfører bedriften ekstra kostnader. Aksjoner som utføres er for eksempel rengjøring, smøring, overflatebehandling, justering, funksjonstest og utskifting. Periodisk vedlikehold defineres i NS-EN 13306 som:

☞ **Periodisk vedlikehold:** Forbyggende vedlikehold som gjennomføres etter et fast tidsintervall eller etter en bestemt bruk, uten noen forutgående tilstandskontroll.

### 3.2.2 Tilstandsbasert forebyggende vedlikehold

Tilstandsbasert vedlikehold går ut på at tilstanden til en enhet blir overvåket og kontrollert, og aksjoner utføres kun når det er nødvendig. Overvåkingen er for eksempel oljeanalyser, vibrasjonsmålinger, termografi eller andre ikke-destruktive tester (NDT). Overvåkingen kan også være i form av inspeksjoner der de menneskelige sansene benyttes. Fordelen med tilstandsbasert vedlikehold er at enhetene kan overvåkes mens de er i drift slik at produksjonen kan gå til enhver tid. I tillegg blir ikke komponenter eller enheter byttet ut før de er utslitte, noe som fører til lavere vedlikeholdskostnader.

☞ **Tilstandsbasert vedlikehold:** Forbyggende vedlikehold som består av kontroll og overvåking av enhetens tilstand med hensyn til funksjon og egenskaper, samt eventuelt etterfølgende aksjoner.

For at tilstandsbasert vedlikehold skal kunne benyttes må følgende forutsetninger være oppfylt ifølge Norddal (2013):

- Det må være mulig å detektere redusert sviktmotstand for en spesifikk feilmode.
- Det må være mulig å definere en potensiell svikttilstand som kan bli detektert av en eksplisitt aksjon.
- Det må være et rimelig konsekvent aldersintervall mellom tiden fra en potensiell svikt til en funksjonell svikt oppstår.

### 3.2.3 Utsatt Korrektivt Vedlikehold

Utsatt korrektivt vedlikehold er vedlikehold som utføres etter at en svikt har oppstått, men som ikke utføres umiddelbart. Hvis enheter har lav kritikalitet kan en for eksempel velge å ikke utføre forebyggende vedlikehold, men heller velge å la enheten gå til svikt for deretter å utføre vedlikehold. Definisjonen i NS-EN 13306 er:

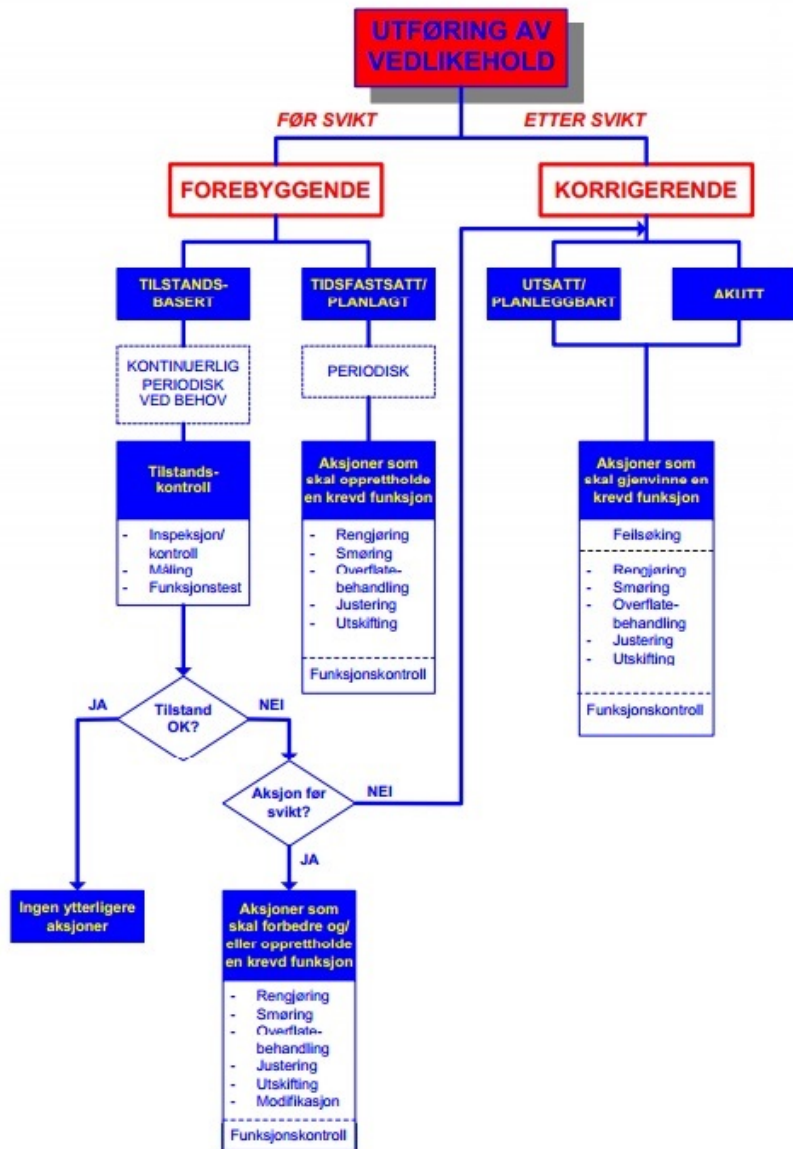
☞ **Utsatt korrektivt vedlikehold:** Korrektivt vedlikehold som ikke gjennomføres umiddelbart etter at en feiltilstand er identifisert, men som er utsatt i henhold til gitte vedlikeholdsregler.

### 3.2.4 Akutt korrektivt vedlikehold

Dette er den aller verste formen for vedlikehold, og noe alle bedrifter streber etter å unngå. Akutt korrektivt vedlikehold kan ha mange ulike årsaker, men fører ofte til alvorlige og langvarige driftsstanser, utslipp til miljø, fare for personskade og store vedlikeholdskostnader. I tillegg er det en stor belastning for de ansatte i en bedrift hvis det er mye akutt korrektivt vedlikehold som fører til stor arbeidsbelastning og overtid.

☞ **Akutt korrektivt vedlikehold:** Korrektivt vedlikehold som gjennomføres umiddelbart etter at en feil er identifisert for å unngå uakseptable konsekvenser.

Figur 3.3 oppsummerer de forskjellige vedlikeholdstypene.



Figur 3.3: Typer vedlikehold (Schjølberg, 2013)

### 3.3 Lean

Begrepet Lean ble første gang gjort kjent i 1991 da boken *The Machine That Changed the World* ble utgitt (Womack et al., 1991). Boken var resultatet av et forskningsprosjekt i regi av MIT, som hadde som mål å undersøke hvordan de japanske bilprodusentene, og spesielt Toyota, hadde



Figur 3.4: 5 Lean-prinsipper

klart å ta så store markedsandeler i verden. De grunnleggende ideene bak Lean-tankegangen ble videreutviklet av Womack og Jones i deres oppfølger *Lean Thinking* fra 1996 (Womack and Jones, 1996). Denne boken konkretiserer Lean-konseptet og presenterer de fem Lean-prinsippene, samt viser til eksempler på implementering av Lean i ulike virksomheter.

Det finnes utallige definisjoner og forklaringer på Lean. Den enkleste definisjonen er at Lean betyr elimineringen av sløsing. Toyota har definert 7 kilder til sløsing; transport, lager, bevegelse, venting, overproduksjon, over-prosessering og skrap. For at bedriften skal bli Lean, må det jobbes med å fjerne sløsing innenfor de 7 kildene.

Womack and Jones (1996) beskriver 5 Lean-prinsipper (figur 3.4). Først må man spesifisere verdien som produseres/tilbys sett med kunden sine øyne. Hva er egentlig kunden villig til å betale for? Neste steg er å identifisere alle aktivitetene i verdikjeden for å identifisere hvilke aktiviteter som skaper verdi for kunden. Neste prinsipp går ut på å skape flyt i produksjonsprosessen og eliminere sløsing. For å nå målsetningen om å bli Lean, må en bedrift skape flyt i produksjonen og unngå driftsforstyrrelser. På denne måten vil det bli mulig å produsere kun etter kundenes etterspørsel og unngå overproduksjon (pull/sug). Det siste prinsippet går ut på at man identifiserer svakheter og gjentakende problemer, og søker å forbedre og perfeksjonere i en kontinuerlig prosess.

Det er også utviklet flere Lean-verktøy som skal bidra til forbedringsarbeidet. To av disse verktøyene beskrives nedenfor, og vil være viktige i Rana Gruber sitt forbedringsarbeid.

### 3.3.1 Single-Minute Exchange of Dies - SMED

SMED er et Lean-verktøy utviklet hos Toyota, og er beskrevet i blant annet Nicholas (2010). Forkortelsen SMED står for Single-Minute Exchange of Dies og ble i sin tid utviklet for å redusere

omstillingstiden på pressene hos Toyota. I norsk industri har SMED vært populært hos smelteverksindustrien, og bedrifter som Hydro, Alcoa og Celsa. Verktøyet består av følgende:

### **Steg 1 - Identifiser interne og eksterne omstillingsaktiviteter**

Hele omstillingsprosessen kartlegges og aktivitetene defineres som enten interne eller eksterne. Interne aktiviteter er aktiviteter som må gjøres under en stans, mens eksterne aktiviteter kan gjøres uten stans på utstyret. Før gjennomføring av en SMED-analyse er det vanlig at både interne og eksterne aktiviteter blir utført etter at utstyret er stoppet.

### **Steg 2 - Konverter interne aktiviteter til eksterne aktiviteter**

I dette steget skal først alle eksterne aktiviteter flyttes slik at de blir utført mens utstyret er i drift. Dette grepet reduserer ofte stanstiden med 50%. Videre skal en forsøke å endre noen av de interne stegene til eksterne steg, enten ved å endre rutiner eller ved å forbedre/forenkle utstyret.

### **Steg 3 - Forbedre interne og eksterne aktiviteter**

Steg 3 går ut på at man først forsøker å redusere lengden eller eliminere de interne aktivitetene, for så å redusere lengden eller eliminere de eksterne aktivitetene.

### **Steg 4 - Eliminer omstilling**

Intensjonen med SMED er til syvende og sist å redusere behovet for omstilling helt. Dette vil ikke alltid være mulig og vil avhenge av produksjonsprosessen og utstyret til bedriften. I Rana Gruber sitt tilfelle vil målet med steg 4 være å redusere tidsbruken til et minimum.

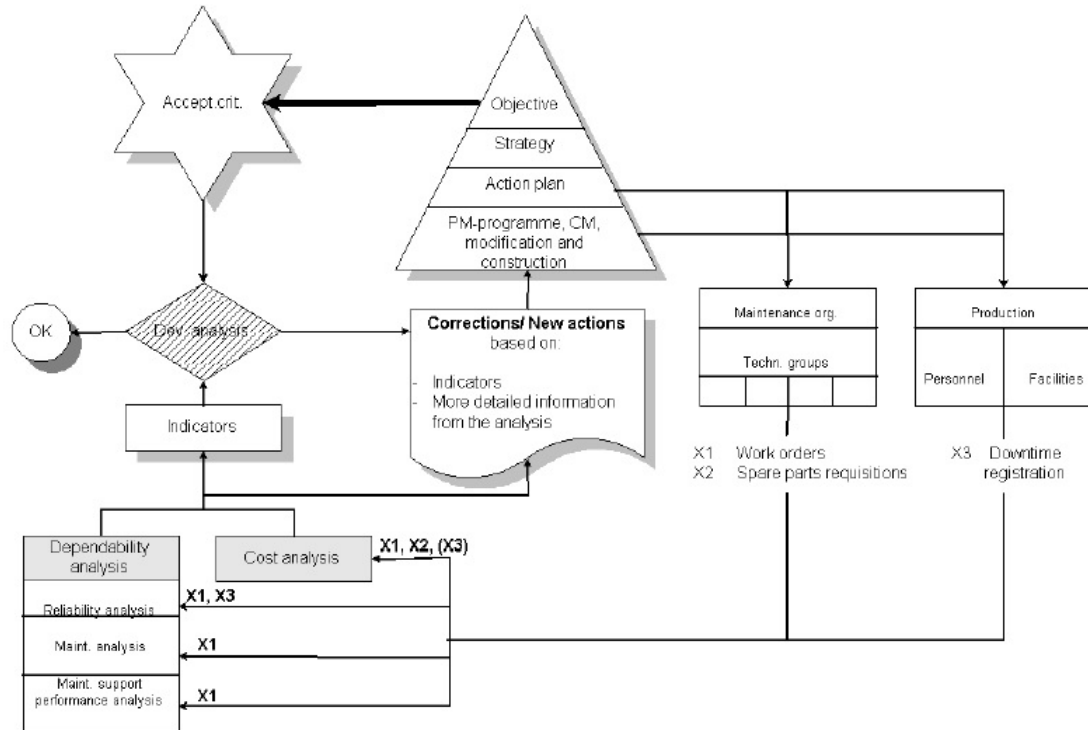
#### **3.3.2 5S - orden og ryddighet satt i system**

5S er en metode for å etablere og opprettholde en høy standard på orden, system og ryddighet på arbeidsplassen, eller sagt på en annen måte orden og ryddighet satt i system. Metoden kalles 5S fordi den består av 5 japanske ord som begynner på S. Å implementere 5S vil si å trinnvis gjennomføre følgende 5 trinn (Bye, 2009):

- *Sortere* (Seiri): Innebærer fjerning av unødvendig material/utstyr i et arbeidsområde. Bare det nødvendige utstyret for arbeidet bør være til stedet. Alt annet lagres på en annen plass eller kastes. Dette vil i de fleste tilfeller føre til en reduksjon av utstyr, produkter og deler i området. Dette vil i sin tur føre til at det blir mye enklere å holde oversikt, og tiden brukt til leting etter utstyr eller deler blir redusert.
- *Systematisere* (Seiton): Alt utstyr som er definert som nødvendig skal ha sin faste, oppmerkede plass. Dette gjør arbeidsområdet mer oversiktlig, det blir lett å finne utstyr og utstyr som er borte blir oppdaget umiddelbart. Utstyr som brukes ofte plasseres i nærheten av arbeidsplassen, mens det som brukes sjeldnere plasseres lengre unna.
- *Skinne* (Seiso): Grundig rengjøring av arbeidsplass, fellesareal, maskiner og utstyr. En ren arbeidsplass er nødvendig for en god arbeidsdag, og er også med på å sikre et bedre arbeidsmiljø. En ren arbeidsplass gjør det lettere å finne problemer og feil. Rengjøringen er også viktig som en inspeksjonsprosess, og ved å eliminere kilden til tilgrisingen vil også tilgjengeligheten på utstyret øke.
- *Standardisere* (Seiketsu): Erfaringen fra de 3 foregående trinnene samles inn og gjennomgås. På bakgrunn av disse lages det standarder slik at det nivået man har oppnådd blir standard. Videre må det defineres hvem som har ansvar for de forskjellige områder og utstyr, samt hvem som tildeler ansvar. Dette krever at man beskriver oppgaver, lager nødvendige instruksjoner og har et system for oppfølging av orden og renhold.
- *Sikre* (Shitsuke): Sikre betyr å opprettholde og videreutvikle nivået man har oppnådd i de 4 første trinnene. Det må etableres normer og regler som er motiverende å følge, og som fremmer arbeidet med kontinuerlig forbedring. Hvis ikke kan nivået sakte men sikkert falle tilbake til slik det var før. Et standardisert evalueringskjema benyttes for å dokumentere nivået, og om utviklingen er positiv eller negativ.

### 3.4 Vedlikeholdsstyring

Vedlikeholdsstyring er ifølge NS-EN 13306 definert som:



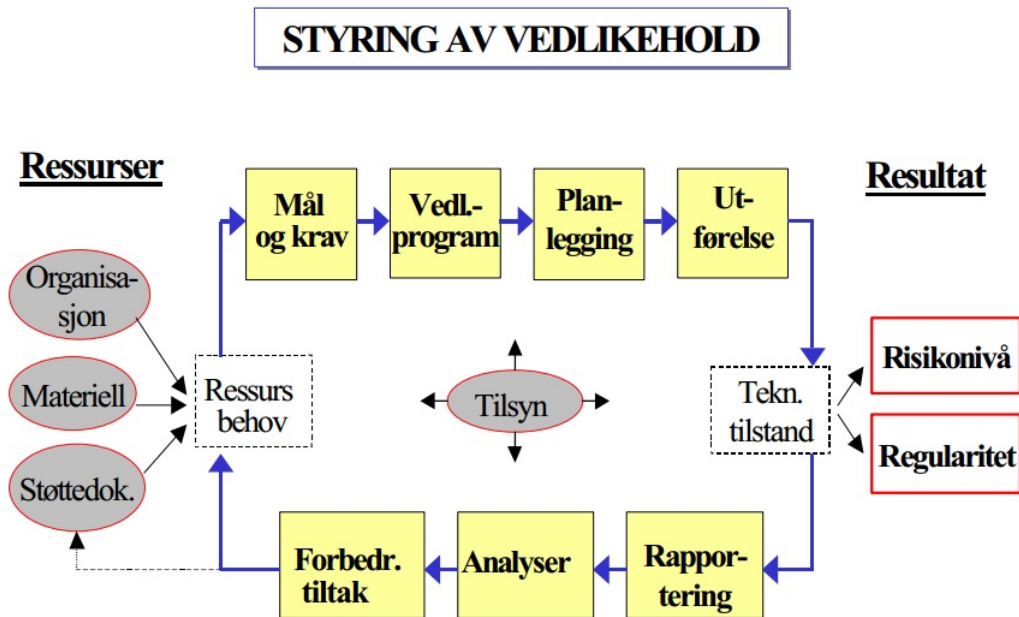
Figur 3.5: Modell for vedlikeholdsstyring (Schjølberg, 1996)

☛ **Vedlikeholdsstyring:** Alle aktiviteter utført av ledelsen som bestemmer vedlikeholdsmåsetninger, strategier og ansvar samt implementering av disse gjennom vedlikeholdsplanlegging, vedlikeholdskontroll, forbedring av vedlikeholdsaktiviteter og økonomi.

Det finnes flere modeller som illustrere hvordan vedlikeholdsstyringen utføres. To eksempler på slike modeller er vedlikeholdsstyringssløyfa fra [Oljedirektoratet \(1998\)](#) og modellen fra [Schjølberg \(1996\)](#) (figur 3.5).

### 3.4.1 Modell for vedlikeholdsstyring

Som figur 3.5 viser er utgangspunktet for denne modellen at bedriften har etablert mål, strategi, handlingsplan og vedlikeholdsplaner. Disse danner grunnlaget for hva drifts- og vedlikeholdsorganisasjonene skal gjøre og registrere, for eksempel hvor mye som skal produseres og hvor mye forebyggende vedlikehold som skal utføres. Registreringene benyttes til å utføre analyser som



Figur 3.6: Vedlikeholdsstyringsløyfe (Oljedirektoratet, 1998)

kan føre til at mål, strategier, handlingsplaner og vedlikeholdsprogram må endres. Slik sikrer denne modellen kontinuerlig forbedring i bedriften.

### 3.4.2 Vedlikeholdsstyringsløyfa

I 1998 presenterte Oljedirektoratet resultatet fra et prosjekt som hadde som mål å utvikle en metode for systematisk og helhetlig vurdering av oljeselskapenes eget vedlikeholdsstyringsystem (Oljedirektoratet, 1998). De presenterte en modell hvor styring av sikkerhetsrelatert vedlikehold er framstilt som en overordnet prosess (styringsløyfe), som ved hjelp av nødvendig ressursinnsats produserer produkter i form av for eksempel sikkerhet og regularitet (figur 3.6). Modellen viser hvordan ressursene i form av vedlikeholdsorganisasjonen, materiell og støttedokumentasjon styres i en kontinuerlig prosess for å oppnå ønsket teknisk tilstand, regularitet og risikonivå.

Vedlikeholdsstyringen skjer ved at det først etableres mål og krav, det etableres et vedlikeholdsprogram basert på disse målene og kravene, og vedlikeholdet planlegges og utføres i henhold til dette programmet. Videre tilbakerapporteres resultatene, disse analyseres og eventuelle forbedringstiltak iverksettes. Sløyfa er dermed lukket.



For at vedlikeholdet skal være effektivt må alle elementene i sløyfa være på plass. Gjennom ledelse og verifikasjon (tilsyn) av hvert av elementene i sløyfa vil en etter hvert forbedre vedlikeholdsstyringen og lukke eventuelle åpninger i sløyfa. Hvilket element som vektlegges avhenger av hva som er status i den aktuelle bedriften.

### 3.4.3 Databaserte vedlikeholdsstyringssystem - CMMS

Det finnes flere leverandører av databaserte vedlikeholdsstyringssystem, for eksempel IFS, SAP, Plania og Infor. Et databasert vedlikeholdsstyringssystem er et dataverktøy som benyttes til vedlikeholdsstyring hos en bedrift. Rana Gruber hadde tidligere MP2 fra Infor, og gikk over til Infor EAM i 2011.

## 3.5 Vedlikeholdsplanlegging

Vedlikeholdsplanlegging er ikke spesifikt definert i NS-EN 13306. Ifølge [Márquez \(2007\)](#) er vedlikeholdsplanlegging en vedlikeholdsstyringsaktivitet som blir utført for å gjennomføre vedlikeholdsplanen. En vedlikeholdsplan er ifølge NS-EN 13306 definert som:

☛ **Vedlikeholdsplan:** Strukturert og dokumentert sett med oppgaver som inkluderer aktiviteter, prosedyrer, ressurser og tidsestimater som kreves for å utføre vedlikehold.

Ifølge [Palmer \(2012\)](#) er ikke vedlikeholdsplanlegging å lage detaljerte prosedyrer for hver enkelt jobb eller å finne fram deler og verktøy i forkant av utførelsen av jobber. Vedlikeholdsplanlegging handler ifølge Palmer om å lære av tidligere utførte jobber og dermed unngå å gjenta feil og skape forsinkelser, i tillegg til at deler og verktøy er tilgjengelig. Det handler også om å gi arbeidsledere en oversikt over omfang og et estimat over nødvendig tidsbruk for jobbene slik at de kan planlegge gjennomføringen av jobbene på en mest mulig effektiv måte.

### 3.5.1 Vedlikeholdsplanlegging og vedlikeholdsplaner

Doc Palmer skriver i boken *Maintenance Planing & Scheduling Handbook* (Palmer, 2012) at andelen skrutid, tiden man utfører produktivt arbeid, i en tradisjonell industribedrift ligger på 25-35%. Resten av tiden går med til ikke-produktiv tid som venting på jobber, leting etter deler og verktøy, pauser, venting på avklaringer osv. Palmer beskriver også hvordan bedrifter kan oppnå en andel skrutid på 55% ved å ta i bruk 6 vedlikeholdsplanleggingsprinsipper (maintenance planning principles) og 6 vedlikeholdsplan-prinsipper (maintenance scheduling principles).

### 3.5.2 Vedlikeholdsplanleggingsprinsipper

1. **Separer planleggere i en egen gruppe.** Planleggerne må organiseres i en egen gruppe eller avdeling for å legge til rette for spesialisering innen planleggingsteknikker og fokus på fremtidig arbeid.
2. **Fokuser på fremtidig arbeid.** Planleggerne må fokusere på fremtidig arbeid og planlegge ferdig jobber som tilsvarer en ukes arbeid slik at en ukeplan kan utarbeides. Etter at jobbene har blitt utført, må planleggeren få tilbakemelding på hvordan utførelsen gikk. Planleggeren kan da oppdatere planene sine og forbedre seg.
3. **Dokumentasjon på komponentnivå.** Dokumentasjonen må lagres på komponentnivå basert på tag-nummer. De fleste vedlikeholdsaktivitetene er repetitive over en lang nok tidsperiode. Dette gjør at planleggere, og andre som har behov for informasjon, kan bruke historikken til utstyret i planleggingen av nye jobber. Informasjonen kan også benyttes som beslutningsunderlag i fornyelsesprosesser.
4. **Estimater basert på ekspertisen til planleggerne.** Planleggerne bruker sin erfaring og kompetanse sammen med historikk, for å estimere tidsbruken på en arbeidsordre. Estimaten skal baseres på at en kapabel tekniker utfører jobben og at det ikke oppstår uforutsette problemer.
5. **Anerkjenn kompetansen til fagarbeiderne.** Planleggerne skal anerkjenne kompetansen til fagarbeiderne og skal i størst mulig grad beskrive *hva* som skal gjøres og ikke *hvordan* det skal gjøres. Målet er at alle jobber som skal utføres skal planlegges, og da er det ikke

mulig å lage detaljerte prosedyrer for hver enkelt jobb. Planleggeren legger inn nødvendige deler og materiell som trengs på arbeidsordren og lager en enkel beskrivelse/prosedyre over jobben. Hvis dette er en jobb som er repeterbar gjennomgås denne beskrivelsen sammen med teknikerens etter at jobben er utført, med sikte på å forbedre, forenkle og detaljere.

6. **Mål prestasjonene med skrutidsanalyse.** Skrutid er et måltall for effektiviteten til arbeidsstokken og til planleggingen. Skrutid er andelen tid en arbeider benytter til å utføre produktivt arbeid. Jobber som er planlagte vil redusere unødvendige forsinkelser, mens dags- og ukeplaner vil redusere ventetiden mellom hver jobb.

### 3.5.3 Vedlikeholdsplan-prinsipper

1. **Planlegg for laveste nødvendig ferdighetsnivå.** Arbeidsordrer må fortelle hvor mange personer som trengs for å utføre jobben, hvilket ferdighetsnivå som er nødvendig og hvor mange arbeidstimer som er nødvendig. Dette er nødvendig informasjon for å opprette en dagsplan.
2. **Planer og jobbprioritet er viktig.** Ukeplaner øker produktiviteten til arbeiderne og gjør at teamlederne kan fokusere på denne ukens jobber uten å bekymre seg for backloggen. Arbeidsordrer må gis riktig prioritet slik at bare nye jobber som absolutt må gjennomføres umiddelbart får endre dags- og ukeplanene.
3. **Lag planer ut i fra estimer av tilgjengelige arbeidstimer.** En planlegger utarbeider en samling med arbeidsordrer som til sammen utgjør en ukeplan. Planleggeren avgjør ikke når de ulike jobbene skal starte og slutte, dette er opp til teamlederen. Jobbene som utgjør ukeplanen planlegges ut i fra estimer over tilgjengelige arbeidstimer for denne uken. 1 uke er en lang nok periode til at usikkerheten i tidsestimatene til enkeltjobber blir jevnet ut over perioden, og er kort nok til å planlegge uten å gjøre for store endringer på planen.
4. **Lag dags- og ukeplaner for all tilgjengelig arbeidstid.** Dags- og ukeplanene skal lages slik at all tilgjengelig arbeidstid er brukt opp. Å planlegge for mer enn 100% av tiden vil føre til at operatørene mister tilliten til at jobbene blir utført. Å planlegge for mindre enn den

tilgjengelige tiden for å ta høyde for uforutsette hendelser er heller ikke nødvendig. For det første så er målet å eliminere uforutsette hendelser. For det andre er det de arbeidsordrene med lavest prioritet som skal forskyves hvis en krise oppstår, og derfor finnes det allerede rom for å håndtere uønskede hendelser.

5. **Teamleder håndterer gjeldende dags arbeid.** Det er teamlederen som skal utarbeide dagsplanene. Disse lages dagen i forvegen og tar utgangspunkt i fremdriften på jobbene fra dagen før, ukeplanen og nye arbeidsordrer med høy prioritet. Teamlederen bestemmer hvem som skal utføre hvilke jobber ut ifra hvilken kompetanse som er nødvendig. Drift og vedlikehold bruker dagsplanene til daglig koordinering.
6. **Mål prestasjonene ved å sjekke overholdelse av planer.** På samme måte som skrutid er et måltall for effektiviteten til arbeidsstokken og planleggingen, så er overholdelsen av planer et måltall på hvor god bedriften er til å lage og følge planer.

## 3.6 Vedlikeholdskonsepter

Det har opp gjennom årene blitt utviklet mange forskjellige vedlikeholdskonsepter. Mange har sitt utspring fra Toyota og deres produksjonssystem Toyota Production System, mens andre stammer fra flyindustrien og militæret. Nedenfor presenteres noen sentrale vedlikeholdskonsepter som kan være aktuelle i det videre arbeidet med å etablere Rana Gruber sitt vedlikeholdskonsept.

### 3.6.1 Reliability Centered Maintenance - RCM

RCM er en metodikk som kombinerer flere kjente analytiske verktøy som feiltreanalyse og FMECA i en systematisk prosess. Hensikten er å identifisere vedlikeholdstypene som må implementeres for å håndtere de ulike feilmodi som kan føre til funksjonsfeil, samt å identifisere hvilke enheter som er kritiske. RCM er en kontinuerlig prosess som baserer seg på erfaringer, statistikk og egne vurderinger bedriften besitter blant sine medarbeidere. Mer om RCM finnes i [Nowlan and Heap \(1978\)](#), [Rausand and Høyland \(2004\)](#) og standarden IEC 60300-3-11 ([NEK, 2009](#)).

### 3.6.2 Total Productive Maintenance - TPM

TPM er et konsept som har som overordnet målsetting å maksimere utstyrseffektiviteten gjennom kontinuerlige forbedringer, for å oppnå null feil, null svikt og null ulykker. Et sentralt element i TPM er operatørvedlikehold, som går ut på operatørene utfører en del enkle vedlikeholdsoppgaver som for eksempel smøring og visuell inspeksjon. Andre viktige element i TPM er 5S - et system for orden og ryddighet, samt måltallet OEE. Ved å multiplisere sammen tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og kvalitet gir OEE en oversikt over hvor effektive maskinene eller produksjonslinjene i fabrikken er. Det finnes utallige bøker og litteratur om TPM, for eksempel [Nicholas \(2010\)](#) og [Nakajima \(1988\)](#).

### 3.6.3 Life Cycle Cost - LCC

Levetidskostnader er et estimat over de totale kostnader som vil påløpe gjennom et systems definerede levetid. Det er ikke bare innkjøpsprisen som er viktig når en skal kjøpe inn nytt utstyr. Mange kostnader er skjulte og kommer ikke til syne før etter at enheten er satt i drift. Disse kostnadene kan være driftskostnader, vedlikeholdskostnader, transportkostnader, administrasjonskostnader osv. Mer om LCC i [Pohl and Nachtmann \(2010\)](#).

### 3.6.4 Lean Maintenance

Lean er et begrep som stammer fra Toyota og deres produksjonssystem Toyota Production System (TPS). Lean Maintenance er et konsept innen Lean som ikke har fått så mye oppmerksomhet før i senere tid. Ifølge [Høyen et al. \(2012\)](#) består Lean Maintenance i å integrere TPM med RCM og dermed få forebyggende vedlikehold gjennom TPM-metodikken, og vedlikeholdsoptimalisering gjennom RCM-metodikken. Fokuset ligger også på å fjerne sløsing innen vedlikehold, noe som fort blir oversett i Lean Production hvor en fokuserer på å eliminere sløsing i produksjonen. Mer om Lean Maintenance i [Smith and Hawkins \(2004\)](#).

### 3.7 Asset Management

Asset management er et begrep som er vanskelig å oversette direkte til norsk. Standarden NS-ISO 55000:2014 (ISO, 2014) har oversatt asset management til *Forvaltning av anlegg og verdier*, men i denne masteroppgaven er asset oversatt til aktiva og asset management er oversatt til aktiva-styring. Sammen med NS-ISO 55001 og 55002 beskriver denne serien hva aktiva-styring betyr og angir retningslinjer og styringskrav.

En aktiva kan være noe konkret eller immateriell, finansielt eller ikke-finansielt, og inkludere vurdering av risiko og forpliktelser. NS-ISO 55000 definerer aktiva og aktiva-styring som:

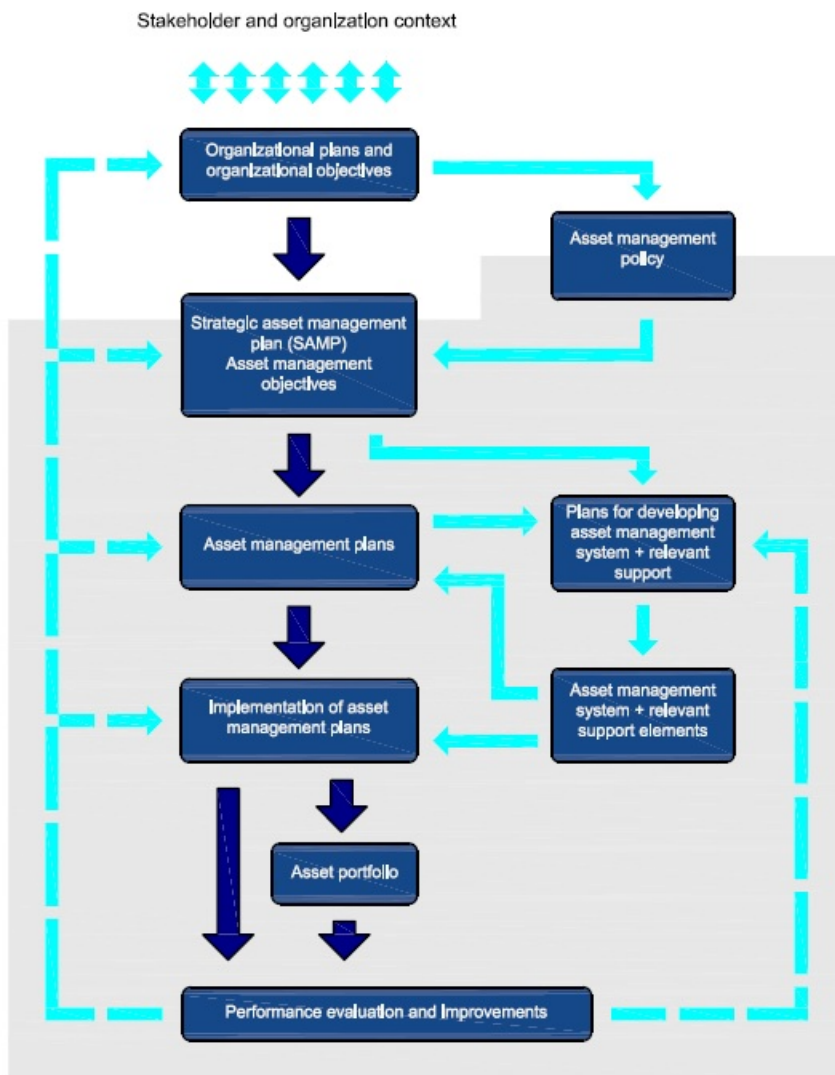
☞ **Aktiva:** Element, ting eller enhet som har potensiell eller faktisk verdi for en organisasjon.

☞ **Aktiva-styring:** Koordinert aktivitet av en organisasjon for å realisere verdien til en aktiva.

Et aktiva-styringssystem består av 7 fundamentale element, og NS-ISO 55001 angir hvilke krav som stilles til dette styringssystemet. Disse kravene er gruppert under de 7 elementene som er:

- Organisasjonens kontekst
- Ledelse
- Planlegging
- Støtte
- Drift
- Ytelses-vurdering
- Forbedring

Figur 3.7 viser sammenhengen mellom sentrale element i et aktiva-styringssystem. En kan se av figuren at dette er en kontinuerlig prosess, og denne figuren kan også benyttes som et verktøy innen vedlikeholdsstyring.



Figur 3.7: Sammenheng mellom sentrale element i et aktiva-styringsystem (ISO, 2014)

Aktiva-styring skal som nevnt ovenfor realisere verdien til en aktiva. For produksjonsbedrifter er en gruppe aktiva for eksempel maskinparken til bedriften. Vedlikehold og vedlikeholdsstyring spiller derfor en sentral rolle i å realisere verdien til en eller flere aktiva i en produksjonsbedrift. Figur 3.7 presenterer begrepene *Strategic Asset Management Plan (SAMP)* og *Asset Management Plans*. Førstnevnte er et overordnet dokument som spesifiserer hvordan organisasjonens mål skal konverteres til aktiva-styringsmål, mens sistnevnte er dokumentert informasjon som spesifiserer hvilke aktiviteter, ressurser og tidsrammer som er nødvendig for å realisere aktiva-styringsmålene til en aktiva eller en gruppe aktiva.

## 3.8 World Class Maintenance - WCM

World Class Maintenance er et begrep som ofte blir brukt i publikasjoner innen vedlikehold. Å finne en entydig beskrivelse eller definisjon på hva WCM er basert på litteraturen om WCM er vanskelig, da det mangler en forenelig og akseptert definisjon. [Ingalls \(2005\)](#) beskriver WCM som:

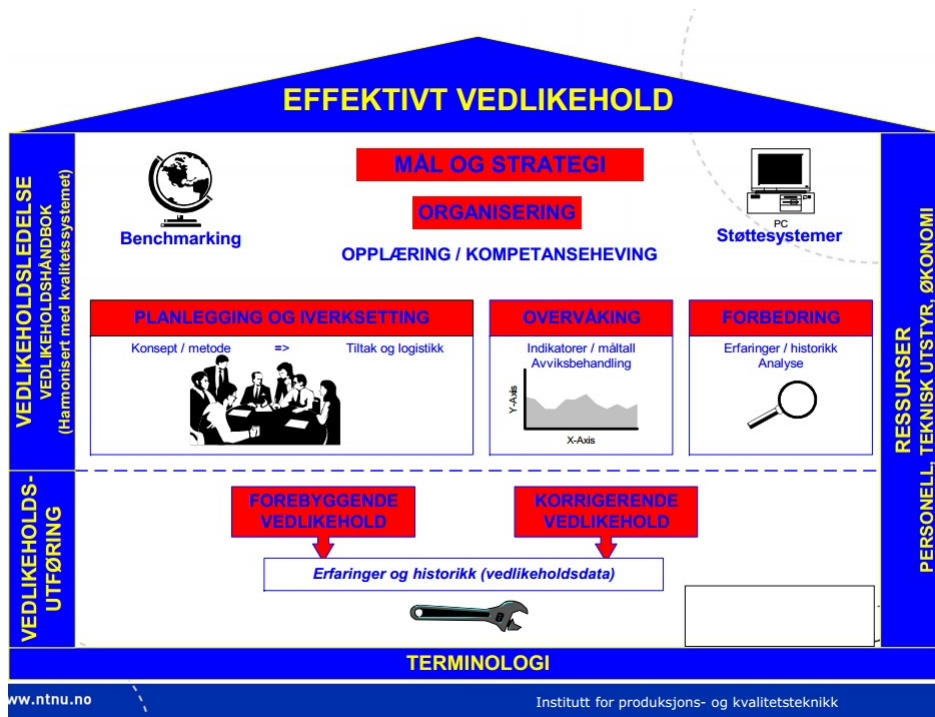
*«WCM-organisasjoner er de som hele tiden demonstrerer beste praksis og produserer resultater på bunnlinja samtidig. Siste del av denne erklæringen, «produserer resultater på bunnlinja», er hva som skiller de beste fra resten»*

SINTEF utførte i 2006/2007 en litteraturstudie om WCM i prosjektet «Verdiskapende vedlikehold innen kraftproduksjon». Litteraturstudien ble oppdatert i 2010 og målet var å finne en definisjon av WCM og beskrivelser av veier mot WCM ([SINTEF Energi, 2010](#)). Som navnet indikerer går WCM ut på at man er best i verden innen vedlikehold. Dette vil bety at man har tatt i bruk forskjellige element innen de beste vedlikeholdskonseptene for å få en best mulig utnyttelse av utstyrsparken til lavest mulig kostnad. En kan derfor argumentere at WCM ikke er et vedlikeholdskonsept i seg selv, men en samlebetegnelse for mange forskjellige vedlikeholdskonsepter og vedlikeholdsteknikker som leder en på veien mot verdensklasse. [Figur 3.8](#) og [3.9](#) viser to modeller som beskriver WCM.

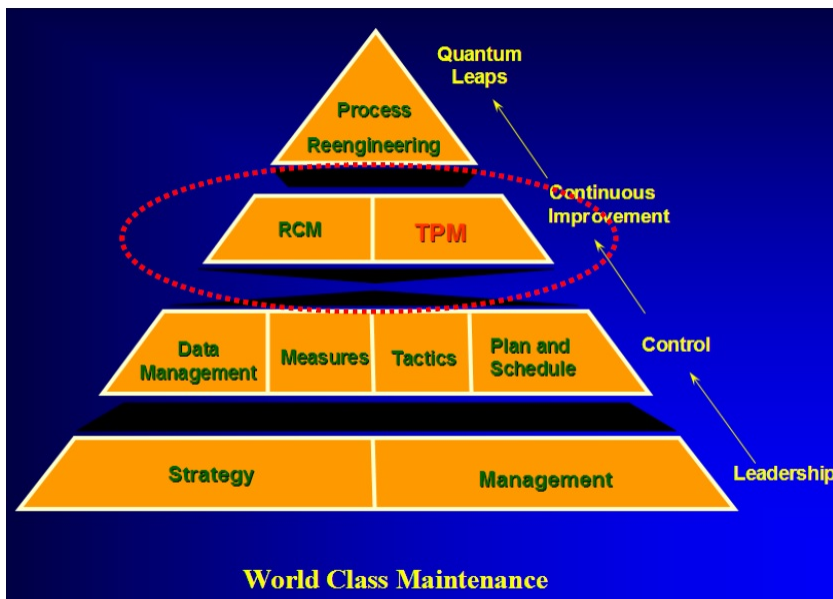
### 3.8.1 Veien til World Class Maintenance

[SINTEF Energi \(2010\)](#) nevner at det finnes mange fremstillinger av «Veien til WCM». En slik fremstilling kan ses i [figur 3.10](#) fra [Schjølberg \(2014a\)](#), som definerer 5 ulike nivå for parameterne målestokk, fokus, organisasjon, dataverktøy, beredskap, kompetanse og metodikk. Ved hjelp av denne modellen er det mulig å kartlegge status i vedlikeholdsorganisasjonen og lage en plan for å oppnå World Class Maintenance.





Figur 3.8: WCM-modell (Schjølberg, 2014b)



Figur 3.9: WCM-modell (Powell, 2013)

## Veien til World Class Maintenance

	Målestokk	Fokus	Organisasjon	Dataverktøy	Beredskap	Kompetanse	Metodikk
World Class	Konkurranseskraft	Kjernevedlikehold	Optimal vedlikeholdsorganisasjon	Verktøy for optimalisering	Prosessforbedring	Forbedringskompetanse	Optimalisering av intervall og reservedeler
Nærmer seg toppen	PLI	Tilstandsbasert vedlikehold	Proessorientert slank, fleksibel	Dashbord Prediksjon	Er i forkant av problemer	Analysekompetanse	RCM
Godt i gang	OEE	5S Opplæring av operatører	Utskilling av 1.linje vedlikehold	Tilstandsmåling/-analyse	Pit stop	Prosesskompetanse/ Flerfaglighet	FMEA
Satt i system	Stoptidsregistrering	Preventivt program	Utskilling av vedlikehold utenfor kjerne	EDB-basert vedlikeholds system	Verktøy Reservedeler Prosedyrer	Maskin-kompetanse	Feilsøking
Primitiv/	Vedlikeholdsbudsjettet	Reparasjon	Tradisjonell vedlikeholdsavdeling	Vedlikeh.tavle Manuelle arbeidsordrer	Brannslukking	Fagkompetanse	Egen erfaring

Figur 3.10: Modell for kartlegging av status i vedlikeholdsorganisasjonen (Schjølberg, 2014a)

# Kapittel 4

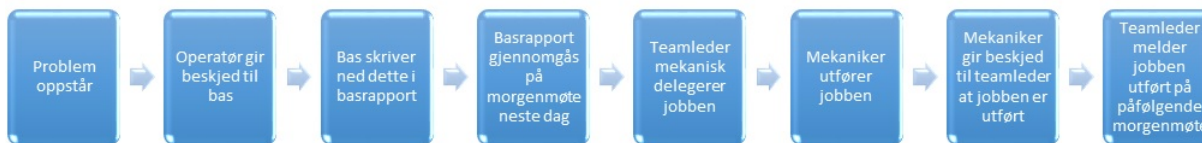
## Analyse av vedlikeholdsplanleggingen

I dette kapitlet analyseres vedlikeholdsplanleggingen i Rana Gruber. Det er undersøkt hvordan Rana Gruber planlegger daglige jobber og større prosjekter, og hvordan vedlikeholdsbehovet meldes inn. Her presenteres også resultatene fra en skrutidsanalyse som dokumenterer effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen, og resultatene fra en SMED-analyse av et skuffeskifte.

### 4.1 Planleggingens plass i vedlikeholdsstyringsløyfa

Som kapittel 2 viste er markedssituasjonen for Rana Gruber svært vanskelig for tiden. Prisene på jernslag på spotmarkedet har falt markant i 2014 og 2015, og bedriften er nødt til å bli mer effektiv og øke produktiviteten for å overleve. Planlegging av store og små vedlikeholdsoppgaver er avgjørende for at bedriften skal nå sine mål, og for å vite hvilke tiltak som er nødvendige er bedriften nødt til å kartlegge hvilke områder den er dyktig på og hvilke områder den har et forbedringspotensiale på.

Som figur 3.6 viser kan vedlikeholdsstyringen ses på som en kontinuerlig prosess som hele tiden må forbedres. Det er vanskelig å påstå at noen av elementene i styringsløyfa er viktigere enn andre, men løyfa kan ses på som et seriesystem der det foregående elementet må være under kontroll for at neste element skal være under kontroll. I dette kapitlet fokuseres det på elementet planlegging. Dette fordi både bedriften og undertegnede mener at dette er et område hvor Rana Gruber ikke har god nok kontroll i dag, og det er derfor nødvendig å forbedre før res-



Figur 4.1: Beskrivelse av arbeidsflyt ved ikke-kritiske hendelser

ten av sløyfa kan lukkes.

I kapittel 6 skisseres det hvordan vedlikeholdssystemet Infor EAM kan implementeres i bedriften. Infor EAM vil være en viktig brikke i å forbedre vedlikeholdsplanleggingen i bedriften. Dette vil igjen bidra til økt effektivitet.

## 4.2 Vedlikeholdsplanlegging i Rana Gruber

For å beskrive hvordan planleggingen av vedlikeholdsaktiviteter praktiseres i Rana Gruber brukes avdelingen mekanisk vedlikehold i Vika som eksempel. Etter diskusjon med vedlikeholdsplanleggeren i Vika ble figur 4.1 og 4.2 laget for å beskrive hvordan de daglige kritiske og ikke-kritiske jobbene planlegges, utføres og rapporteres. Figur 4.2 beskriver hva som skjer hvis en kritisk jobb oppstår på ettermiddag eller kveldstid. Hvis hendelsen oppstår på dagtid gir bas eller andre ledere i drifta beskjed til teamleder eller vedlikeholdsleder på mekanisk som igjen får en mekaniker til å starte på reparasjonen. Som figur 4.1 og 4.2 viser, er ikke planleggeren direkte involvert i planleggingen av de daglige jobbene i Rana Gruber. Jobbene som utføres blir ikke planlagt annet enn at det settes en dato for når hendelsen er rapportert og når jobben er forventet utført. Det lages ikke arbeidsordrer og ingen eller svært lite historikk blir skrevet ned og tatt vare på.

Etter at ny vedlikeholdssjef ble ansatt sommeren 2014 har fokuset vært på å forbedre planleggingen av stansjobber. Tidligere ble jobbene i veldig liten grad planlagt, og det var etablert en kultur for at det en ikke fikk tid til å gjennomføre i dag ble flyttet til neste stans. Dette lot seg gjøre fordi man hadde vedlikeholdsstanser i oppredningsverket med 2-3 ukers mellomrom. Det var flere grunner til at det ble gjennomført vedlikeholdsstanser så ofte tidligere, noen basert på fornuft mens andre var mer knyttet til kultur. Den viktigste årsaken var at kapasiteten på opp-



Figur 4.2: Beskrivelse av arbeidsflyt ved kritiske hendelser

redningsverket var høyere enn kapasiteten på jernbanen. Dette betydde at med full produksjon i verket ville man bli fri for malm i siloen på onsdager grunnet vedlikehold av jernbanen og jernbanevognene. Derfor ble verket stanset og vedlikeholdt siden det likevel kom til å bli tomt for malm. Sommeren 2014 ble jernbanestrekningen på Rana Gruber sitt område forlenget slik at bedriften kunne kjøre med 4 ekstra vogner i hvert togsett. Dette gjorde at flaskehalsen ble flyttet fra jernbanen til oppredningsverket.

Selv om kapasiteten på jernbanen ble økt og det ikke var nødvendig med stans i oppredningsverket like ofte, tok det flere måneder å endre på den tidligere stanskulturen. Først på slutten av 2014 ble det besluttet at man i løpet av 2015 skulle øke intervallene mellom hver vedlikeholdsstans gradvis mot målet på 10 uker, etter press fra vedlikeholdsavdelingen. En kom fram til 10 uker ved å se på den historikken som var tilgjengelig samt erfaringen til de ansatte. For at bedriften skulle nå dette målet måtte planleggingen av stansjobber forbedres betydelig, og holdningen om at *«det vi ikke får tid til på denne stansen får vi gjøre på neste stans»* måtte endres. Dette, sammen med at Infor EAM enda ikke er implementert, er grunnen til at vedlikeholdsplanleggeren i dag for det meste jobber med planlegging av stansjobber og i veldig liten grad jobber med planlegging av de daglige arbeidsoppgavene. Av daglige gjøremål bistår planleggeren med å lage ukeplaner i samarbeid med teamleder og vedlikeholdsleder, samt planlegging av andre større jobber som ikke krever full stans i verket.

For at planleggingen av stansjobber skal holde nødvendig kvalitet er det gjort flere tiltak de siste årene. Det er etablert et fast sted på serveren der all dokumentasjon til hver enkelt vedlikeholdsstans plasseres. Det er laget en mal i MS Project hvor alle jobbene blir listet opp sammen med hvilken avdeling som eier de ulike jobbene og hvem som utfører dem. Hver enkelt jobb blir beskrevet i detalj i MS Word, og her listes også opp verktøy og deler som er nødvendig. Det er også laget en prosedyre som beskriver hvordan en vedlikeholdsstans skal gjennomføres på et mer

overordnet nivå (Rana Gruber, 2015c). Alle jobbene gjennomgås på forhånd av elektro, mekanisk og drift, og listen over jobber henges opp på kontrollrommet slik at den er tilgjengelig for kommentarer fra alle operatørene. Under selve stansen kvitteres alle jobbene som meldes utført på den samme listen, og på denne måten har man full kontroll over hvilke jobber som er avsluttet og hvilke som gjenstår. Tidligere kunne det herske mye kaos mot slutten av en stans og ingen visste helt sikkert hvilke jobber som var ferdige og hvilke som gjenstod. Dette kunne føre til flere timer ekstra unødvendig stanstid.

### 4.3 Skrutidsanalyse

For å undersøke effektiviteten i Rana Gruber, ble det i januar og februar 2016 gjennomført en skrutidsanalyse i vedlikeholdsavdelingen i Vika. Metoden går ut på at man måler andelen skrutid statistisk, og at alle som skal delta i undersøkelsen har like stor sjanse for å bli observert. Først må det defineres hvilke kategorier som skal brukes under observasjonene. I analysen som ble utført ble det beskrevet 17 kategorier, men bare 11 av disse ble benyttet. Kategoriene er beskrevet i vedlegg B sammen med en oversikt over de forskjellige tidsperiodene. Videre bygger metoden på prinsippet om at % observasjoner = % tid. Det vil si at hvis for eksempel 30 av 100 observasjoner er innen kategori 1, så antas det at en gjennomsnittlig person bruker 30% av tiden sin i denne kategorien.

Før studien startet ble det gjennomført et møte med de ansatte der det ble informert om bakgrunnen og hva en ønsket å oppnå. Dette førte til forståelse og aksept for studien. Først ble det laget en liste med navn over alle deltagerne (tabell B.1). Deltakerne ble gitt et 3-sifret nummer for å sikre anonymiteten deres. Selve observasjonene ble gjennomført ved å lete etter to personer fra listen med navn hver halve time. For at alle skulle få like stor sjanse for å bli observert, ble listen gjennomgått fra topp til bunn og kun to personer ble observert hver halvtime. Siden to og to ofte jobber sammen ble den personen som arbeidet sammen med den neste på lista også observert. For eksempel hvis person 103 var den neste som skulle observeres, og denne personen jobbet sammen med nummer 110, så ble begge observert istedenfor 103 og 104. Neste halvtime ble så 104 og den personen han jobbet sammen med observert. Resultatene ble ført opp i underveis i et skjema (tabell B.2). Hvis det oppstod tvil om hvilken kategori den observerte

skulle registreres i, ble det spurt hva han drev med for å få klarhet i dette.

For at resultatene fra studien skulle reflektere den normale situasjonen i størst mulig grad, ble observasjonene gjennomført en gang på hver av ukedagene, men fordelt utover analyseperioden. I dette tilfellet ble studien utført i uke 2 (tirsdag), 4 (onsdag, torsdag og fredag) og 5 (onsdag og mandag) i 2016. Halve onsdag ble analysert i uke 4 og den andre halvdel i uke 5 på grunn av et kurs som kom i veien. Studien ble gjennomført i en periode uten planlagte vedlikeholdsstanser og uten større uplanlagte stanser. Derfor viser resultatene et bilde av normalsituasjonen i bedriften.

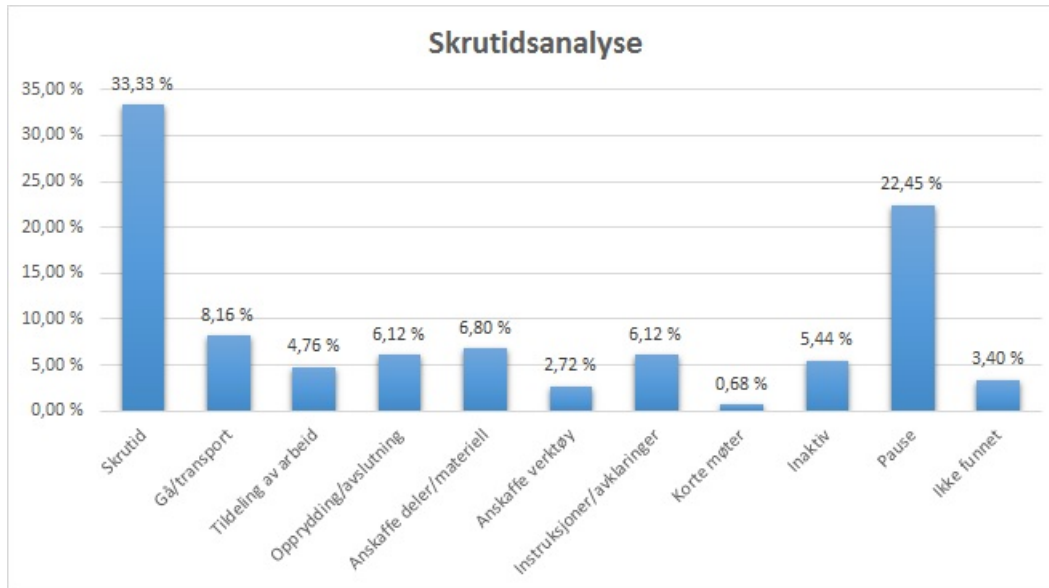
### 4.3.1 Resultater fra analysen

Figur 4.3 viser resultatet fra skrutidsanalysen fordelt på de 11 kategoriene som ble observert. Andelen skrutid er størst med 33,33%, mens pauser utgjorde 22,45% av tiden. Lunsjtiden fra 11.00-11.30 er ikke en del av undersøkelsen. Transport/gåing utgjorde 8,16% mens det var relativt jevnt fordelt fra 6,12% og nedover på de resterende kategoriene.

En andel skrutid på 33,33% er litt i overkant av det som var forventet før analysen ble utført. Ifølge Palmer (2012) ligger bedrifter som ikke har tatt i bruk de 12 prinsippene for planlegging på rundt 25-35% skrutid. At Rana Gruber ligger i øverste del av denne skalaen, uten å ha et funksjonibelt vedlikeholdssystem og minimalt med planlegging, er overraskende. En av grunnene til dette kan være fordi metoden ikke tar høyde for hvilke typer jobber som utføres, og dermed ikke skiller på verdiskapende og ikke-verdiskapende skrutid. Noen av observasjonene som ble registrert som skrutid ville sannsynligvis blitt registrert som noe annet hvis definisjonen av skrutid hadde tatt høyde for dette. En annen grunn kan være at mekanikerne nesten alltid jobber sammen to og to, selv om noen av jobbene kunne ha blitt utført av bare en person. Likevel er en andel skrutid på 33,33% alt for lavt for en bedrift som er nødt til å øke effektiviteten og produktiviteten. Tabell 4.1 viser antall observasjoner fordelt utover ukedagene og feilmarginen til de ulike kategoriene. Feilmarginen er beregnet ved å bruke ligning B.1.

Figur 4.4 viser andelen i de forskjellige kategoriene fordelt på de ulike tidsperiodene. Ut fra denne figuren kan vi se at andelen skrutid er meget lav den første timen av arbeidsdagen (5%), før





Figur 4.3: Resultater fra skrutidsanalyse

den spretter opp til 60% den neste timen. I periode 9 faller skrutiden til 25%, før den stiger videre til 39% i periode 10 og 60% i periode 11. I periode 12 faller skrutiden til 21%, før den øker til 40% i periode 13. I siste periode, som er den eneste som utgjør en halv time (14.30-15.00), ble de ikke gjort noen observasjoner under kategorien skrutid gjennom analyseperioden.

Ut fra figur 4.4 og erfaringene gjort underveis i studien, kan den lave andelen skrutid skyldes flere årsaker. I periode 7, 9 og 14 ser vi at andelen i kategorien pause er henholdsvis 50%, 40% og 60%. Dette forklares med at dagene alltid starter med en kopp kaffe kl. 07.00, som ofte varer til kl. 07.30. En del avklaringer om hvem som skal gjøre hva finner sted i denne perioden av dagen, men mesteparten av tiden går likevel med til diskusjoner som ikke angår arbeid. Den høye andelen pauser registrert i periode 9 kan forklares med at dette er tiden for 9-kaffen, en liten kaffepause som er en del av kulturen i bedriften. Denne pausen skal egentlig være 10-15 minutter, men ofte kan den dra ut og vare opp mot en halvtime. Den lave andelen skrutid mot slutten av dagen, tyder på at de fleste jobbene er avsluttet før arbeidsdagen er over eller at oppryddingen starter for tidlig. Det er mulig at noen av observasjonene som er registrert som pause i periode 14, egentlig skulle vært registrert som opprydding/avslutning av jobb. Likevel viser resultatet at siste del av arbeidsdagen ikke går med til å utføre produktivt arbeid.



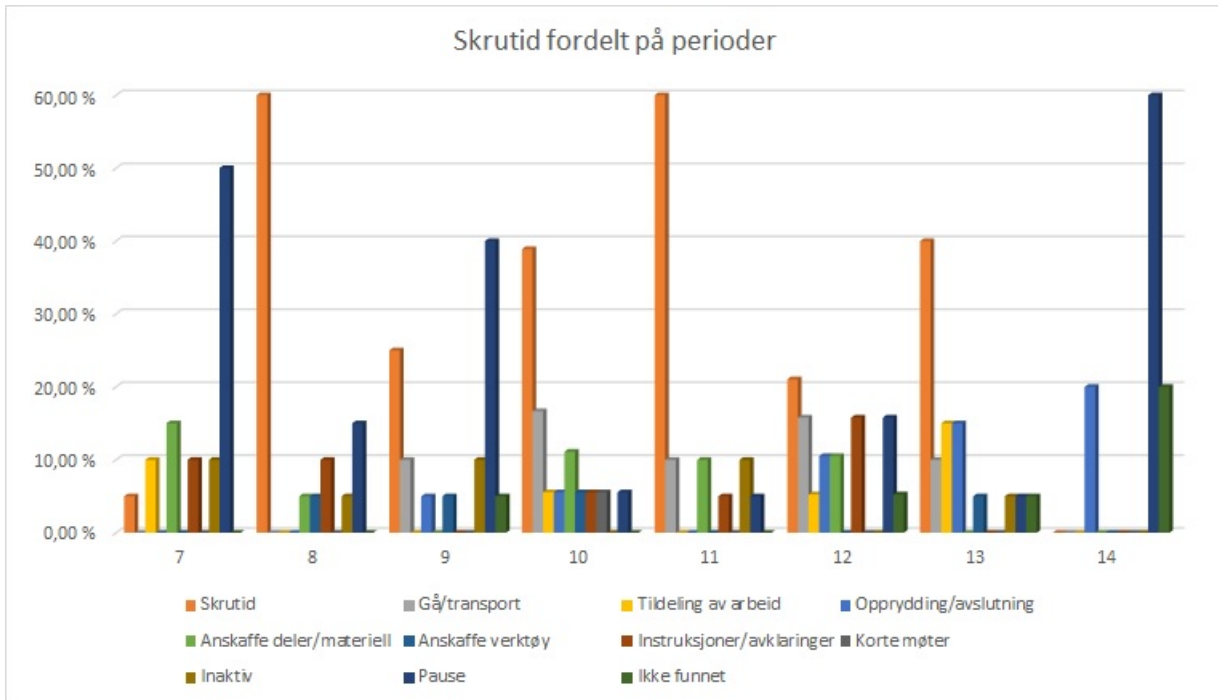
Tabell 4.1: Resultat fra skrutidsanalyse

Kategori	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Ant. Obs.	Prosent	Feilmargin
Skrutid	10	7	12	10	10	49	33,33 %	7,62 %
Gå/transport	5	2	3	2		12	8,16 %	4,43 %
Tildeling av arbeid	2		1		4	7	4,76 %	3,44 %
Opprydding/avslutning	1	1	2	5		9	6,12 %	3,88 %
Anskaffe deler/materiell	2	3		3	2	10	6,80 %	4,07 %
Anskaffe verktøy		2		1	1	4	2,72 %	2,63 %
Instruksjoner/avklaringer		5	3	1		9	6,12 %	3,88 %
Korte møter					1	1	0,68 %	1,33 %
Inaktiv		5	3			8	5,44 %	3,67 %
Pause	7	5	6	6	9	33	22,45 %	6,75 %
Ikke funnet	3				2	5	3,40 %	2,93 %
<b>Sum</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>147</b>	<b>100 %</b>	

For å bli mer effektive er Rana Gruber nødt til å gjøre flere endringer for å øke andelen skrutid i fremtiden. Flere diskusjoner med mekanikerne underveis i studien, og gjennom arbeidet med masteroppgaven, har vist at mye av grunnen til den lave andelen skrutid er på grunn av at det tidvis ikke er nok jobber som skal utføres. Arbeidsmengden kan variere veldig fra uke til uke, og manglende grad av planlegging av jobber gjør det vanskelig å lage dags- og ukeplaner som gjør at tiden blir utnyttet maksimalt. Implementeringen av Infor EAM vil uten tvil forbedre dette, men det er også nødvendig med opplæring av planleggere og teamledere i prinsippene til [Palmer \(2012\)](#).

Etter hvert som flere jobber blir planlagt må Rana Gruber sette høyere krav til de ansatte og stramme inn på andelen pauser i løpet av arbeidsdagen. Etter hvert som flere jobber blir planlagt vil teamlederen bli i stand til å planlegge neste dags utførelse av arbeidsoppgaver dagen i forveien. Da kan man etter hvert innføre daglige tavlemøter på morgenen, for eksempel fra 07.00 - 07.10, der gårsdagens resultat gjennomgås og dagens jobber fordeles.

Så lenge ledelsen i bedriften aksepterer at 9-kaffen får fortsette, er det viktig å legge opp dagsplanene slik at de små jobbene utføres på starten av dagen. Da kan man bruke 9-kaffen til et nytt tavlemøte der nye oppgaver fordeles. Det bør også vurderes om denne perioden kan brukes til noe fornuftig, slik som informering og gjennomgang av KPI'er. Det tilbakemeldes stadig at informasjonsflyten i bedriften er dårlig, og derfor kan 9-kaffen utnyttes av ledelsen til å forbedre informasjonsflyten. Alternativet til å forsøke å finne en nyttig bruk av denne perioden, er å rett



Figur 4.4: Andel skrutid fordelt utover arbeidsdagen

å slett bestemme seg for at 9-kaffen avvikes. Det bør vurderes nøye hvilke positive og negative effekter dette vil medføre, og det må følges tett opp av ledelsen hvis de bestemmer seg for å avvike denne pausen.

En økningen i andel skrutid fra dagens 33,33% til 55% vil kunne tilsvare det samme som en økning i antall ansatte fra dagens 15 til 25 i avdelingen i Vika. Dette kommer man frem til ved å dele andelen skrutid ved beste praksis på 55% med dagens andel skrutid på 33,33% (Palmer, 2012). Dette gir et forholdstall på 1,65 som igjen tilsvarer en økning fra 15 til 25 ansatte. Dette er kanskje en noe primitiv måte beskrive hva en økning i effektivitet kan medføre, men det viser i alle fall at ved å øke andelen skrutid (effektiviteten) kan Rana Gruber gjennomføre langt flere jobber enn de er i stand til i dag.

### 4.3.2 Begrensninger med analysen

En skrutidsanalyse som denne gir ingen fasitsvar på effektiviteten i en bedrift. Metoden gir en indikasjon på hvor stor andel av tiden som går med til å faktisk skru (arbeide) på utstyr, men som nevnt ovenfor sier metoden ingen ting om jobbene som utføres er de riktige jobbene eller

ikke. Metoden baseres også på en subjektiv vurdering, basert på objektive kriterier, av personen som utfører observasjonene, når det ikke er helt sikkert hvilken kategori den observerte tilhører. Noen av disse usikkerhetene er tatt høyde for ved at det er beregnet en feilmargin for alle kategoriene, men hvis samme analyse gjennomføres ved en senere anledning kan resultatet bli helt annerledes hvis personen som gjennomfører observasjonene gjør andre vurderinger enn det som ble gjort denne gangen.

#### **4.4 SMED-analyse på skuffeskifte**

For å diskutere hva Rana Gruber kan oppnå med å forbedre vedlikeholdsplanleggingen, er det behov for å studere dagens praksis og sammenligne denne med en tenkt beste praksis. En oppgave som gjennomføres relativt ofte, og som fører til mye stanstid for lastemaskinene i gruva, er skifte av skuffer. Rana Gruber har reserveskuffer til alle lasterne, og skuffene skiftes etter et bestemt antall driftstimer (i utgangspunktet 1000 timer) på maskinene eller tidligere ved behov. Lengden på et skuffebytte er oppgitt å variere fra ett skift (8 timer) til 3 dager. Den store variasjonen i tidsbruk samt hyppigheten av byttene gjorde at dette ble ansett som et interessant element å undersøke.

For å analysere hvordan et skuffeskifte gjennomføres og hvilket forbedringspotensial som er tilstede, var det planlagt å filme dette fra start til slutt og gjennomføre en SMED-analyse for å finne forbedringer. Basert på driftstimene til maskinene skulle laster nummer 3 bytte skuffe i starten av januar 2016. Denne maskinen ble stående i ca. en måned, fra midten av desember 2015 til starten av januar 2016 grunnet svikt og delemangel. Dette førte til at skuffeskiftet ble utsatt til slutten av januar, etter at maskinen hadde vært i drift litt over en uke. Det var lenge stor usikkerhet om skuffeskiftet skulle utføres i januar eller om det måtte forskyves ut i februar. Det ble derfor ikke tid til å informere om filmingen og analysen godt nok på forhånd, noe som førte til at noen av mekanikerne ikke ville bli filmet da det til slutt ble informert om dette. Dette ble respektert og istedenfor ble vi enige om at undertegnede observerte og tok notater underveis.



Figur 4.5: Fjerning av lokk og bolter inne i skuff

#### 4.4.1 Beskrivelse av skuffeskifte

Noe av grunnen til at et skuffeskifte varierer så mye i tidsbruk fra gang til gang, er på grunn av at jobben kan være veldig forskjellig. De gangene et skuffeskifte går raskt, er det bare selve skuffen som skiftes. Når maskinene er nye er det vanlig at det bare er skuffen som skiftes. Etter hvert som maskinene brukes, og flere deler blir utslitt, er det mer som må byttes under et skuffeskifte.

Skuffeskiftet starter med at det rigges til lys på fremsiden av skuffen. Så brukes en vinkelsliper for å skjære bort sveisen på to lokk inne i skuffen (figur 4.5). Lökkene beskytter to hule, sylindformede stålbolter. Etter at lökkene er fjernet rengjøres området under, og en skive som holder boltene fast demonteres. Etter at skivene er demontert, fjernes boltene med et spett ved å tre dette gjennom et hull i siden på skuffen og banke ut boltene (figur 4.6 og 4.7). Samtidig som boltene i skuffa demonteres, blir boltene til hundbeinet demontert (figur 4.6, 4.7 og 4.8). Når disse jobbene er gjennomført er skuffen løs.

Neste steg i prosessen er å fjerne den gamle skuffen med traverskran. Hvis foringene på løftearmen er ok og hundbeinet er ok, hentes den nye skuffen og plasseres i riktig posisjon. Hvis foringene og/eller hundbeinet ikke er ok, må disse skiftes før den nye skuffen kan monteres.

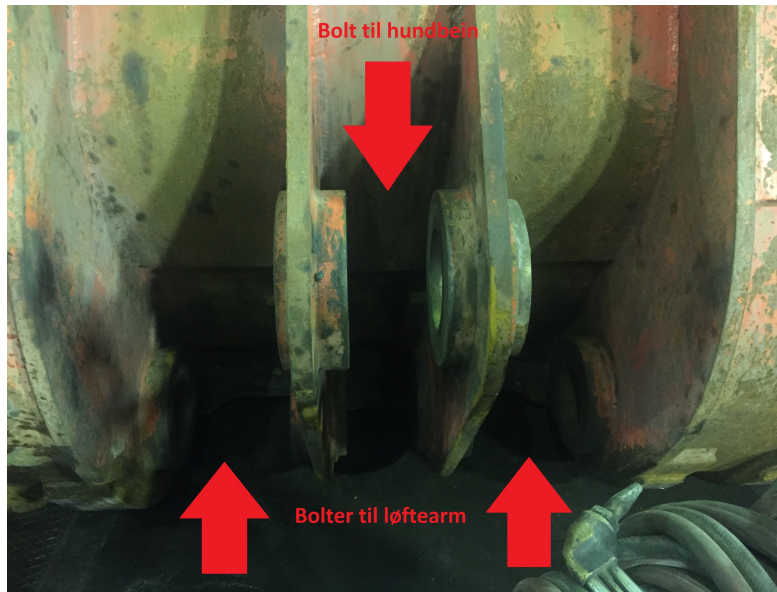




Figur 4.6: Fjerning av bolt til hundbein og løftearm

Dette er ofte veldig tidkrevende, og er en større operasjon enn selve skuffeskiftet. Oppsummert gjennomføres et skuffeskifte på følgende måte:

1. Rigging av lys inne i skuffen.
2. Skjære bort sveisen på to lokk inne i skuffa. Rengjøring under lokk og demontering av skiver.
3. Banke ut bolter på løftearm med spett.
4. Demontere bolt til hundbein.
5. Fjerne skuffe.
6. Inspeksjon av foringer til løftearm.
7. Inspeksjon av foring til hundbein og glippe mellom hundbein og pendelarm.
8. Demontering av foringer til løftearm (hvis nødvendig).
9. Demontering av hundbein (hvis nødvendig).
10. Demontering av foringer til pendelarm (hvis nødvendig)
11. Montering av foringer til løftearm.



Figur 4.7: Fjerning av bolter

12. Montering av foringer til pendelarm.

13. Montering av hundbein.

14. Flytte ny skuffe til riktig posisjon.

15. Montering av bolter til løftearm.

16. Shims mellom bolter og skuffe.

17. Montering av bolt til hundbein.

18. Shims mellom bolt og skuffe.

19. Smøring av alle bolter.

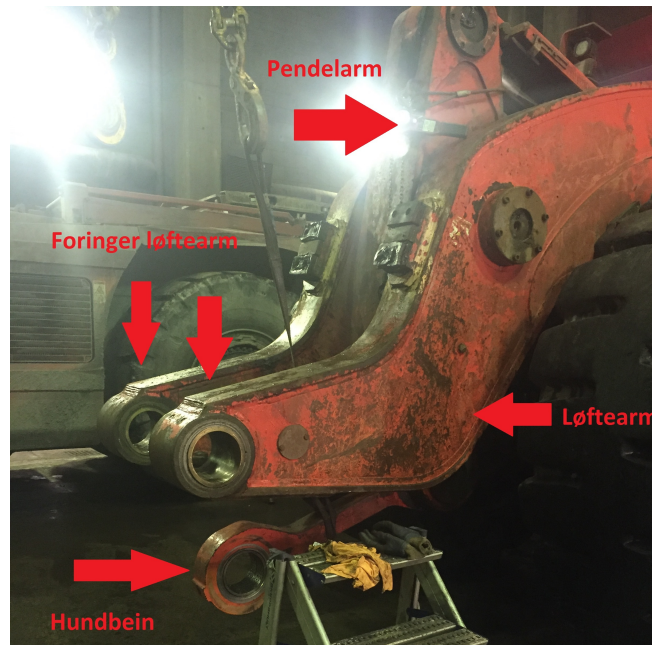
20. Sveising av lokk inni skuffen.

21. Funksjonstest.

Hvis foringene på løftearmen er ok og hundbeinet er ok, utføres ikke punkt 8-13.

#### 4.4.2 SMED-analyse av skuffeskifte på LH621-3 den 22.01.2016

Analysen startet med å observere hvordan demonteringen av en skuffe foregår. Som tabell 4.2 viser var selve skuffen demontert etter bare 1,5 times arbeid, inkludert rundt 30 min kaffepause



Figur 4.8: Diverse komponenter knyttet til et skuffeskifte

og noe ineffektivitet. Da det viste seg at flere foringer og hundbeinet også måtte skiftes, ble det klart at jobben kom til å ta over et døgn. Observasjonene stoppet derfor etter at all demontering var utført, klokken 19.00.

Det er viktig å understreke at denne analysen ble gjennomført for å finne mulige forbedringer, og ikke for å kritisere noen av de ansatte i bedriften. Det er et lederansvar å legge til rette for at jobbene blir utført på en så effektiv måte som mulig, og det er også et lederansvar å sørge for at funnene i analysen blir brukt på en god måte uten at det skapes mistillit mellom de ansatte.

### **Steg 1 - identifiser interne og eksterne omstillingsaktiviteter**

Først ble alle aktivitetene registrert og oppsummert i tabell 4.2. Aktivitetene i så definert som enten intern eller ekstern. Aktivitet nummer 21 ble definert som både intern og ekstern siden den ene mekanikeren hentet deler (ekstern aktivitet) og den andre jobbet på maskinen (intern aktivitet). Lunsjen er verken registrert som intern eller ekstern.

## **Steg 2 - Konverter interne aktiviteter til eksterne aktiviteter**

De eksterne aktivitetene utgjorde 5 timer og 15 minutter av stanstiden og ved å flytte eller eliminere disse aktivitetene kan tiden til demonteringen halveres. Dette kan gjennomføres umiddelbart og krever kun at Rana Gruber går gjennom analysen og planlegger neste skuffeskifte bedre. Videre bør det undersøkes om noen av de interne aktivitetene kan konverteres til eksterne aktiviteter.

## **Steg 3 - Forbedre interne og eksterne aktiviteter**

I tillegg til å flytte og eliminere de eksterne aktivitetene er det mulig å redusere stanstiden ytterligere ved å redusere lengden på de interne aktivitetene. Flere av aktivitetene kan utføres i parallell, men da må flere mekanikere være med på jobben. Ifølge mekanikerne er det også behov for bedre verktøy. De interne aktivitetene bør gjennomgås sammen med mekanikerne for å finne mulige forbedringer.

## **Steg 4 - Eliminer omstilling**

Basert på erfaringene fra observasjonen og diskusjoner med mekanikerne, burde det være mulig å gjennomføre et delvis skuffeskifte (uten bytte av foringer), på maksimum 4 timer, mens et fullverdig skuffeskifte ikke burde ta mer enn 8 timer. For å oppnå dette burde Rana Gruber se på denne jobben som en pit stop. Hver enkelt arbeidsoppgave må spesifiseres nøye, med utgangspunkt i de 21 punktene ovenfor, det må defineres roller (hvem gjør hva) og det må øves på gjennomføringen. Det anbefales at det gjennomføres et forbedringsprosjekt som tar for seg disse elementene, og der monteringen også inngår.

### **4.4.3 Mulige besparelser ved økt effektivitet**

I dette tilfellet tok det hele 36 timer fra maskinen var klar inne på verkstedet til skuffen var skiftet og maskinen var klar til bruk igjen. For å beregne hvor mye Rana Gruber kan spare på å gjøre dette mer effektivt, antas det at dette er normal tidsbruk de gangene en laster også må skifte foringer. Som nevnt ovenfor burde det være mulig å gjennomføre en tilsvarende operasjon på 8 timer. Om dette er realistisk eller ikke vil vise seg, men 8 timer brukes som eksempel videre.



Tabell 4.2: Tidsforløp skuffeskifte

Aktivitet	Ekstern/ intern akt.	Klokkeslett	Kommentar
1	E	06.00-07.00	Måtte avklare hvilken maskin som skulle bytte skuffe. LH621-5 hadde ødelagt skuffen på nattskiftet, og denne måtte kjøres opp til verkstedet for å evaluere om skaden kunne sveises eller om man heller skulle bytte skuffe på denne maskinen. Denne skuffen kunne repareres og man gikk derfor i gang med skuffeskifte på LH621-3
2	E	07.00-07.05	Oppstart av jobb. Rigget til lys på skuffen
3	I	07.05-07.26	Begynte å skjære bort sveis på lokk i skuffen. Ble også brukt skjærbrenner på den ene boltene
4	E	07.26-07.28	Opprydding av skjæreutstyr
5	E	07.28-07.31	Henting av utstyr
6	I	07.31-07.35	Rengjøring av området under lokket høyre side i skuffen, samt bolt til hundbein
7	I	07.35-07.37	Demontering av skruene til flensen utenpå boltene i skuffen (høyre side).
8	I	07.37-07.43	Rengjøring av området under lokket venstre side i skuffen og demontering av skruene til flensen. Demontering av boltene til hundbeinet på baksiden av skuffen.
9	E	07.43-07.54	Opphold. Diskusjon med sveiser fra Heia og arbeidsleder angående LH621-5 og div opprydding.
10	E	07.54-08.26	Kaffepause. Tiden er fra da man forlot verkstedet til jobben var påbegynt igjen.
11	I	08.26-08.37	Banket ut begge boltene i skuffen. Skuffen er nå løs.
12	E	08.37-09.15	På grunn av at LH621-5 også var kommet til verkstedet, var det ikke plass til å flytte den gamle skuffen med kran. Den gamle skuffen måtte derfor festes midlertidig til maskinen med vaierstroppe for så å bli kjørt ut av verkstedet.
13	I	09.15-09.30	Spyling av hundbein og løftearm med høytrykksspyler, samt spyling av verkstedgulv (oljesøl fra service på samme maskin). Kjørt maskinen inn igjen.
14	E	09.30-09.50	Den ene mekanikeren måtte inn i gruva for å ta fast sjekk av lasterne i produksjonen (tilbake 10.30), mens den andre lette etter diverse deler og utstyr
15	I	09.50-10.30	Inspeksjon av slakke i hundbein. For stor slakke, hundbein måtte skiftes. Startet demonteringen. Inspeksjon av foringer i løftearm, disse var utslitt og måtte byttes.
16		10.30-11.20	Lunsj.
17	I	11.20-11.46	Skjæring av messingforinger i løftearm med vinkelsliper og demontering av hundbein.
18	I	11.46-11.52	Inspeksjon av stålfinger i svingarm, disse var utslitte og måtte skiftes
19	E	11.52-13.30	Manglet nye deler, disse var på Heia. Arbeidsleder fant delenummer på alt som trengtes og skrev disse ned på rekvisisjonspapir som RG bruker. Jobb stoppet opp siden man manglet deler og det nærmet seg skiftbytte. Diverse opprydding og registrering av timer
20		13.30-14.00	Skiftbytte
21	I/E	14.00-17.12	Rengjøring av stålfinger på pendelarm. Fjernet foringer på pendelarm. Disse satt veldig godt fast og det ble brukt både skjærbrenner, slegge og hydraulisk jekk. Henting av nye deler på Heia.
22	I	17.12-17.50	Rengjøring og pussing av boss på pendelarm
23	E	17.50-18.00	Stor glippe mellom boss og nye stålfinger på pendelarm. Flere millimeter forhøyning i midten på begge bossene. Måtte avklares på telefon med arbeidsleder hva man skulle gjøre. Demontering ferdig.
24	E	18.00-18.30	Sjekk av lastere i gruva
25		18.30-19.00	Lunsj.

En reduksjon fra 36 til 8 timer medfører at en laster vil få 28 timer ekstra tilgjengelig ved hvert skuffeskifte som også krever bytte av foringer. Hvis en videre antar at foringene må byttes 2 av 3 ganger, og at hver av de 5 maskinene må bytte skuffer 3 ganger i året, tilsvarer dette en økning på 280 timer som lasterne totalt kan produsere. Antagelsene er basert på historiske data og diskusjoner med vedlikeholdspersonell i gruva. Å forsøke å kvantifisere dette videre i økt produksjon og reduserte kostnader, er en veldig komplisert affære som må baseres på enda flere forutsetninger. Rana Gruber har totalt 5 lastere, men behovet varierer mellom 2 og 4 avhengig av hvor i gruva det produseres. Det vil si at i noen tilfeller kan en maskin tas ut av drift uten at det går ut over produksjonen. I andre tilfeller må skuffen byttes på grunn av at den er ødelagt, og da kan det hende dette får konsekvenser for produksjonen hvis også andre maskiner står. Andelen gråberg/malm som lastes varierer også, noe som gjør det vanskelig å estimere hvor mye som lastes per time.

Hvis vi tar utgangspunkt i at det i snitt lastes 3500 tonn per 8-timers skift, som er målsetningen, og at det i snitt er 3 lastere i aksjon som har effektiv lastetid på 6 timer, får vi en gjennomsnittlig produksjon på ca. 195 tonn/time per laster. Hvis en videre forutsetter at alle de 280 timene i økt tilgjengelighet medfører økt produksjon tilsvarer dette en økning på 54 600 tonn per år. Hva dette betyr i reduserte kostnader vil være avhengig av blant annet kapasitetsbehov, plasseringer i gruva, tilgang til malm eller gråberg på et gitt tidspunkt.

Gitt de mange forutsetningene man må ta for å beregne den økonomiske gevinsten av dette, er det enklere å heller se på alternativkostnaden Rana Gruber har for tilgang til malm, dersom de ikke klarer å produsere den selv under jord. En forenklet måte å gjøre dette på er å anta at hele den økte produksjonen i underjordsgruva fører til en tilsvarende reduksjon i uttak av malm fra dagbruddet som drives av LNS. Totalt sett koster ett tonn dagbruddsmalm Rana Gruber ca. 70 kroner, basert på et gråberg/malmforhold på 0,8. En reduksjon i uttak av malm fra dagbruddet på 54 600 tonn vil da medføre en besparelse på 3,822 millioner kroner i året. Denne måten å beregne kostnader på er veldig forenklet, men brukes også av bedriften når det skal gjennomføres analyser og kostnadsberegninger. Det er mange faktorer som påvirker utregningen i eksemplet ovenfor, men regnestykket viser at Rana Gruber kan redusere kostnadene med et relativt stort beløp ved å forbedre skuffeskiftet på lastemaskinene i gruva.

## 4.5 Gjennomføring av prosjekter

Prosjekter er en veldig viktig del av det daglige arbeidet i Rana Gruber. Bedriften gjennomfører til enhver tid ett eller flere prosjekter av ulik størrelse. Prosjekter gjenkjennes ved at de skal løse en spesifikk utfordring, er tidsavgrenset og har et budsjett (Pinto, 2013). For at Rana Gruber skal bli mer effektive, er bedriften også nødt til å bli bedre på prosjektgjennomføring siden prosjekter står for en relativt stor del av det daglige arbeidet. Dagens praksis ble kartlagt ved at det ble gjennomført samtaler med flere ansatte i bedriften som jobber med prosjekter, og basert på disse samtalene ble det gjort en kvalitativ vurdering av prosjektstyringen i Rana Gruber.

### 4.5.1 Prosjektstyring i Rana Gruber

Bedre styring av prosjekter er nevnt i Rana Grubers *Strategiske Tiltaksplan 2014-2018* (Rana Gruber, 2014f) som et tiltak for å oppnå økte marginer. Strategien er veldig konkret og sier blant annet at det må prioriteres bedre, prosjekter må defineres (formål, oppgaver, budsjett, tid) og det må være klare prosjektroller, det må innhentes og brukes fakta, det skal være innovativ takhøyde, raskere gjennomføring eller avslutning og det skal etableres en standard prosjektmal. Basert på samtaler med flere ansatte i bedriften og gjennomgang av hvordan prosjekter i praksis styres og gjennomføres, er det tydelig at en ikke har greid å implementere god nok prosjektstyring i Rana Gruber på nåværende tidspunkt.

### Prosedyrer og styringsverktøy

Det er opprettet en relativt omfattende prosedyre som beskriver hvordan prosjektstyringen i Rana Gruber skal utøves (Rana Gruber, 2014d). Denne prosedyren ble opprettet for å sikre en felles håndtering av oppfølging og evaluering av prosjekter i bedriften. Prosedyren beskriver de ulike stegene i et prosjekt (ide, planlegging, gjennomføring og avslutning), hvilke regler som gjelder for kostnadsrammer, hvilke grenser som gjelder for avviksmelding underveis og krav til dokumentering og plassering av dokumentasjon. Prosedyren samsvarer med teoriene i Pinto (2013), men mangler en beskrivelse av noen viktige verktøy for prosjektstyring. Spesielt savnes en beskrivelse eller henvisning til bruk av WBS som er et viktig verktøy for å visualisere omfanget i et prosjekt.

Med et lite minus for manglende henvisning til bruk av WBS vurderes prosedyren som god og i samsvar med teorier innen prosjektstyring. På tross av dette kom det frem under samtalene at denne prosedyren aldri har blitt brukt når man har gjennomført prosjekter i bedriften. Dette ble begrunnet med at det ikke har blitt gjennomført store prosjekter etter at prosedyren ble opprettet på grunn av den anstrengte økonomiske situasjonen, samt liten endringsvilje i organisasjonen og dermed vansker med å innføre nye rutiner. En annen begrunnelse var at prosedyren, og spesielt styringsverktøyet som er opprettet for styring av prosjekter, er alt for omfattende til at noen vil bruke det. Styringsverktøyet som det refereres til er et Excel-ark med 5 arkfaner. Dette verktøyet ble opprettet samtidig som prosedyren, og her skal man skrive prosjektbeskrivelsen, oversikt over aktiviteter og fremdriftsplan, kostnader, rapportering underveis og sluttevaluering.

## **Praksis**

Måten prosjekter planlegges og gjennomføres i praksis hos Rana Gruber, avviker veldig fra intensjonen i strategien og prosedyren bedriften selv har opprettet. Det som beskrives er at alle har hver sin måte å planlegge, gjennomføre og evaluere prosjekter på, og mange gjør det på samme måte som de alltid har gjort det tidligere. Også dokumentering av prosjekter er mangelfull, og det er blant annet opprettet flere prosjekt-mapper på flere steder på serveren, ikke én slik prosedyren sier. Dette har medført at det er veldig tungvint å lete etter et spesifikt prosjekt da dette kan være lagret på ulike steder. Selv om planleggingen i forkant og gjennomføringen av prosjekter ofte går bra og ikke medfører store overskridelser, fører den manglende dokumenteringen gjennom hele prosjektet til at det blir vanskelig å evaluere prosjektet i etterkant, lære av feil, gjennomføre forbedringstiltak og gå tilbake å undersøke hvis nye spørsmål dukker opp i etterkant.

Også når det gjelder bruk av prosjektstyringsverktøy er praksisen ulik blant de ansatte i bedriften. Noen bruker MS Project og andre Excel til fremdriftsplaner, mens enkelte ikke lager fremdriftsplaner i det hele tatt. Noen skriver møtereferat andre ikke. Noen følger opp kostnader underveis andre ikke. Heller ikke når det gjelder gjennomføringen av mindre prosjekter eller forbedringstiltak/modifikasjoner i oppredningsverket eller gruva er det en felles, standard måte å gjennomføre prosjektene på. I tillegg sluttet ledelsen i 2015 å lage en totaloversikt over alle in-

vesteringer de ulike avdelingslederne mente var nødvendige. Dette har ført til en situasjon der den som har ropt høyst eller har klart å argumentert godt for sine prosjekter har fått klarsignal, mens andre har fått avslag på sine prosjektsøknader. Det er også stor forskjell mellom de ulike avdelingene i bedriften, både når det gjelder planlegging, bruk av verktøy og dokumentering. Elektro-avdelingen har standardisert sin prosjektplanlegging og -styring og har blant annet laget en mal for dokumentering av prosjekter i form av en mappestruktur. Denne er plassert på elektro sitt område som ikke alle andre har tilgang til. Sammenlignet med de andre avdelingene i bedriften, har elektro-avdelingen et mye mer profesjonelt opplegg rundt planlegging og styring av prosjekter.

## 4.6 Mulige effekter ved bedre planlegging

Gjennomgangen av Rana Grubers praksis innen vedlikeholds- og prosjektplanlegging, viser at bedriften har et stort forbedringspotensial på dette området. Dette resultatet var som forventet og bekrefter mistanken om at dette er et område Rana Gruber ikke er gode nok på. Det som er interessant er hvilke positive effekter bedriften kan oppnå. Ved å forbedre planleggingselementet i vedlikeholdsstyringsløyfa kan Rana Gruber oppnå følgende:

- Øke produksjonen i gruva med 54 600 tonn/år og redusere årlige kostnader med 3,822 millioner kroner.
- En økningen i andel skrutid fra dagens 33,33% til 55% vil kunne tilsvare det samme som en økning i antall ansatte fra dagens 15 til 25 i avdelingen i Vika. Den økte effektiviseringen kan benyttes til å redusere innleie og til å gjennomføre flere forebyggende vedlikeholdsoppgaver.
- Ved å forbedre planleggingen av prosjekter kan bedriften frigjøre tid og redusere kostnader ved at prosjektene gjennomføres mer effektivt. Nedetiden kan også reduseres for de prosjektene som krever stans i produksjonen.

### 4.6.1 Forbedringsforslag

For at bedriften skal oppnå disse effektene må det gjennomføres flere forbedringer. Implementeringen av Infor EAM er viktig for å øke andelen skrutid, og er det viktigste verktøyet Rana Gruber kan ta i bruk for å forbedre planleggingselementet i vedlikeholdssløyfa. For at Rana Gruber skal kunne øke andelen skrutid må bedriften også starte med planlegging av de daglige jobbene. Dette kan føre til et veldig stort arbeidspress på vedlikeholdsplanleggeren, kan kreve at det ansettes flere vedlikeholdsplanleggere. Det kan også være fornuftig å skille mellom kort- og langsiktig planlegging, og det bør vurderes om planleggerressursene i organisasjonen på Heia og i Vika kan benyttes på begge produksjonsstedene, og styre dette mer etter løpende behov. Begge disse tiltakene har fordeler og ulemper som det er viktig å gjennomgå før beslutningene fattes.

Videre bør bedriften jobbe systematisk med å implementere de 6 vedlikeholdsplanleggingsprinsippene og 6 vedlikeholdsplan-prinsippene i [Palmer \(2012\)](#), og det bør gjennomføres opplæring av mekanikere, teamledere, planleggere og mellomledere i disse prinsippene.

Det finnes flere områder hvor SMED-analyser og pit stop-vedlikehold kan gjennomføres for å finne lignende forbedringer som ved skuffeskiftene. I tillegg til at flere slike analyser bør gjennomføres, bør resultatene fra skuffeskiftet gjennomgås sammen med mekanikerne og det bør så gjennomføres et forbedringsprosjekt som lar mekanikerne foreslå og gjennomføre forbedringer.

For å få bedre utbytte fra prosjektene bør Rana Gruber gjennomgå og oppdatere prosedyren for prosjektplanlegging og -styring som er opprettet. Det bør fokuseres på å ta i bruk enkle verktøy og metoder som alle er villige til å bruke, og det må kreves at disse blir fulgt. Det gjøres mye godt arbeid i bedriften i dag når det gjelder prosjektplanlegging og -styring, problemet er i all hovedsak at ingen gjør tingene på samme måte. Dette skaper unødige utfordringer og er ineffektivt. Å få til en effektiv prosjektplanlegging og -styring er en ledelsesutfordring som vil kreve mye oppfølging fra ledelsen i selskapet, men som er nødvendig for å oppnå ønskede resultater.

# Kapittel 5

## Effektiv vedlikeholdsstyring og implementering av 5S

I dette kapitlet brukes vedlikeholdsstyringsløyfa til å vurdere Rana Grubers vedlikeholdsstyring og det diskuteres hvordan bedriften kan øke produksjonen ved hjelp av bedre vedlikeholdsstyring. Det diskuteres også hvordan 5S kan bidra til å øke tilgjengeligheten, og dermed produksjonen, til bedriften.

### 5.1 Vedlikeholdsstyring

Som nevnt i kapittel 3.4 blir vedlikeholdsstyring ifølge NS-EN 13306 definert som:

☞ **Vedlikeholdsstyring:** Alle aktiviteter utført av ledelsen som bestemmer vedlikeholdsmålsettinger, strategier og ansvar samt implementering av disse gjennom vedlikeholdsplanlegging, vedlikeholdskontroll, forbedring av vedlikeholdsaktiviteter og økonomi.

Figur 3.6 illustrerer hvordan selskaper kan styre sitt vedlikehold og samsvarer med definisjonen i NS-EN 13306. Denne vedlikeholdsstyringsløyfa ble laget for at oljeselskapene skulle utføre egevaluering av sitt vedlikehold, og har etter publikasjonen blitt en del av utdanningen innen vedlikehold og er tatt i bruk av flere selskaper også utenfor oljesektoren.

I Rana Gruber har det siden sommeren 2014 vært fokusert mest på elementene planlegging og vedlikeholdsprogram. Elementet planlegging er også undersøkt i kapittel 4 i denne masteropp-gaven. En analyse av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber vil kunne gi bedriften verdifull kunnskap om hvilke hull bedriften har i sløyfa, og hvordan sløyfa kan lukkes.

### 5.1.1 Analyse av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber

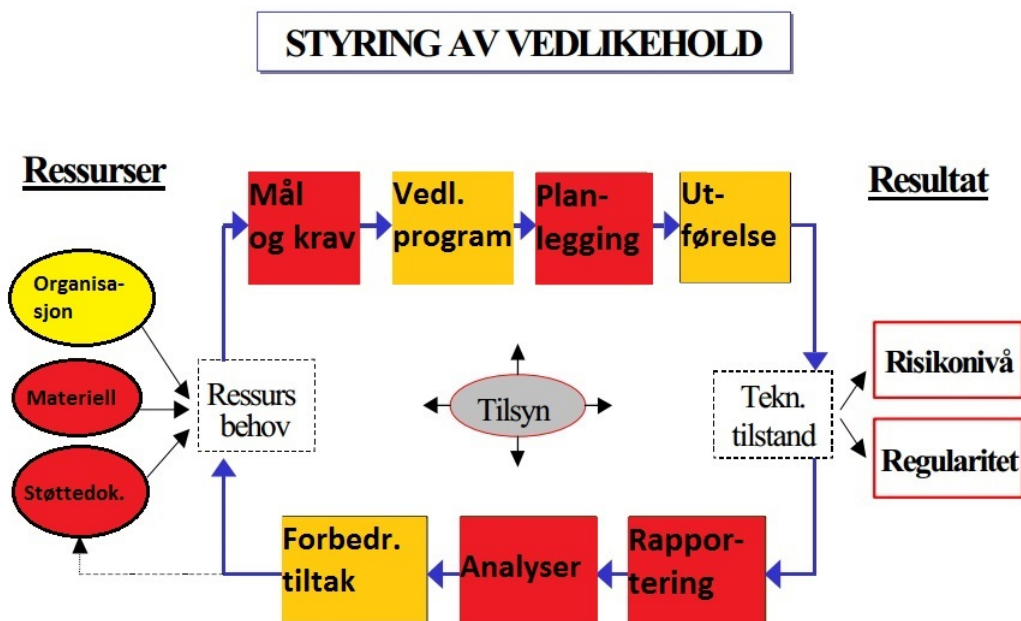
I [Hansen \(2014\)](#) ble det gjennomført en statusanalyse av vedlikeholdet i Rana Gruber. Resultatene fra en ståstedsanalyse utført av MainTech ([MainTech, 2011](#)) ble sammen med styringsløyfa benyttet til å vurdere vedlikeholdsstyringen til Rana Gruber. Fargekodene rød, oransje, gul og grønn ble etablert for å visualisere resultatet. Grønn fargekode ble definert som tilfredsstillende, gul som nesten tilfredsstillende, oransje som ikke tilfredsstillende og rød ble definert som langt fra tilfredsstillende.

Analysen i 2014 viste at lite hadde skjedd siden 2011 og de fleste elementene ble kategorisert med fargekode rød og oransje, ikke tilfredsstillende (figur 5.1). Basert på funnene i [Hansen \(2014\)](#) ble det iverksatt flere tiltak og en ny analyse ble derfor gjennomført i desember 2015 og januar 2016.

Analysen av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber er oppsummert i figur 5.2. Bedriften har forbedret elementene mål og krav, vedlikeholdsprogram, planlegging og utførelse. Ingen av disse elementene er dog vurdert til grønn kategori, som vil si et tilfredsstillende nivå. Elementet mål og krav er vurdert til oransje kategori, opp fra rød kategori i 2014. Bedriften har høyere og tydeligere krav til vedlikeholdet i dag enn tidligere, men fremdeles brukes få KPI'er knyttet til vedlikehold. Det fokuseres i all hovedsak på oppetid og at vedlikeholdet kun skal føre til 1% av nedetiden i oppredningsverket. Bedriften måler ikke OEE, og bruker heller ingen av KPI'ene i NS-EN 15341 ([CEN, 2007](#)). Rana Gruber mangler også et vedlikeholdskonsept som kan sikre et fremtidsrettet vedlikehold. Dette må på plass for at dette og de andre elementene i styringsløyfa kan forbedres.

Elementet vedlikeholdsprogram er vurdert til kategorien gul, opp fra oransje. Rana Gruber har implementert inspeksjoner av begge knuseranleggene i gruva, det er tatt i bruk oljeanalyser, det



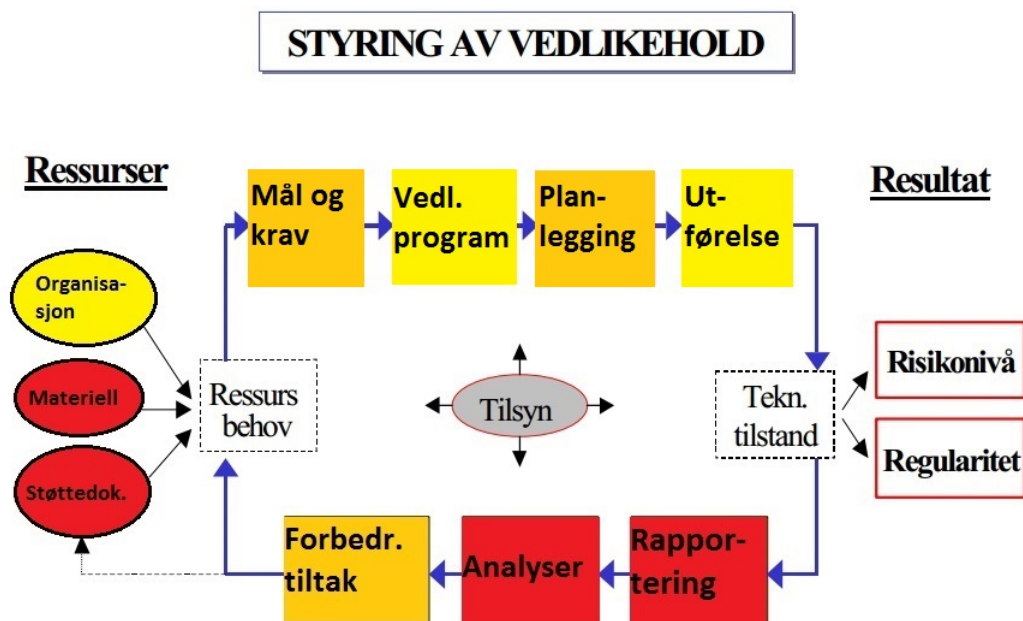


Figur 5.1: Analyse av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber 2014 (Hansen, 2014)

benyttes vibrasjonsmålinger og det skal gjennomføres en FMECA på knuseranleggene. Det er også gjennomført en FMECA på hele oppredningsverket, men denne er fra 2007 og bør oppdateres. For å ta vedlikeholdsprogrammet enda et steg videre bør Rana Gruber gjennomføre FMECA, og på sikt også RCM-analyser, av anleggene i gruva og oppredningsverket. Dette er både ressurs- og kompetansekrevene og må ses i sammenheng med foregående element, mål og krav, samt organisasjon, materiell og støttedokumentasjon.

Det elementet som Rana Gruber har forbedret seg mest på siden 2014 er uten tvil planlegging, og da spesielt knyttet til vedlikeholdsstanser i oppredningsverket. Grunnen til at bedriften havnet i oransje og ikke i gul kategori, er fordi Rana Gruber ikke er gode nok på planlegging av daglig vedlikehold og prosjekter, som diskutert i kapittel 4. Det er heller ikke samme nivå på planleggingen i organisasjonen i gruva som i oppredningsverket, men dette henger sammen med at det ikke har vært ansatt en planlegger i gruva siden mai 2015. Det ble ansatt ny planlegger som startet 01.01.2016, og det forventes at dette vil gi betydelig forbedring av planleggingen i gruva.

Utførelse er også et element som Rana Gruber har forbedret siden 2014, opp fra oransje til gul kategori. Dette henger sammen med at forbedringene som er oppnådd i foregående element



Figur 5.2: Analyse av vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber 2016

har ført til at utførelsen av jobber har blitt bedre. Det er også innført 5S på ett av verkstedene, og en videre implementering av 5S vil forbedre dette elementet videre. Implementeringen av Infor EAM vil også bidra til at gjennomføringen av jobber blir mer effektiv, og er nødvendig for at Rana Gruber skal fortsette å forbedre dette elementet.

Rapporing, analyser og forbedringstiltak er sammen med organisasjon, materiell og støttedokumentasjon vurdert til samme kategori som forrige analyse. Det har skjedd lite innenfor disse elementene av styringsløyfa, noe som er naturlig siden fokuset ikke har vært på å forbedre disse elementene. Ved å implementere vedlikeholdssystemet Infor EAM vil bedriften kunne forbedre elementet rapportering kraftig, som igjen vil si at det kan utføres analyser og forbedringstiltak basert på data og ikke syning. Frem til Infor EAM er implementert vil ikke Rana Gruber være i stand til å forbedre nedre del av styringsløyfa. Infor EAM vil også bidra til at støttedokumentasjon og materiell blir bedre. Ved at reservedelene på lager knyttes opp mot utstyret det benyttes på og at forbruket registreres og følges opp, vil en få mye bedre kontroll på reservedelsstyringen. Dokumentene som i dag finnes spredt rundt omkring i ulike format, kan også knyttes opp til det konkrete utstyret og Rana Gruber kan på den måten etablere et fullverdig elektronisk arkiv.

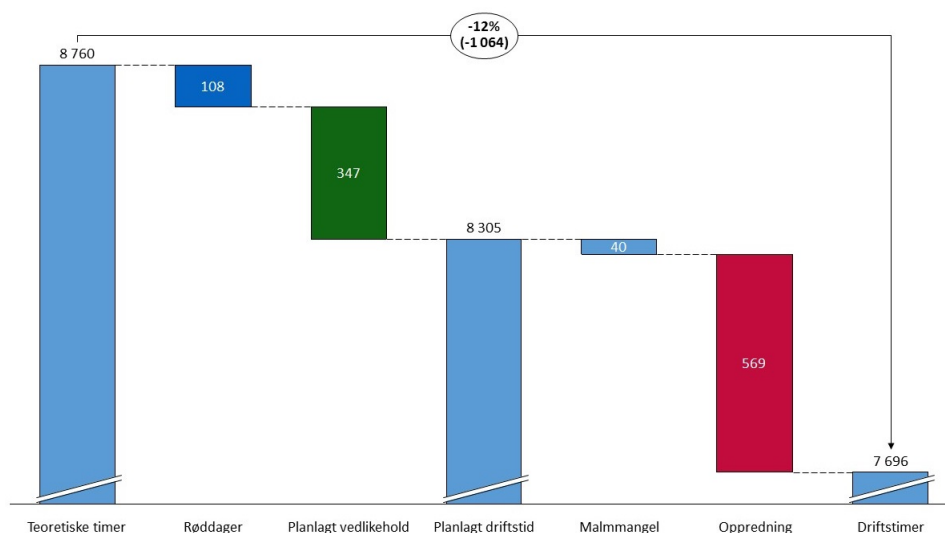
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Dag	Kl	Tonn/t	Status	Total	T / skift	kW stm.1	kW stm.2	KWh / t	Km1	Km2	M40	H150	H400	Sn.1	T	Min	Anmerking	
3																			
1312	DI	10:30	496	FULL DRIFT!			520	1450	3,97	73									stopp på b 1 i 15 min
1313		11:30	587	FULL DRIFT!			640	1550	3,73	72									
1314		12:30	625	FULL DRIFT!			680	1550	3,57	72									
1315		13:30	637	FULL DRIFT!	14 476 984	4 759	670	1550	3,49	72									
1316		14:30	590	FULL DRIFT!			670	1560	3,78	72									Redusert i 15 min, jobbing på B 2
1317		15:30	665	FULL DRIFT!			750	1590	3,52	72									Vannrens 13,99
1318		16:30	488	FULL DRIFT!			510	1520	4,16	72					15				Problem med matere under silo, PIs programmering
1319		17:30	663	FULL DRIFT!			520	1700	3,35	72									
1320		18:30	586	Sjutt band 3			470	1700	3,70	72									stein i sjuten
1321		19:30	678	FULL DRIFT!			540	1760	3,39	72			418						
1322		20:30	619	FULL DRIFT!			530	1720	3,63	72									
1323		21:30	552	FULL DRIFT!	14 481 825	4 841	500	1600	3,80	72									Redusert, boltebrudd 2082
1324	25. feb.	22:30	479	Stopp Band 1,2,3			500	1600	4,38	72									Redusert Boltebrudd 2082/Utsilt matere råmalm
1325		23:30	383	Filter sligsilo			500	1600	5,48	72									Nedstopp E3/Redusert Boltebrudd 2082/Utsilt matere råmalm
1326		00:30	367	Føil med pumper			500	1550	5,59	72				835					Tett pågang 400 Sligsilo/Redusert/Boltebrudd 2082
1327		01:30	582	FULL DRIFT!			550	1650	3,78	72									Tett pågang 400 Sligsilo/Pakn.boks pumpe 400 Sligsilo
1328		02:30	637	FULL DRIFT!			690	1710	3,77	72									Redusert/Tett 2082
1329		03:30	615	FULL DRIFT!			650	1700	3,82	72									
1330		04:30	638	FULL DRIFT!			650	1750	3,76	72									Redusert/låst data
1331		05:30	657	FULL DRIFT!	14 486 183	4 358	650	1720	3,61	72									
1332		06:30	689	FULL DRIFT!			680	1760	3,54	72									foldal 24.14
1333		07:30	654	FULL DRIFT!			670	1810	3,79	72									
1334		08:30	536	Tett M13/Tett M14 /Tett styrtrør			350	1520	3,49	72									stang m13
1335		09:30	0	Omkobling/omlegging			0	0	#DIV/0!	0									omkobling til sykton foran microstikt stoppet mating kl 0825
1336		10:30	0	Omkobling/omlegging			0	0	#DIV/0!	0									
1337		11:30	0	Omkobling/omlegging			0	0	#DIV/0!	0									mating på kl 1140
1338		12:30	488	Omkobling/omlegging			600	1550	4,41	72									
1339		13:30	649	FULL DRIFT!	14 489 199	3 016	760	1620	3,67	73					3241				
1340		14:30	38	Tett M13/Tett M14 /Tett styrtrør			170	170	4,47	73									Tett i M 14, stor stein/hengbolter
1341		15:30	411	Tett M13/Tett M14 /Tett styrtrør			550	1420	4,18	75									Tett i M 14, stor stein/hengbolter -reduert i 20 min, kun SM1
1342		16:30	673	FULL DRIFT!			630	1630	3,36	73									
1343		17:30	661	FULL DRIFT!			670	1710	3,60	72									
1344		18:30	655	FULL DRIFT!			680	1725	3,67	72									Tog 5769/70 innstilt p g a forskelser og annen trafikk

Figur 5.3: Stanstidsregistrering i oppredningsverket

Oppsummert har Rana Gruber forbedret mye av vedlikeholdsstyringen sin siden 2014. Fremdeles gjenstår det flere forbedringer som Rana Gruber er nødt til å gjennomføre for at vedlikeholdsstyringen skal bli akseptabel. Fokuset har vært på å forbedre den øverste delen av sløyfa, noe som har ført til at sløyfa ikke er lukket. For å klare å lukke sløyfa må vedlikeholdssystemet Infor EAM implementeres. Kapittel 6 beskriver hvordan denne implementeringen bør gjennomføres, og i kapittel 6.3 beskrives det hvordan Infor EAM kan bidra til å forbedre vedlikeholdsstyringen ytterligere.

## 5.2 Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring

Som beskrevet i kapittel 2 har Rana Gruber hatt flere store, kostbare utstyrshavari de to siste årene. Dette gjelder både anleggene i gruva og i oppredningsverket. Felles for alle hendelsene er at de kunne ha vært unngått hvis vedlikeholdsstyringen hadde vært bedre. I tillegg til disse hendelsene er det flere tilfeller av korte stanser (fra noen minutter til noen timer) i oppredningsverket som bidrar til den lave tilgjengeligheten. Utstyret i gruva har også dårlig tilgjengelighet. Lasterne hadde en samlet tilgjengelighet på 68,9%, dumperne 71,5%, langhullsriggene 72,2% (Rana Gruber, 2015a), mens knuseranlegget under jord hadde en tilgjengelighet på 72% i 2015. Målsetningen til Rana Gruber er 85% tilgjengelighet på alle maskinene i gruva, og 80% på knuseranlegget under jord. Siden oppredningsverket er flaskehalsen i produksjonen i dag, fokuseres det på den-



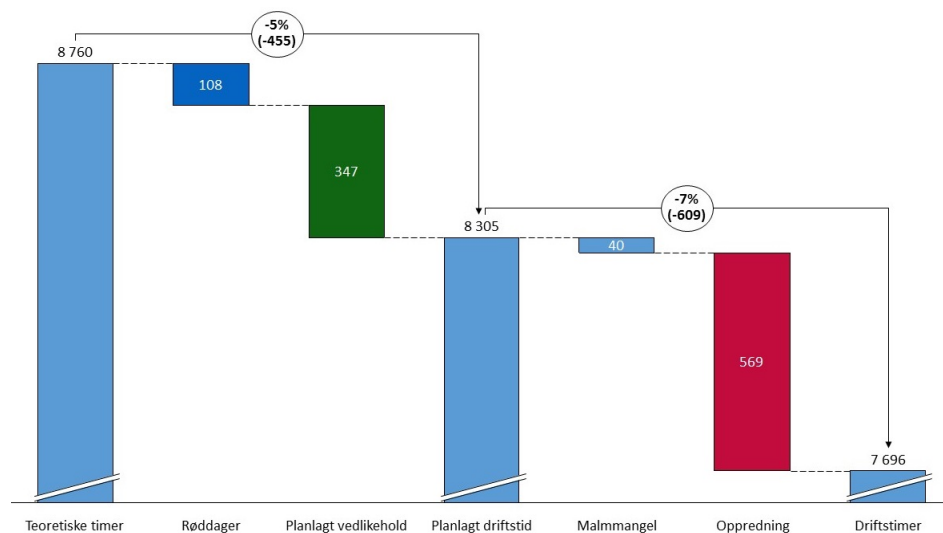
Figur 5.4: Oversikt stans i oppredningsverket 2015

ne delen av verdikjeden videre i kapittelet.

Viktig produksjonsdata og stanstid i oppredningsverket registreres i et Excel-ark av kontrollromsoperatøren. Et utklipp vises i figur 5.3. En stans i oppredningsverket er av Rana Gruber definert som en stans av band 3 som mater malmen inn til møllene. Registrert stanstid er derfor ikke ensbetydende med en full produksjonsstans i hele verket. Siden stanstiden registreres manuelt er det grunn til å tro at det er en viss feilmargin i tallene. Figur 5.4 viser en oversikt over stansårsakene i oppredningsverket fordelt på 4 hovedkategorier.

Som det fremkommer av figur 5.4 var tilgjengeligheten i oppredningsverket 88% når man tar med all stanstid. Dette er ikke helt i henhold til definisjonen i NS-EN 13306, men det er slik Rana Gruber har valgt å måle tilgjengeligheten. Figur 5.5 viser at planlagt stans i verket, fordelt på røddager og planlagt vedlikehold, utgjorde 5% av stanstiden mens uplanlagte stanser utgjorde 7% av stanstiden. Dette gir et mer nyansert bilde av situasjonen enn det som fremkommer i figur 5.4. Forbedringen i vedlikeholdsplanleggingen i Vika har ført til at Rana Gruber har planlagt å redusere stanstiden knyttet til planlagt vedlikehold fra 347 timer i 2015 til 252 timer i 2016. Dette vil kunne øke produksjonen med ca. 56 000 tonn malm og økte inntekter på 6,65 millioner kroner.

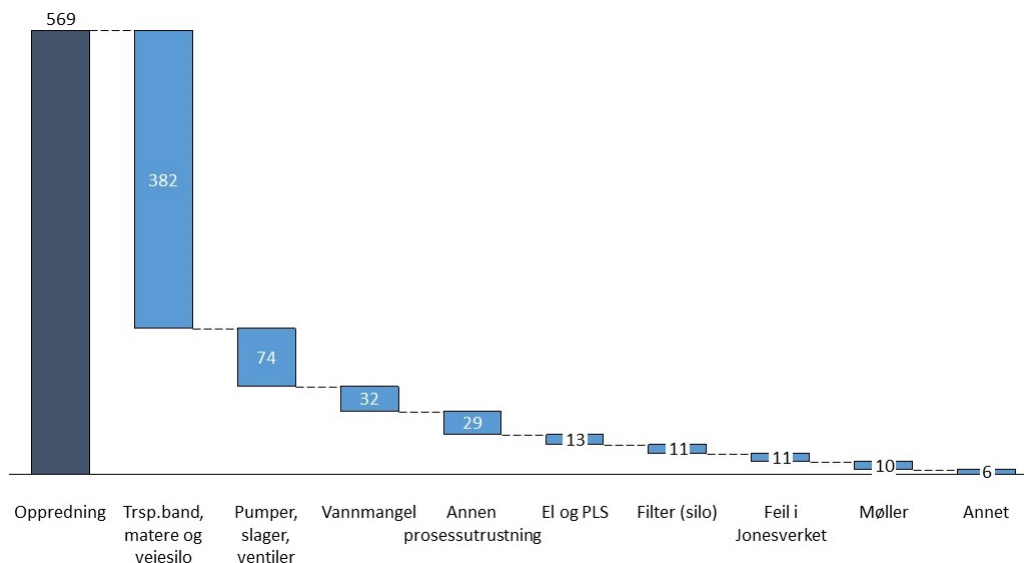
Det er veldig utfordrende å kvantifisere kostnadene og tapt mengde produksjon knyttet til drifts-



Figur 5.5: Oversikt stans i oppredningsverket 2015

stanser i oppredningsverket. Det er mange variabler som spiller inn og som endrer seg time for time. For det første varierer kapasiteten etter kvaliteten på malmen. Snittet for 2015 endte på 593 tonn/time, produksjonsplanene sa 635 tonn/time og det høyeste registrerte i en enkelttime var 784 tonn/time. I tillegg varierer malmfaktoren også basert på kvaliteten på malmen. Malmfaktoren angir hvor mange tonn malm som må til for å produsere 1 tonn ferdigprodukt. I 2015 var det i produksjonsplanene lagt opp til en malmfaktor på 2,62 noe som viste seg å stemme bra siden snittet endte på 2,61. Likevel var det stor variasjon i malmfaktoren fra uke til uke, det laveste som ble registrert var 1,56 mens det høyest registrerte var 3,74.

I tillegg til at selve produksjonsprosessen gjør det vanskelig å estimere kostnader, er måten prisen regnes ut på også en variabel faktor som endrer seg relativt ofte. For det første får Rana Gruber betalt basert på et kvartalsvis gjennomsnitt av spottpreisen, minus en rabatt på grunn av frakt. Betalingen foregår i dollar og derfor påvirker også dollarkursen hva bedriften får betalt. På grunn av kompleksiteten i utregningen er det for enkelhetsskyld brukt 593 tonn/time for å estimere potensialet for økt produksjon og 70 000 kr/time i stanskostnader. Det siste tallet er beregnet av Rana Gruber for en tid tilbake og gir ikke et 100% riktig bilde av stanskostnadene siden prisene har falt siden dette ble regnet ut. Likevel brukes dette tallet av bedriften, og derfor også i oppgaven.



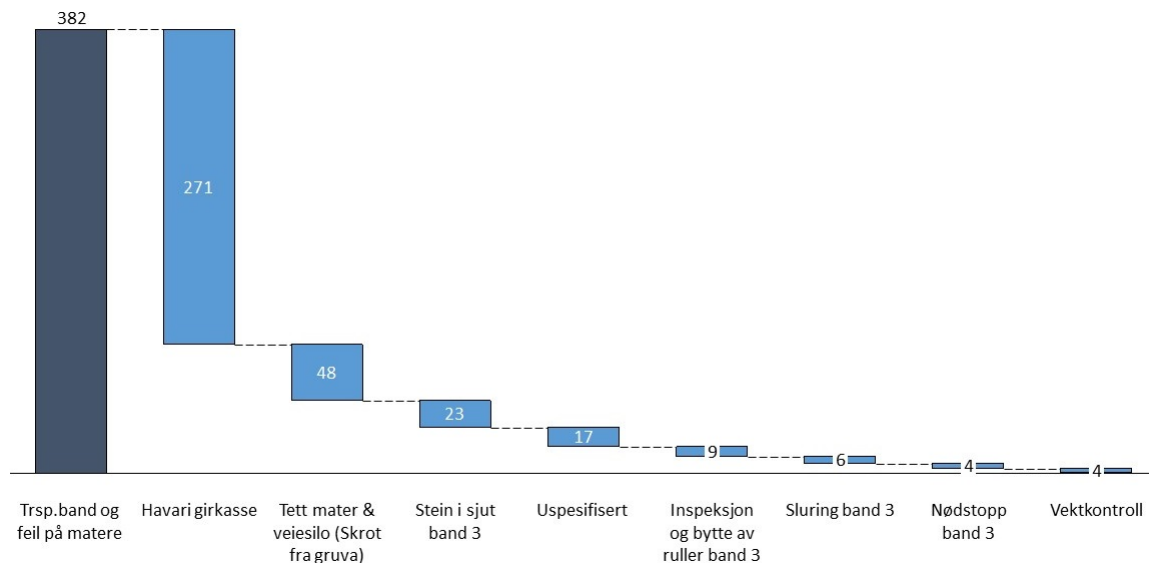
Figur 5.6: Stansårsaker i oppredningsverket 2015

Kategorien *oppredning* viser alle stansene som ikke er planlagt. Dette gjelder både stanser på grunn av svikt på utstyr og prosessrelaterte stanser som for eksempel tettkjøringer. En videre gjennomgang av stansårsakene viser at 80% av stanstiden er relatert til kategoriene *transportband, matere og veiesilo*, og *pumper, slanger og ventiler* (Figur 5.6). *Transportband, matere og veiesilo* stod alene for 67% av stanstiden knyttet til uforutsett driftsstans i 2015. En videre undersøkelse av stansårsaker knyttet til denne kategorien er derfor gjennomført.

### 5.2.1 Stanstid i oppredningsverket knyttet til småstanser

En gjennomgang av stanstidsregistreringen med fokus på småstopper, viste at Rana Gruber svært ofte har registrert små stanser i størrelsesorden 5-15 minutter i flere ulike kategorier. De fleste av disse var innenfor kategorien *transportband, matere og veiesilo*. Alle ukene i 2015 hadde tilfeller av slike småstanser, og bare i et fåtall av dagene gjennom hele året ble det produsert uten noen form for driftsstans.

De korte stansene skyldes i hovedsak 2 ting, sikringsbolter fra gruva og steinheller som setter seg fast i sjuten mellom band 1, 2 og 3 (figur 5.7). Rana Gruber har ikke gjennomført rotårsaksanalyser av disse problemene, selv om en har vært klar over at de eksisterer. Problemene har blitt diskutert og tiltak har blitt besluttet uten at man har gått inn i dybden for å analysere hva som



Figur 5.7: Stansårsaker i oppredningsverket 2015 innen kategorien transportband og matere

er selve rotårsaken til problemene. Tiltakene er enda ikke iverksatt, og det er derfor ikke mulig å si om disse vil løse problemene eller ikke.

Stein i sjuten er den stansårsaken som er registrert nest flest ganger i 2015. Det ble registrert 183 stanser fordelt på alle ukene med normal produksjon i oppredningsverket, noe som utgjorde en stanstid på totalt 23,1 timer. Dette tilsvarte en tapt produksjon på 13 698 tonn påsatt malm og en tapt inntekt på 1,617 millioner kroner. Sikringsbolter og annet skrot fra gruva førte til stans i oppredningsverket hele 234 ganger, og utgjorde 48,2 timer stans i produksjonen. Dette medførte 28 583 tonn påsatt malm i tapt produksjon og en tapt inntekt på 3,374 millioner kroner.

Ved å forbedre vedlikeholdsstyringen og lukke vedlikeholdssløyfa, vil Rana Gruber være i stand til å fjerne disse og flere andre stansårsaker på et mye tidligere tidspunkt enn i dag. Dette vil øke tilgjengeligheten på produksjonsutstyret i oppredningsverket, og dermed kan bedriften øke produksjonen uten å investere i nytt utstyr.

### 5.2.2 Stanstid i oppredningsverket knyttet til større stanser

I 2015 opplevde Rana Gruber spesielt én hendelse som førte til betydelig stanstid i oppredningsverket. Under en inspeksjon av girkassen til band 3 med kamera, ble det konstatert havari på

pinjongen. Girkassen ble montert i 1980 og dette var første gangen det ble gjennomført en slik inspeksjon. Rana Gruber hadde verken reservedeler eller reservegirkasse på lager, og en ny pinjong måtte derfor lages av produsenten i Finland. Denne stansårsaken utgjorde alene 271 av totalt 569 timer uplanlagt produksjonsstans, noe som vil si 47,6% av all uplanlagt stanstid i 2015. Dette resulterte i ca. 160 703 tonn påsatt malm i tapt produksjon og, ifølge Rana Gruber, et tap på ca. 20 millioner kroner i tapt produksjon og økte vedlikeholdskostnader.

Med bedre vedlikeholdsstyring ville dette havariet uten tvil vært unngått. I dette tilfellet hadde Rana Gruber verken kontroll på tilstanden til enheten eller reservedelsstyringen. Bare flaks førte til at dette ble oppdaget før hele pinjongen totalhavarerte under drift. Et havari under drift ville fått katastrofale følger fordi bandet da ville rast baklengs med 10 tonn masse. Hadde da noen oppholdt seg i bunnen av råmalmsiloen kunne liv gått tapt. Produksjonsstansen ville også blitt betydelig lengre hvis dette hadde skjedd under drift, siden 10 tonn malm måtte ha blitt fjernet for hånd fra bunnen av råmalmsiloen. I tillegg ville et slikt havari mest sannsynlig ført til større ødeleggelser av annet utstyr i området.

Ved å unngå et tilsvarende havari i 2016, vil bedriften kunne øke produksjonen med 160 703 tonn malm og øke inntektene med 18,97 millioner kroner. Dette er store beløp og illustrerer at det burde være muligheter å bruke noen millioner i investeringer i bedre vedlikeholdsstyring.

### **5.2.3 Fremtidig potensial for økt produksjon**

Analysen av vedlikeholdsstyringen til Rana Gruber viser at bedriften har forbedret deler av vedlikeholdsstyringen de siste årene, men fremdeles er ingen av elementene kategorisert som tilfredsstillende. Analysen av stansårsaker viser at flere korte og lengre stanser kan fjernes ved å eliminere rotårsaken til problemene. Basert på dette kan en videre forbedring av vedlikeholdsstyringen føre til:

- Redusert behov for vedlikeholdsstanser siden flere jobber kan utføres når verket ført stoppes for å utføre planlagt vedlikehold. Dette utgjør 95 timer i økt tilgjengelighet, 56 336 tonn i økt produksjon og 6,65 millioner kroner i økte inntekter.
- Fjerne rotårsaken til at sikringsbolter og steinheller fører til stans i oppredningsverket.



Dette kan utgjøre i størrelsesorden 71,3 timer i økt tilgjengelighet, 42 281 tonn i økt produksjon og 4,991 millioner i økte inntekter.

- Redusere sannsynligheten for store havari slik som band 3. Dette kan bety 271 timer i økt tilgjengelighet, 160 703 tonn i økt produksjon og 18,97 millioner i økte inntekter.

Som beskrevet ovenfor og i kapittel 2, har bedriften brukt store penger på produksjonsstanser og korrektivt vedlikehold de to siste årene. Dette er penger som kunne vært spart hvis vedlikeholdsstyringen hadde vært bedre. Å forbedre vedlikeholdsstyringen vil kreve ressurser i form av tid, penger og kompetanse. Det finnes midler gjennom SkatteFUNN-ordningen som bedriften kan skaffe seg til dette arbeidet. Et samarbeid mellom Rana Gruber og NTNU kan være en måte å skaffe seg disse midlene på.

I tillegg bør ledelsen i bedriften vurdere å øke vedlikeholdsbudsjettet for de neste årene. Bedriften sliter tungt på grunn av markedssituasjonen, men har likevel hatt råd til flere dyre havari i 2014 og 2015. En økning i budsjettet knyttet til forebyggende vedlikehold og forbedret vedlikeholdsstyring, vil faktisk kunne føre til en besparelse hvis bedriften unngår slike havari i fremtiden. Å fortsette som man alltid har gjort er i alle fall ikke et alternativ hvis bedriften skal overleve i fremtiden.

### 5.3 Økt produksjon ved innføring av 5S

Innføring av 5S er ett av punktene i strategien til Rana Gruber for å oppnå økte marginer ([Rana Gruber, 2014f](#)). Høsten 2014 ble det besluttet å innføre 5S på motorverkstedet på Storforshei. Dette er ett av flere verksted i samme bygning, og det ble besluttet å bruke dette verkstedet som et utstillingsvindu for å overbevise eventuelle skeptikere om de positive effektene av å innføre 5S. Figur 5.8 viser bilder tatt før og etter iverksettelsen. Som en kan se på bildene er det betydelig forskjell på de to verkstedene. Tidligere kastet man bort mye tid på å lete etter deler og utstyr, og å flytte på utstyr for å få plass til å kjøre truck. I dag er verkstedet delt inn i arbeidssoner, det er lyst og oversiktlig og lett å finne det en trenger.

Innføringen på motorverkstedet ble en stor suksess, som også førte til ros fra styret i bedriften da



Figur 5.8: Innføring av 5S, Motorverksted Rana Gruber

dette ble presentert. Planen var å fortsette innføringen på resten av verkstedene på Storforshei, anleggene og verkstedene i gruva, og etter hvert også i oppredningsverket og verkstedet i Vika. Prosjektet ble lagt på is grunnet nedbemanningsprosessen bedriften ble tvunget til å gjennomføre i slutten av 2014/starten av 2015. I tillegg sluttet vedlikeholdsplanleggeren på Storforshei som hadde vært drivkraften i innføringen sammen med vedlikeholdssjefen. I dag foreligger det ingen umiddelbare planer om å starte opp arbeidet igjen, selv om det fremdeles er en del av Rana Grubers strategi.

En av grunnen til at det er vanskelig å få gjennomslag for å bruke tid og ressurser på 5S når en bedrift sliter økonomisk, er at det er vanskelig å tallfeste de positive effektene. Det er derimot åpenbart at en arbeider mer effektivt i et verksted som ser ut som høyre side av figur 5.8 kontra venstre side. Dette støttes også av verkssjefen hos Celsa Armeringsstål som under et seminar i Mo i Rana sa at innføringen av 5S var det viktigste grunnlaget for å bli Lean. Å tallfeste dette er derimot en mye vanskeligere oppgave. Enda vanskeligere er det å bevise at 5S kan bidra til å øke produksjonen i en bedrift, selv om dette er dokumentert i ulike akademiske publikasjoner.

Å innføre 5S på et verksted vil føre til mindre sløsing og dermed økt effektivitet. Økt effektivitet kan for eksempel føre til at flere forebyggende vedlikeholds-jobber blir gjennomført til riktig tid. Dette vil ikke nødvendigvis ha direkte påvirkning på produksjonen til en bedrift på kort sikt. Unntaket er når den økte effektiviteten fører til at den forebyggende eller korrektive stansjob-



Figur 5.9: Manglende renhold av produksjonsutstyr

ben går raskere og dermed fører til kortere stans i produksjonen. For Rana Gruber sin del er det åpenbart at innføringen av 5S på motorverkstedet førte til kortere stanstid under havariet på band 2 i gruva i 2015. Det var stor aktivitet på dette verkstedet både av egne ansatte og innleide under reparasjonen og alle disse dro nytte av den økte effektiviteten.

Fortsatt er det et betydelig potensial å hente ut ved å innføre 5S i resten av bedriften. I gruva vil dette føre til mindre sløsing spesielt i form av kjøring mellom knuseranlegg, lager og verksted. I dag kan for eksempel en betydelig del av tiden en mekaniker bruker under en vedlikeholdsstans på knuseranlegget i underjordsgruva, gå til kjøring for å hente deler eller verktøy. Det er også mulig at innføring av 5S på maskinparken vil øke tilgjengeligheten til disse maskinene. Rengjøring er viktig førstelinjes vedlikehold, og bedre rutiner knyttet til rengjøring av maskinene vil kunne medføre at feil oppdages før svikt inntreffer.

I oppredningsverket vil en innføring av 5S medføre mye positivt som direkte og indirekte vil påvirke produksjonen. En god del gammelt utstyr er ikke fjernet fra de forskjellige prosessan-





Figur 5.10: Slanger, ventiler og annet utstyr i oppredningsverket

leggene, noe som fører til at feilsøkingen blir vanskeligere når det oppstår uforutsette hendelser. Planleggingen og utførelsen av vedlikeholdsstanser blir også vanskeligere da det for eksempel er vanskelig å vite hvilket utstyr som kan påvirke jobbene som skal utføres. Figur 5.9 viser et bilde av et lager til drivtrommelen til ett av transportbandene i sligsiloen. Lageret er helt nedgravd i slig, noe som på et eller annet tidspunkt vil føre til lagerhavari. Manglende renhold av prosessutstyr som dette kan observeres stort sett over alt i oppredningsverket. En innføring av 5S og bedre renhold i alle prosessanleggene vil uten tvil føre til redusert sannsynlighet for svikt, samtidig som arbeidsmiljøet blir bedre og effektiviteten øker.

Figur 5.10 viser en annen typisk situasjon i oppredningsverket. Rør og slanger går på kryss og tvers og skaper et inntrykk av det komplette kaos. Innføring av 5S vil kunne bidra til å gjøre oppredningsverket mer oversiktlig og strømlinjeformet. Dette vil føre til at feilsøking og reparasjoner blir lettere å gjennomføre. Opplæringen av nye operatører vil også bli vesentlig enklere siden det vil være lettere å se hvilke enheter som sammen danner et system.

# Kapittel 6

## Implementering av vedlikeholdssystemet

### Infor EAM

Dette kapitlet handler om Rana Grubers vedlikeholdssystem, Infor EAM. Kapitlet skisserer hvordan Infor EAM kan implementeres hos Rana Gruber, og det diskuteres hvordan Infor EAM kan bidra til å forbedre vedlikeholdsstyringen.

#### 6.1 Status i dag

Høsten 2014 ble det gjennomført en kartlegging av vedlikeholdsstatusen i Rana Gruber ([Hansen, 2014](#)). Her ble Infor EAM viet mye oppmerksomhet, og det ble lagt frem flere forslag til forbedringer som burde gjennomføres før systemet kunne tas i bruk. Spesielt ble det ansett som viktig å endre på anleggsstrukturen da denne fremsto som veldig lite hensiktsmessig og mangelfull.

Basert på anbefalingene fra [Hansen \(2014\)](#) ble det i starten av 2015 gjennomført flere endringer i oppbyggingen av Infor EAM. Anleggsstrukturen ble endret, men bare for utstyret i gruva på Storforshei. Det ble besluttet å fokusere på anleggsstrukturen i gruva fordi det er mindre utstyr der sammenlignet med oppredningsverket i Vika, samt at kompetansen på selve Infor EAM var høyere der. Dette gjorde at man kunne komme i gang i denne delen av bedriften, uten å måtte vente på at anleggsstrukturen for oppredningsverket skulle bli ferdig.

Uheldigvis for bedriften sluttet vedlikeholdsplanleggeren på Storforshei som jobbet med innfø-

ringen, noe som førte til at dette arbeidet stoppet opp. Ikke før en trainee ble ansatt i september 2015 ble arbeidet med innføringen tatt opp igjen. Fremdeles gjenstår noen viktige anbefalinger fra [Hansen \(2014\)](#), spesielt anleggsstrukturen i oppredningsverket bør forandres før innføringen starter i Vika. Hvis anleggsstrukturen ikke endres før man implementerer Infor i oppredningsverket, risikerer Rana Gruber å innføre et halvferdig system som kan føre til frustrasjon fra brukerne og dermed manglende tillitt til systemet. Denne manglende tillitten kan bli svært vanskelig å bygge opp i etterkant, og kan i ytterste konsekvens føre til at implementeringen mislykkes. Nedenfor skisseres det hvordan bedriften kan implementere Infor EAM på en riktig måte, med utgangspunkt i at alle nødvendige endringer er utført.

## 6.2 Implementering av Infor EAM

Implementeringen av nye IT-systemer kan være svært tid- og ressurskrevende, og organiseres gjerne som et prosjekt. Rana Gruber kjøpte Infor EAM i 2011, men har så langt kun tatt i bruk systemet i elektroavdelingen. I tillegg er det fremdeles mange funksjoner som er tilgjengelige men som ikke er tatt i bruk. Verken mekanisk vedlikehold, driftsoperatørene, ledere eller mellomledere bruker systemet annet enn til innkjøp, implementeringen må dermed ansees som mislykket. Årsaken til dette undersøkes ikke videre i denne masteroppgaven. Siden implementeringen vil ha en definert start og slutt, samt kreve ressurser i form av penger og arbeidskraft, anbefales det at Rana Gruber organiserer dette som et prosjekt. Forslag til verktøy og metoder som blir presentert videre i kapitlet er basert på [Pinto \(2013\)](#) og forfatterens egne erfaringer fra tidligere prosjektarbeid fra arbeidslivet.

### 6.2.1 Prosjektplanlegging og -styring

[Pinto \(2013\)](#) beskriver i sin bok hvordan man oppnår god prosjektplanlegging og -styring. Han beskriver flere verktøy og metoder som er viktige å benytte for at et prosjekt skal oppnå ønsket resultat. Metodene og verktøyene som anses som viktige for implementeringen hos Rana Gruber blir beskrevet videre i kapitlet.

## Stimuli og prosjektkart

Et prosjekt starter ikke av seg selv, det er alltid et nytt behov eller et problem som trenger å løses som initierer et prosjekt. Dette kalles for stimuli. Å være bevisst hva som er bakgrunnen for et prosjekt er viktig for å forstå hvilken virkning prosjektet kan få for interessentene. Stimuli fører til en initiering av et prosjekt som igjen fører til opprettelsen av et project charter eller prosjektkart på norsk. Et prosjektkart er et dokument som beskriver viktigheten av prosjektet for eieren. Det beskriver mål, viktige retningslinjer for prosjektlederen og definerer prioriteringene i prosjektet. Viktigst av alt beskriver prosjektkartet hvor langt prosjekteieren er villig til å gå for å fullføre prosjektet. Rana Gruber bør derfor starte med å beskrive bakgrunnen for prosjektet og opprette et prosjektkart.

Etter flere samtaler med brukere av Infor EAM i bedriften i dag, samt flere ledere i ledergruppen, har det kommet frem at man bare bruker en brøkdel av funksjonene til systemet på tross av at elektro- og innkjøpsavdelingene har brukt systemet siden 2012. Forståelsen for hvilke muligheter som ligger i systemet mangler og kompetansen på bruken av selve systemet må også sies å være lav siden man ikke har greid å tatt i bruk flere funksjoner. Før implementeringen starter bør det derfor brukes mye tid på prosjektkartet slik at ledergruppen er omforent med hva bedriften ønsker å oppnå og hvilke kostnader dette medfører.

## Dokumentstyring og -kontroll

Uansett om et prosjekt er stort og går over flere år eller lite og går over noen uker, er det viktig å ha god dokumentstyring og dokumentkontroll. Dette vil sikre at erfaringen som prosjektgruppen gjør seg underveis i prosjektet kan overføres til resten av bedriften.

Rana Gruber er ISO 9001-sertifisert, men bruker ikke et eget dataprogram for dokumentstyring. Bedriften benytter en mappestruktur på serveren, i tillegg til en elektronisk kvalitetshåndbok kalt EKweb for prosedyrer og instruksjoner. Neste steg er derfor å lage en egnet mappestruktur for dette prosjektet. Figur 6.1 viser hvordan denne strukturen kan se ut. I mappe 01 Prosjektdokumentasjon legges alle dokumentene som trengs for selve prosjektstyringen (prosjektkart, WBS, Gant, suksesskriterier osv.).

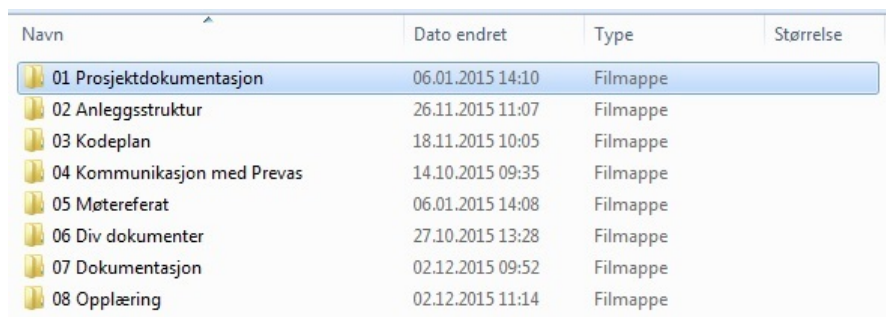
## Prosjektorganisering

Neste steg vil være å bestemme hvem som skal delta i prosjektet, hvilke roller disse personene skal ha og hvordan rapporteringen skal foregå. Dette prosjektet skal gjennomføres samtidig som den daglige driften blir ivaretatt. Grunnet nedbemanning og en presset økonomisk situasjon, er det ikke aktuelt å leie inn konsulenter eller bruke mange interne ressurser på fulltid. Utfordringen til bedriften blir derfor å finne riktig balanse hva gjelder bruk av ressurser i form av arbeidskraft. Som minimum bør det benyttes en prosjektplanlegger som kan bruke all sin tid på implementeringen. Erfaringen fra forrige forsøk har vist at det er nødvendig med en person som kun jobber med implementeringen, da det er lett å bli oppslukt i det daglige arbeidet hvis man må gjøre sine normale arbeidsoppgaver også. Den nylig ansatte traineen kan derfor være en god kandidat. Det må også velges en prosjektleder som prosjektplanleggeren kan rapportere til, og som følger opp fremgang og ressursbruk, og rapporterer dette videre til prosjekteier. Det blir også nødvendig å involvere avdelingslederne i mekanisk-avdelingene i Vika og på Storforshei, samt driftslederne på samme sted. Prosjektorganiseringen skal dokumenteres i et organisasjonskart og lagres i dokumentstyringssystemet.

## Suksessfaktorer og -kriterier

Det er flere måter å måle om et prosjekt har vært en suksess eller ikke. Hvis man kun måler suksess i et prosjekt på om sluttproduktet skaper verdi for interessentene, snakker man om project effectiveness (Pinto, 2013). Project efficiency handler mer om prosjektgjennomføringen i seg selv ble en suksess, og om man klarte å levere på tid, kostnad, HMS eller andre fastsatte suksesskriterier. Et suksesskriterie er et konkret måltall eller kriterie som definerer om prosjektet har vært en suksess eller ikke. Suksessfaktorer beskriver hvilke strategier man bruker for å oppfylle suksesskriteriene. Suksesskriterier og -faktorer vil være viktig å beskrive også for Rana Gruber. Bedriften bør derfor også definere disse før implementeringen starter. På denne måten øker man sjansen for at implementeringen blir vellykket, og det blir lettere å måle dette i etterkant.





Navn	Dato endret	Type	Størrelse
01 Prosjektdokumentasjon	06.01.2015 14:10	Filmappe	
02 Anleggsstruktur	26.11.2015 11:07	Filmappe	
03 Kodeplan	18.11.2015 10:05	Filmappe	
04 Kommunikasjon med Prevas	14.10.2015 09:35	Filmappe	
05 Møtereferat	06.01.2015 14:08	Filmappe	
06 Div dokumenter	27.10.2015 13:28	Filmappe	
07 Dokumentasjon	02.12.2015 09:52	Filmappe	
08 Opplæring	02.12.2015 11:14	Filmappe	

Figur 6.1: Eksempel på mappestruktur

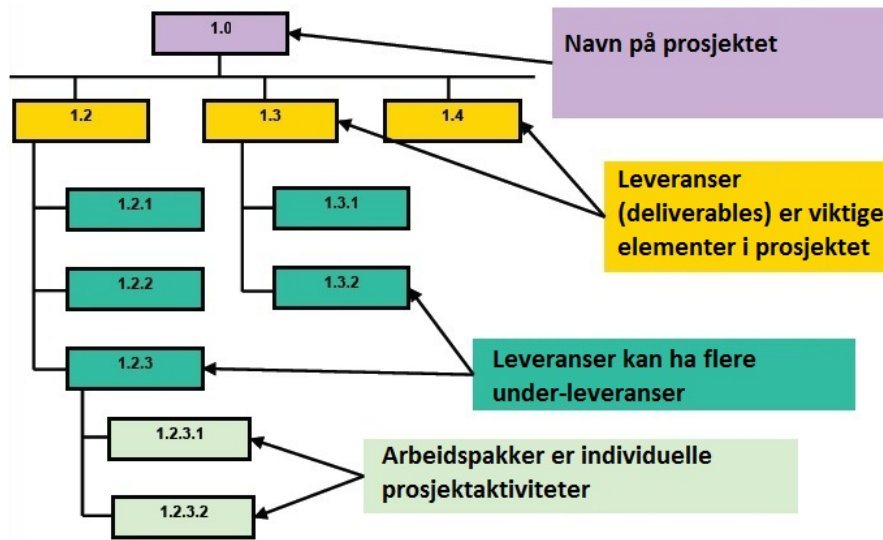
## Work breakdown structure - WBS

En Work breakdown structure (WBS) er en visuell fremstilling av alle oppgavene i et prosjekt, og deler prosjektet opp i leveranser og arbeidspakker. En WBS kan bestå av mange nivå, og kan fort bli stor og kompleks. Fordelen med dette verktøyet er at oppgavene i prosjektet lett kan fremstilles og visualiseres, og dermed kan de involverte i prosjektet lett få en forståelse av hva prosjektet handler om og hva det krever å gjennomføre det. Dette er også et levende dokument som vil endre seg etter hvert som nye momenter i et prosjekt dukker opp, og det kan brukes sammen med et Gant-diagram for å visualisere fremgangen i prosjektet. Figur 6.2 illustrere hvordan en WBS kan se ut. Rana Gruber bør starte planleggingen med å lage en WBS for implementeringen av Infor EAM for på denne måten å få en oversikt over omfanget som kreves og hvilke arbeidspakker som skal gjennomføres. Dette må bli et levende dokument som oppdateres etter hvert som nye momenter dukker opp. Ved bruk av fargekoder kan også fremgangen visualiseres, for eksempel ved at arbeidspakker som ikke har startet farges røde, arbeidspakker som har startet farges gule og fullførte arbeidspakker farges grønne.

## Gant-diagram

Et Gant-diagram er et nyttig verktøy for å planlegge når oppgaver skal gjennomføres. Det brukes også til å følge opp progresjonen i et prosjekt. Benytter man Gant-diagrammet sammen med en WBS har man et kraftfullt verktøy for prosjektplanlegging og -styring. Rana Gruber bruker i dag MS Project for planlegging av vedlikeholdsstanser og er derfor allerede kjent med bruken av Gant-diagram. Rana Gruber bør derfor også bruke MS Project i implementeringen av Infor EAM. Dette bør opprettes etter at man har laget en WBS for å illustrere hvor lang tid man skal

## Work Brakedown Structure og koder



Figur 6.2: Eksempel på WBS (adoptert fra [Pinto \(2013\)](#))

bruke på de ulike arbeidspakkene og prosjektet i sin helhet.

## Risikostyring

Det er alltid viktig å kjenne til risikoen i et hvert prosjekt. Uten at man gjennomfører en risikovurdering eller en risikoanalyse vil det være vanskelig å finne risikofaktorer som det er viktig å håndtere. Ved å gjennomføre en risikovurdering blir det lettere å være i forkant av problemene istedenfor å takle dem underveis i prosjektet. Rana Gruber bør derfor gjennomføre en risikoanalyse som en siste aktivitet før implementeringen starter.

## 6.3 Bedre vedlikeholdsstyring ved implementering av Infor EAM

Som det nevnes i kapittel 4 og 5 vil implementeringen av Infor EAM være veldig viktig for å forbedre vedlikeholdsstyringen i Rana Gruber. Infor EAM inneholder mange nyttige moduler og funksjoner, og er det viktigste verktøyet for at Rana Gruber skal forbedre vedlikeholdsstyringen, øke produksjonen og vri fokuset mot et mer forebyggende og proaktivt vedlikehold.

Som det ble beskrevet i kapittel 5, har Rana Gruber forbedret flere sider av vedlikeholdsstyringen de siste årene. Fokuset har vært på å forbedre den øvre delen av vedlikeholdsstyringsløyfa, og spesielt planleggingen av vedlikeholdsstanser i oppredningsverket og i gruva. Denne satsingen har ført til at man har kunnet øke intervallene mellom hver vedlikeholdsstans i oppredningsverket fra 3 til 10 uker. Dette har ført til økt produksjon og flere millioner i økte inntekter.

Ved å ta i bruk Infor EAM vil Rana Gruber være i stand til å få mye bedre kontroll på det forebyggende vedlikeholdet. Det er mulig å lage FV-planer i Infor EAM som genererer jobber basert på driftstimer eller kalendertid. Det er også mulig å integrere timetellere fra PLS'ene rundt omkring slik at arbeidsordrer genereres automatisk etter et gitt tidsintervall. I dag mangler det FV-planer for svært mye av utstyret til bedriften, og dette er mye av grunnen til at andelen korrektivt vedlikehold er høy. Hvor høy andelen korrektivt vedlikehold er sammenlignet med forebyggende, er umulig å fastslå siden dette ikke registreres i dag. Etter hvert som Infor EAM blir implementert, vil det bli langt større muligheter for å etablere KPI'er som kan bidra til å si om bedriften er på rett vei eller ikke. Etter at Infor EAM har blitt tatt i bruk, er det nødvendig å gjennomføre en total revisjon av vedlikeholdsprogrammet til bedriften. En slik revisjon vil føre til at det etableres flere nye FV-planer, som igjen vil bety en gradvis overgang fra korrektivt til forebyggende vedlikehold.

Infor EAM er helt nødvendig for at Rana Gruber skal kunne forbedre den nederste delen av vedlikeholdssløyfa og dermed lukke sløyfa. Etter hvert som flere arbeidsordrer registreres, genereres det historikk over utstyret som kan brukes til å gjennomføre analyser og forbedringstiltak. Ved å gjennomføre rotårsaksanalyser ved all stans på maskiner og utstyr, kan det forebyggende vedlikeholdet hele tiden forbedres og videreutvikles. Rotårsaksanalyser er derfor et område i bedriften der det er nødvendig å styrke kompetansen. Det er også nødvendig å øke kompetansen innen Infor EAM for superbrukerne. Etter hvert som flere og flere funksjoner tas i bruk vil man komme til et punkt hvor det blir nødvendig å leie inn konsulenter for å gjennomføre opplæring på et høyere nivå. Denne opplæringen er nødvendig for at Rana Gruber skal klare å utnytte systemet fullt ut, og det må derfor settes av penger til dette slik at implementeringen ikke stopper opp i påvente av finansiering av denne opplæringen.

### 6.3.1 Registrering av nedetid

Registrering av nedetid er viktig for at Rana Gruber skal kunne vite hvilke enheter og maskiner som står for størstedelen av nedetiden. Som vist i figur 5.3 registreres nedetiden i oppredningsverket i et Excel-ark av kontrollromsoperatøren. Det er kun stanstid på band 3 som er definert som nedetid i fabrikk, og det registreres ikke stanstid på de andre enhetene eller systemene i oppredningsverket. For at Rana Gruber skal forbedre tilgjengeligheten i oppredningsverket, er det nødvendig at bedriften starter med registrering av nedetid på viktige enheter og delsystemer. I Infor EAM er det mulig å registrere stanstid per enhet, og det er mulig å hente ut pålitelighetsdata som middeltid til feil (MTTF) og middeltid mellom feil (MTBF).

I det videre arbeidet med å videreutvikle Infor EAM og etter hvert ta i bruk flere moduler, bør det undersøkes om mulighetene i Infor EAM er nok til å dekke Rana Grubers behov innenfor stanstidsregistrering, eller om dette må gjøres på en annen måte. Eksempelvis så har bedriften Celsa Armeringsstål, som også holder til i Mo i Rana, laget en egen web-basert løsning for nedetidsregistrering. En annen mulighet er å undersøke om det finnes tilgjengelige produkter på markedet. Dette er ikke undersøkt i masteroppgaven da fokuset i oppgaven har vært på å komme i gang med implementeringen. Infor EAM består av veldig mange funksjoner og moduler og det vil ta flere år før bedriften klarer å opparbeide seg den nødvendige kompetansen for å utnytte systemet fullt ut.

# Kapittel 7

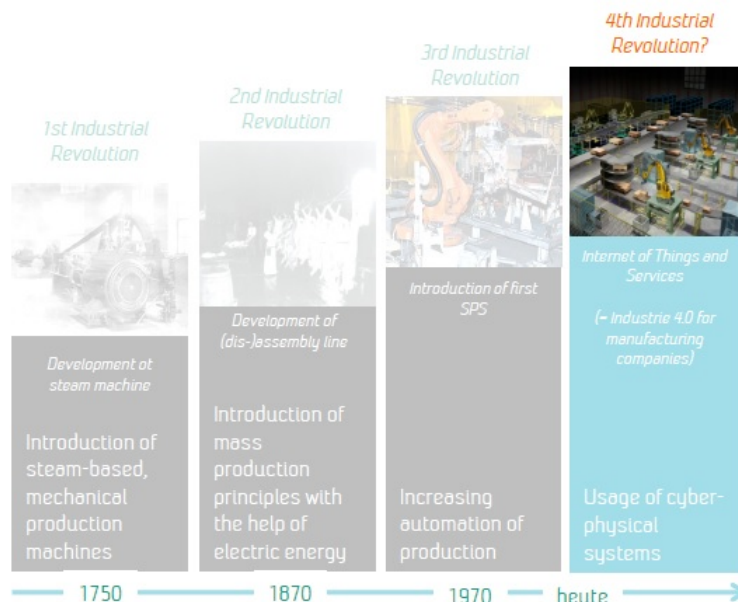
## Industri 4.0 - Mot intelligent og fleksibel produksjon

Dette kapittelet beskriver bakgrunnen for Industri 4.0 og hva Industri 4.0 er. Det diskuteres også kort hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre Rana Grubers fremtid.

### 7.1 Den fjerde industrielle revolusjonen

Industri 4.0 er betegnelsen på den neste industrielle revolusjonen som verden står overfor. Uttrykket har sin opprinnelse fra Tyskland, og er den tyske regjeringens strategi for å sikre konkurransekraften til industrien i landet. Som figur 7.1 viser, kjennetegnes den første industrielle revolusjonen ved utviklingen av damp-baserte mekaniske maskiner. Den andre industrielle revolusjonen medførte bruk av elektrisk energi, samlebånd og masseproduksjon. Den tredje industrielle revolusjonen førte med seg programmerbare logiske styresystemer (PLS), automatisering av produksjonsprosesser og bruk av IKT.

Vi står nå overfor den fjerde industrielle revolusjonen, hvor integreringen av internett, sensorer og aktuatorer i enheter muliggjør kommunikasjon og handling på kryss og tvers av systemer og verdikjeder. Konseptet Industri 4.0 består av de fire elementene *Internet of Things*, *Internet of Services*, *Big Data* og *Cyber-Physical Systems* som sammen skaper den smarte fabrikk med høy grad av fleksibilitet og kundeorientering (Myklebust, 2016). Industri 4.0 er et relativt ferskt



Figur 7.1: Den fjerde industrielle revolusjonen (Myklebust, 2016)

begrep og det er publisert få akademiske papirer om konseptet. Det finnes derfor også flere ulike måter å definere Industri 4.0 på. En definisjon er at *Industri 4.0 er en samlebetegnelse på teknologier og konsepter for verdikjedeorganisering* (Schjølberg, 2016). Industri 4.0 er på mange måter en visjon for fremtiden og man har bare så vidt begynt å utforske mulighetene som ligger i konseptet. Det satses massivt på videreutvikling av produksjons- og vedlikeholdsprosesser i EU, og industrien i Europa kommer til å investere 140 milliarder euro årlig i Industri 4.0-løsninger frem mot 2020 (PwC, 2015).

### 7.1.1 Internet of Things - IoT

Internet of Things, eller tingenes internett, er nettverket av fysiske objekter, enheter, biler, bygninger og andre ting som har innebygd elektronikk, programvare, sensorer, og nettverkstilkobling, som gjør at disse kan samle inn og utveksle data. IoT muliggjør overvåkning, kontroll og fjernstyring av enheter, og legger til rette for en bedre integrasjon mellom den fysiske og virtuelle verden (ITU-T, 2012). Et eksempel på hva IoT innebærer, er Bosch og Siemens sitt nye kjøleskap som lar deg se hva som er inne i kjøleskapet på mobilen, via to vidvinkelkamera. Du kan også justere temperaturen i kjøleskapet med telefonen (tek.no, 2015).

Innenfor vedlikehold og vedlikeholdsstyring, vil IoT kunne bidra til å redusere sannsynligheten for svikt, ved at enheter overvåkes kontinuerlig og sender data videre. Med IoT er det mulig å ta tilstandsbasert forebyggende vedlikehold til et helt nytt nivå.

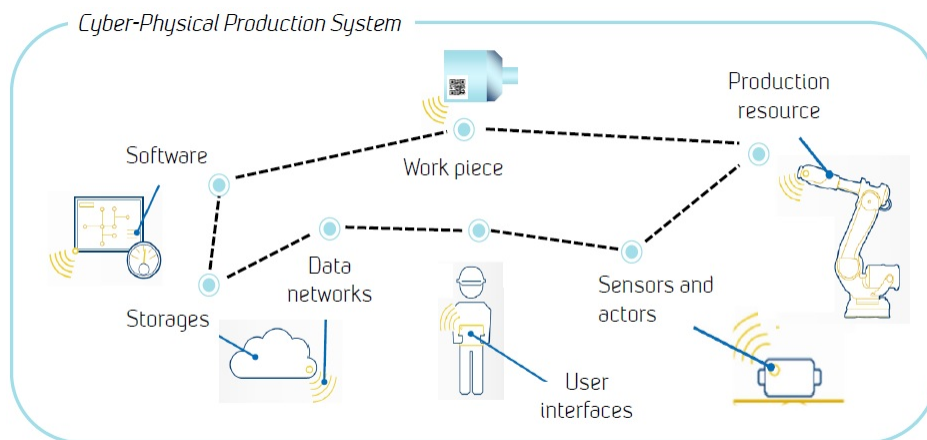
### 7.1.2 Internet of Services - IoS

Ifølge [Moreno-Vozmediano et al. \(2013\)](#) er målet med Internet of Services å presentere alt på internett som en tjeneste, inkludert programvareapplikasjoner og plattformer for å utvikle og levere disse applikasjonene, inkludert underliggende infrastruktur som lagring, nettverk osv. IoS muliggjør kommunikasjon mellom kunde og leverandør, eller produsent og forbruker, på en måte som tidligere ikke har vært mulig. Med inntoget av smarttelefoner og sosiale medier har vi til enhver tid tilgang til internett og alle tjenestene som tilbys der. Via sosiale medier kan bedrifter enten kjøpe store mengder data om sine kunder, eller få direkte tilbakemelding fra kundene sine.

Med Internet of Services kommer også flere innovasjoner knyttet til kommunikasjonen mellom bedriftene som eier maskiner og produsentene av maskinene. Innovasjoner som kan redusere kostnader knyttet til feilsøking og reparasjon av enheter som har havarert, eller som kan forbedre inspeksjoner og kontroller. Et eksempel på dette er selskapet DAQRI sin Smart Helmet, som med 4D-display, 360 graders kamera og en industriell databrikke gjør det mulig å inspisere og kontrollere store industriområder bare ved å gå rundt i anlegget ([DAQRI, 2016](#)). Hjelmen har også sensorer som skanner området du er i og som kan gjenkjenne komponenter og fortelle deg hvilken komponent du skal utføre en jobb på.

### 7.1.3 Big Data

I en stadig mer data-orientert verden, er det behov for lagring og analyse av enorme mengder data. Ifølge IBM produseres det 2,5 trillioner bytes med data hver eneste dag, så mye at 90% av all lagret data i verden i dag (2014) har blitt laget de siste to årene ([Morton et al., 2014](#)). Big Data er betegnelsen på datasett som er så store eller komplekse at tradisjonelle applikasjoner for behandling av data ikke er tilstrekkelig. Fra et makroperspektiv kan Big Data ses på som et bånd som binder sammen og integrerer den fysiske verden, det menneskelige samfunnet og den



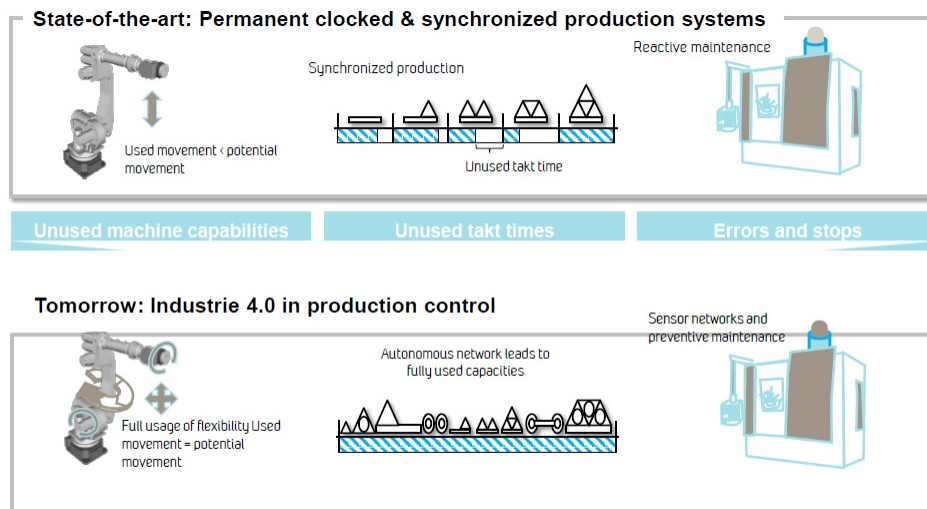
Figur 7.2: Cyber-Physical Production Systems (Myklebust, 2016)

virtuelle verden (Mishra and Sharma, 2015). Utviklingen av IoT, IoS og sosiale medier medfører store mengder data som må fanges, lagres, analyseres, overføres og visualiseres.

#### 7.1.4 Cyber-Physical Systems - CPS

I et tradisjonelt system er enhetene designet for å utføre en bestemt oppgave, og kommuniserer ikke med de andre enhetene i systemet (Jazdi, 2014). CPS er betegnelsen på systemer med innebygd programvare, integrert i for eksempel utstyr, bygninger, transportsystemer, medisinske prosesser, logistikk eller produksjonssystemer (Myklebust, 2016). En kan enkelt oppsummert si at CPS er en sammensetning av IoT-enheter som benytter prinsippene i Big Data og IoS til å fungere som et fullverdig system som kommuniserer gjennom hele verdikjeden (figur 7.2). I en produksjonsbedrift vil dette for eksempel bety at hvis det oppstår et problem, og produksjonen synker i den delen av verdikjeden, så forstår systemet dette og justerer resten av verdikjeden tilsvarende slik at det ikke oppstår overproduksjon (figur 7.3). CPS muliggjør også at viktige driftsparametre som påvirker levetiden til enheter er under konstant overvåkning. Hvis en enhet havner utenfor de godkjente parameterne kan enheten gi beskjed om dette til resten av systemet slik at dette justeres. Det vil også være mulig for enheter å gi beskjed til vedlikeholdsavdelingen at enkelte komponenter går mot slutten av sin levetid, basert på behandling av data fra disse komponentene. På denne måten får vi et mye mer proaktivt vedlikehold.





Figur 7.3: Fremtidens fabrikk med Industri 4.0 (Myklebust, 2016)

## 7.2 Fremtiden er digital

Verden digitaliseres i dag i et forrykende tempo. Industri 4.0 beskriver som nevnt ovenfor hva som skjer når denne digitaliseringen smelter sammen med den etablerte industrien. Dette er en utvikling som flere og flere bedrifter får opp øynene for, og bedrifter som ikke henger med risikerer å bli akterutseilt og forbigått. Industri 4.0 kan bidra til å sikre fremtiden til Rana Gruber på flere måter. Bedriften har flere prosesser i verdikjeden som kan automatiseres, og har flere prosjekter pågående innenfor dette området. Med Industri 4.0 er det mulig å ta dette enda et steg videre og på nåværende tidspunkt er det bare fantasien og tidshorizonten som setter begrensninger.

I 2010 førte en brann i oppredningsverket til at store deler av anlegget ble totalskadet. Spesielt gikk dette ut over de elektriske anleggene og kontrollrommet. Man benyttet derfor muligheten til å starte en omfattende automatiseringsprosess og oppgradering i sammenheng med gjenoppbyggingen. På grunn av den økonomiske krisen selskapet er inne i, har noen av disse oppgraderingene blitt utsatt. Dette gjelder spesielt Jonesverket og Sligsiloen i Vika. For at Rana Gruber skal kunne ta i bruk Industri 4.0-løsninger i oppredningsverket, er det også nødvendig å automatisere resterende prosesser. På sikt kan da Industri 4.0-løsninger gjøre hele oppredningsverket mer eller mindre helautomatisert. Det vil for eksempel si at nødvendige analyser

av malmen som kommer inn skjer automatisk, og at systemet selv justerer alle de nødvendige parameterne for å separerer malmen på den mest effektive måten. I dag kan det gå flere dager fra en analyse blir tatt til resultatet kommer, og man må da kjøre verket i blinde.

Innenfor vedlikehold vil også nyvinninger basert på Industri 4.0 kunne føre til en mye større grad av tilstandskontroll på samtlige enheter i verdikjeden. Ved å samle inn og analysere data kontinuerlig og automatisk, vil bedriften ha muligheten til å vite tilstanden til enhetene til enhver tid. Dette vil kunne fjerne all form for brannslukking og korrektivt vedlikehold på de enhetene som defineres som kritisk. Dette vil føre til et mye mer effektivt og proaktivt vedlikehold.

### **7.3 utfordringer knyttet til Industri 4.0**

De største usikkerhetene knyttet til Industri 4.0 handler om sikkerhet og kompetanse. Med flere og flere komponenter og produksjonssystemer som kobles opp mot internett, stilles det enda strengere krav til sikkerheten til disse løsningene. Både kriminelle organisasjoner og etterretningstjenester til land kan vær interessert i å hacke slike løsninger for å skaffe informasjon og teknologi, eller for å sabotere. For at Industri 4.0-løsninger skal tas i bruk må disse være så sikre at kundene er villige til å kjøpe dem.

Kompetanse vil også bli en utfordring knyttet til Industri 4.0-løsninger, men da kanskje spesielt for de som skal kjøpe slike løsninger. Hvis en bruker Rana Gruber som eksempel så mangler både bedriften og universitets- og industrimiljøet i regionen den nødvendige kompetansen for å ta i bruk slike løsninger. For at Industri 4.0 skal bidra til å sikre fremtiden for industrien i regionen, og Rana Gruber, må kompetansen på dette området heves og det vil være nødvendig å få forskningsstøtte til både bedrifter og akademia i regionen.

# Kapittel 8

## Fremtidig vedlikeholdskonsept

I dette kapittelet diskuteres resultatene fra de andre kapitlene og et forslag til et fremtidig vedlikeholdskonsept presenteres.

### 8.1 Diskusjon

De foregående kapitlene har vist at Rana Gruber er inne i en meget kritisk periode på grunn av fallende sligpriser på verdensmarkedet. De lave prisene har ført til et stort behov for økt effektivitet og produktivitet. I kapittel 4 og 5 er det vist at forbedringer innen flere områder av vedlikeholdsstyringen i bedriften, kan bidra til å øke produksjonen uten investeringer i nytt utstyr eller å øke antall ansatte. Ved å øke produksjonen uten å samtidig øke antall ansatte, vil bedriften bli mer produktiv, og bli i stand til å sikre fremtiden. Økt fokus på planlegging av jobber vil føre til mindre sløsing med tid, økt andel skrutid og dermed høyere effektivitet i vedlikeholdsavdelingene.

Resultatene fra kapittel 4 og 5 viste også at implementeringen av vedlikeholdssystemet Infor EAM er essensielt for at bedriften skal lukke vedlikeholdssløyfa og forbedre seg ytterligere. Det ble også vist hvordan 5S kan bidra til bedre vedlikeholdsstyring og økt produksjon. 5S og Infor EAM vil derfor være to svært viktige elementer i Rana Gruber sitt vedlikeholdskonsept.

Rana Gruber har laget en strategisk tiltaksplan, men har ikke laget en vedlikeholdsstrategi som skal bidra til å oppnå målene i denne tiltaksplanen. Det finnes heller ingen vedtatte mål som

vedlikeholdet skal styres etter, annet enn at vedlikeholdet ikke skal stå for mer enn 1% av nedetiden i oppredningsverket. En større grad av målstyring er derfor nødvendig, og standarden NS-EN15341 dekker sammen med OEE dette behovet i stor grad.

I kapittel 7 ble Industri 4.0 presentert og det ble diskutert hvordan Industri 4.0 kan bidra til å sikre fremtiden til bedriften. Selv om mye av utviklingen innen Industri 4.0 enda ligger noen år frem i tid, er det viktig at bedriften er med på utviklingen allerede nå. Hvis ikke risikerer Rana Gruber å bli værende på perrongen når toget går. Industri 4.0 er derfor også en viktig del av vedlikeholdskonseptet.

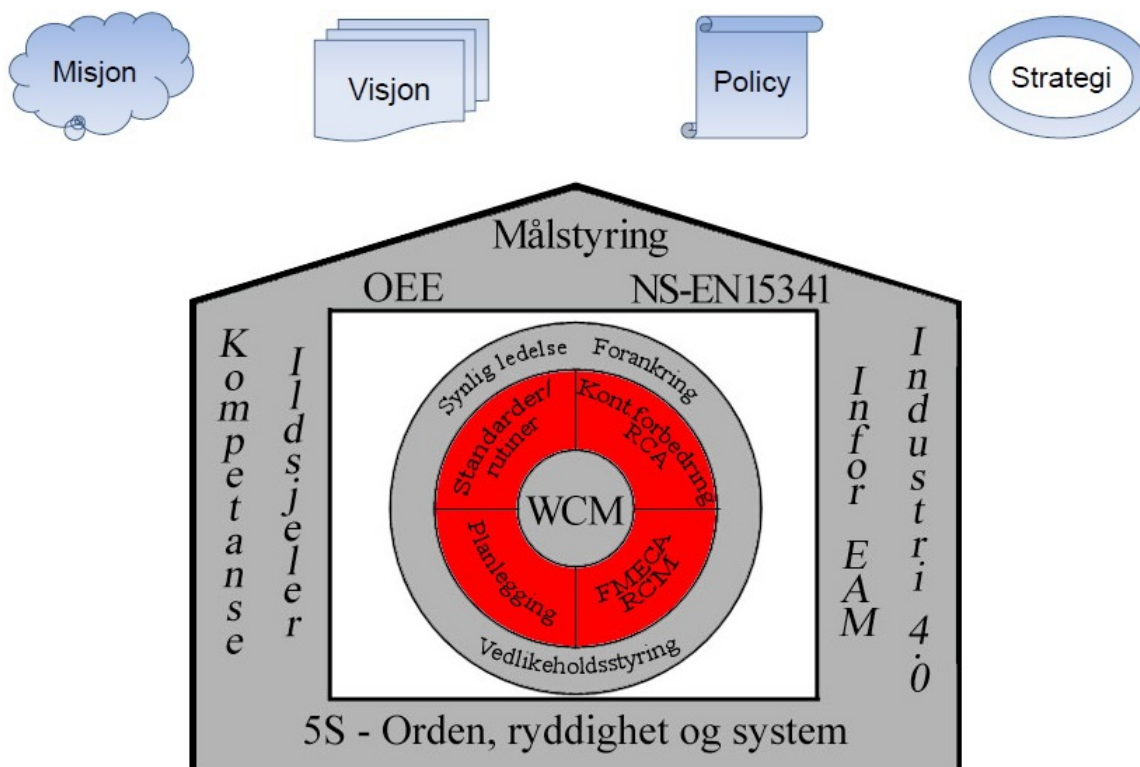
Rana Gruber har over mange år utviklet seg til å bli verdensmestere i brannslukking. Når havariet først har skjedd gjøres det en formidabel jobb av de ansatte, som uten å nøle jobber mange timer overtid for å få produksjonen i gang igjen. Problemet er bare at Rana Gruber trenger verdens beste leger, ikke brannmenn. Bedriften trenger dyktige leger som kan analysere symptomene til pasienten, og finne frem til hva som er rotårsaken til problemet. Kun slik kan bedriften over tid vri fokuset over fra brannslukking til et effektivt og moderne vedlikehold.

Med bakgrunn i det som er nevnt ovenfor, er det etablert et forslag til et fremtidig vedlikeholdskonsept for Rana Gruber. Konseptet består av 4 elementer og en modell, og presenteres videre i kapitlet.

## 8.2 Rana Grubers vedlikeholdskonsept

Som figur 8.1 viser, består det foreslåtte vedlikeholdskonseptet av en visjon, misjon, policy og strategi, og en modell som illustrerer det hele. Ideen er basert på litteraturstudiet som ble gjennomført og resultatene fra de foregående kapitlene. Presentasjonen til Førde (2016) under kurset *Moderne vedlikehold* i januar 2016 har også spilt en viktig rolle.

Modellen består av et hus som danner rammeverket for målskiven inne i huset. God vedlikeholdsstyring, forankring og synlig ledelse er nødvendig for å ta i bruk verktøyene i de fire delskirene innenfor, som sammen bidrar til å nå målet om et vedlikehold i verdensklasse. 5S danner grunnmuren i huset og illustrerer at uten å implementere 5S vil ikke grunnmuren bli stabil og



Figur 8.1: Forslag til vedlikeholdskonsept

huset vil rase sammen. De to søylene *Kompetanse og Ildsjeler* og *Infor EAM og Industri 4.0* illustrerer viktige elementer som kan løfte vedlikeholdet til nye høyder. Ved hjelp av målstyring vet bedriften om en er på riktig vei eller ikke, og det vil være mulig å imøtekomme påstander med fakta.

Konseptet er laget slik at det enkelt kan overføres til intranett-siden til Rana Gruber, under en egen vedlikeholdsfane, slik at det er tilgjengelig for alle og veldig visuelt. Hvis en person for eksempel vil vite hva som er vedlikeholdspolicyen til bedriften, er det bare å trykke på denne og man blir så videresendt til en ny side hvor policyen er beskrevet.

### 8.2.1 Visjon

En visjon beskriver en fremtidig, ønsket tilstand, en fremtidsdrøm som kanskje aldri realiseres 100%. Rana Grubers vedlikeholdsvisjon bør være:

*Rana Gruber skal ha et moderne og effektivt vedlikehold i verdensklasse (WCM)*

	Målestokk	Fokus	Organisasjon	Dataverktøy	Beredskap	Kompetanse	Metodikk	
<b>World Class</b>	Konkurranseskraft	Kjernevedlikehold	Optimal vedlikeholdsorganisasjon	Verktøy for optimalisering	Prosess forbedring	Forbedringskompetanse	Optimalisering av intervall og reservedeler	2020
<b>Nærmer seg toppen</b>	PLI	Tilstandsbasert vedlikehold	Prosessorientert slank og fleksibel	Dashbordprediksjon	Er i forkant av problem	Analysekompetanse	RCM	2019 2018
<b>Godt i gang</b>	OEE	5S opplæring av operatører	Utskilling av 1 linje vedlikehold	Tilstandmåling og analyse	Pit Stopp og revisjonsstanser	Prosesskompetanse / flerfaglighet	FMECA	2018 2017
<b>Satt i system</b>	Stopptidregistrering	Preventivt program	Utskilling av vedlikehold utenfor kjerne	EDB basert vedlikeholdssystem	Verktøy, reservedeler, prosedyrer	Maskinkompetanse	Feilsøking	2016
<b>Primitivt</b>	Vedlikeholdsbudsjett	Reparasjon	Tradisjonell vedlikeholdsavdeling	Vedlikeholdstavle Manuell arbeidsordre	Brannslukking	Fagkompetanse	Egen erfaring	2016 2015

Figur 8.2: Rana Grubers vedlikeholdsmisjon (basert på [Schjølberg \(2014a\)](#) og [Førde \(2016\)](#))

## 8.2.2 Misjon

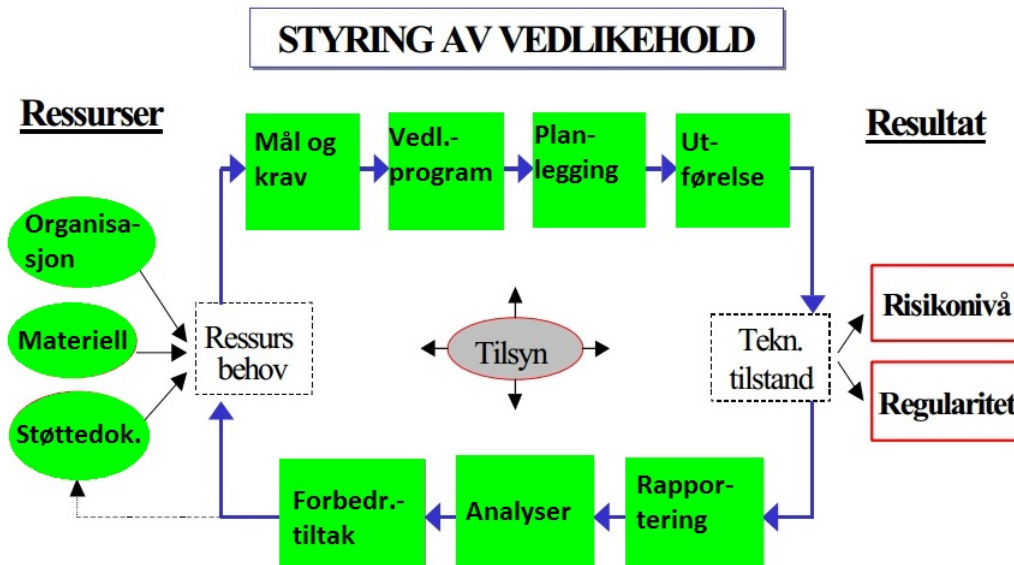
En vedlikeholdsmisjon er i dette tilfellet en tiltaksplan som beskriver *hva* bedriften skal gjøre for å oppnå visjonen. Basert på figur 3.10 og [Førde \(2016\)](#) er det laget en figur som viser hvordan Rana Gruber skal oppnå visjonen om World Class Maintenance, og når dette skal skje. Dette illustreres i figur 8.2.

## 8.2.3 Vedlikeholdsstrategi

Vedlikeholdsstrategien beskriver *hvordan* bedriften skal oppnå målene sine. Arbeidet med denne masteroppgaven har vist at bedre vedlikeholdsstyring vil øke produktiviteten og effektiviteten i bedriften, og bidra til at bedriften når målene om økt produksjon. Rana Gruber sin vedlikeholdsstrategi vil derfor være å oppnå et tilfredsstillende nivå på alle elementene i vedlikeholdssløyfa, illustrert i figur 8.3.

## 8.2.4 Vedlikeholdspolicy

En vedlikeholdspolicy beskriver hvordan vedlikeholdsorganisasjonen skal opptre og reagere, og hva det skal fokuseres på. Rana Grubers policy bør ta utgangspunkt i følgende:



Figur 8.3: Rana Grubers vedlikeholdsstrategi (adoptert fra [Oljedirektoratet \(1998\)](#))

- Vedlikeholdet skal være proaktivt og redusere behovet for brannslukking.
- Vedlikeholdet skal ta en ledende rolle i innføringen av 5S for å skape et bedre arbeidsmiljø og øke påliteligheten til utstyret.
- Vedlikeholdsarbeid skal styres ved hjelp av prinsippene i vedlikeholdssløyfa og bruk av Infor EAM, slik at alle jobber bli planlagt før utførelse og dokumentert i etterkant.
- KPI'er for vedlikehold skal baseres på NS-EN 15341 og skal brukes til hjelp for å styre vedlikeholdet i riktig retning.
- Valg av riktig vedlikeholds-aksjon (korrektivt, tilstandsbasert, tidsfastsatt) skal baseres på kritikalitets- og kost/nytte-analyser.
- Kompetansen til den enkelte kartlegges for å sikre at nødvendig kompetanse for utføring av vedlikeholdsoppgaver er til stede. Kartleggingen skal brukes som et verktøy for videreutdanning.
- Arbeidsordrer blir styrt gjennom planlegging, koordinering, dag-/uke- og revisjonsplaner.
- Vedlikehold skal være en pådriver for kontinuerlige forbedringer.

# Kapittel 9

## Oppsummering og konklusjon

### 9.1 Oppsummering og konklusjon

Hensikten med denne masteroppgaven har vært å undersøke hvordan bedre vedlikeholdsstyring kan bidra til å øke tilgjengeligheten til maskiner og utstyr og dermed øke produksjonen. Det er også undersøkt hvilke grep som er nødvendig for å øke effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen, og hvilken effekt dette kan ha på produksjonsvolumet. På grunn av et kraftig fall i sligprisen i 2014 og 2015, er bedriften nødt til å øke produksjonen og produktiviteten for å overleve. I kapittel 2 er de ytre rammebetingelsene beskrevet, sammen med kravene til inntjening og kostnadskutt. En kort status over produksjons-, vedlikeholds-, og kostnadsutviklingen ble også presentert, og dette besvarte den første målsetningen i masteroppgaven.

Andre målsetning gikk ut på å analysere hvordan bedre planlegging kan øke produktiviteten og effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen. Dette er gjort i kapittel 4 hvor det er utført en skrutidsanalyse for å undersøke andelen skrutid i avdelingen i Vika, og det er utført en SMED-analyse av et skuffeskifte på den ene lastemaskinen i gruva. Skrutidsanalysen viste at Rana Gruber har en andel skrutid på 33,33% og at det ved å øke denne andelen til 55%, som er ansett som best i verden, vil tilsvare en økning i antall ansatte fra dagens 15 til 25 personer. SMED-analysen viste at det er mulig å redusere tiden som brukes til et skuffeskifte fra 36 til 8, og dermed øke produksjonen med 54 600 tonn. Dette vil kunne gi en besparelse på 3,822 millioner kroner i året gitt flere forutsetninger. Til slutt er det undersøkt hvordan planleggingen og gjennomføringen av daglige



vedlikeholdsoppgaver og prosjekter gjennomføres, og det er presentert flere forbedringsforslag knyttet til dette i kapittel 4.6.1.

Målsetning nummer 3 er å diskutere hvordan effektiv vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan påvirke produksjonsvolumet. En litteraturstudie er utført og dokumentert i kapittel 3. Her presenteres teori innen vedlikehold, vedlikeholdsstyring og vedlikeholdskonsepter. I kapittel 5 er det utført en analyse av vedlikeholdsstyringen i bedriften basert på vedlikeholdssløyfa til Oljedirektoratet. Denne analysen sammenlignes med en lignende analyse som ble utført i 2014 og beskriver den positive utviklingen av vedlikeholdsstyringen som bedriften har hatt de siste årene.

I kapittel 5 er det også gjennomført en analyse av nedetidsregistreringen i oppredningsverket i 2015 for å undersøke hvor mye økt produksjon som er mulig å oppnå ved å forbedre vedlikeholdsstyringen. Forbedringene siden 2014 har ført til at bedriften planlegger å bruke 95 timer mindre til planlagt vedlikehold i 2016 enn i 2015. Dette vil kunne øke produksjonen med ca. 56 336 tonn malm og økte inntekter på 6,65 millioner kroner. Denne reduksjonen er mulig fordi man nå er i stand til å utføre flere jobber når man først har en stans, og dermed er det behov for færre vedlikeholdsstanser. Det er også mulig å øke tilgjengeligheten med 71,3 timer ved å fjerne rotårsaken til at sikringsbolter og steinheller fører til stans. Dette vil kunne øke produksjonen med 42 281 tonn og øke inntektene med 4,991 millioner kroner. Ved å unngå store havari som ved band 3, er det mulig å øke tilgjengeligheten med 271 timer, øke produksjonen med 160 703 tonn og øke inntektene med 18,97 millioner kroner. Til slutt i kapittelet diskuteres det hvordan innføringen av 5S kan påvirke produksjonen.

Målsetning nummer 4 er å skissere en riktig implementering og bruk av vedlikeholdssystemet Infor EAM. Dette er gjort i kapittel 6 ved å beskrive prinsipper og verktøy innen prosjektplanlegging og -styring som bedriften kan benytte til implementeringen. Implementeringen av Infor EAM er essensielt for at Rana Gruber skal lukke vedlikeholdssløyfa, og ta steget mot et mer forebyggende vedlikehold. Det diskuteres også hvordan Infor EAM kan bidra til å styrke vedlikeholdsstyringen i bedriften.

Den femte målsetningen er å vurdere hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens

fremtid. Først er Industri 4.0 beskrevet og så diskuteres det hvilke muligheter Industri 4.0 kan medføre for Rana Gruber i kapittel 7.

Den sjette og siste målsetningen er å presentere et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift. Dette er gjort ved å diskutere resultatene fra de foregående kapitlene og foreslå et vedlikeholdskonsept som skal sikre et moderne og effektivt vedlikehold. Det foreslåtte konseptet består av en visjon, en misjon, en policy og en strategi, samt en modell som illustrerer det hele. Konseptet kan lett overføres til intranett-siden til Rana Gruber slik at det blir tilgjengelig for alle og noe som brukes i arbeidet med å utvikle vedlikeholdet i bedriften.

## **9.2 Anbefalinger for videre arbeid**

Denne masteroppgaven har belyst flere viktige elementer som kan føre til at Rana Gruber øker sin produksjon ved å forbedre vedlikeholdsstyringen. Det anbefales at det jobbes videre med følgende:

- Implementering av Infor EAM og ta i bruk flere moduler og funksjoner.
- Implementering av 5S i hele bedriften.
- Etablere KPI'er basert på NS-EN 15341.
- Revisjon av bedriftens vedlikeholdsprogram.
- Etablere stanstidsregistrering på alt kritisk utstyr.
- Ta i bruk analyseverktøy som rotårsaksanalyser (RCA)
- Ta i bruk Industri 4.0-løsninger.

# Tillegg A

## Forkortelser

**AO** Arbeidsordre

**CMMS** Computerized Maintenance Management System

**NDT** Non Destructive Testing

**MTTF** Mean time to failure

**MTBF** Mean time between failure

**FV** Forebyggende vedlikehold

**KPI** Key Performance Indicator (nøkkeltall)

**FMEA** Failure Mode and Effects Analysis

**FMECA** Failure Mode, Effects and Criticality Analysis

**OEE** Overall Equipment Effectiveness

**RAMS** Reliability, availability, maintainability, and safety

**RCA** Root Cause Analysis (rotårsaksanalyse)

**SMED** Single-Minute Exchange of Dies

**WBS** Work Breakdown Structure

# Tillegg B

## Skrutidsanalyse

Målet med bedre vedlikeholdsplanlegging er å øke effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen, og dette måles i andel skrutid. Skrutid er den andelen av tiden som faktisk benyttes til å arbeide på maskiner og utstyr. Skrutid er ikke venting på deler eller arbeidsoppgaver, transport til arbeidsoppgaven og andre ikke-verdiskapende aktiviteter. Selv om skrutid er et viktig måltall, er det ingen fasit for hvor effektiv eller produktiv en bedrift er. Skrutid sier ingen ting om det er de riktige jobbene som utføres eller om disse jobbene utføres riktig. Skrutidsanalysen gjennomført hos Rana Gruber er basert på [Palmer \(2012\)](#).

Hvis Rana Gruber hadde hatt et vedlikeholdssystem kunne man ha brukt antall gjennomførte AO per uke eller måned til å si noe om effektiviteten. Siden Infor EAM ikke er implementert vil en skrutidsanalyse gi en god indikasjon på hvor effektive Rana Gruber er.

### B.1 Gjennomføring av skrutidsanalyse

[Palmer \(2012\)](#) skriver at en skrutidsanalyse ikke skal gjennomføres ved at arbeiderne selv rapporterer effektiviteten deres, eller ved å følge etter arbeidere med stoppeklokke. Selvrapporing viser vanligvis en andel skrutid rundt 70% på grunn av ulike måter å rapportere på og at små forsinkelser ofte utelates, mens å følge etter noen ofte gir et resultat på rundt 50% på grunn av at dette er en uvant situasjon som presser personen til å arbeide mer enn det som egentlig er tilfelle. En skrutidsanalyse skal gjennomføres statistisk ved at alle personene har en like stor sjanse

Tabell B.1: Liste over deltakere (adoptert fra Palmer (2012))

Navn	Nummer	Antall observasjoner	Fag
Steinar Bråten	101		Mekaniker (M)
Odd Hansen	102		Mekaniker (M)
Marius Høgseth	103		Mekaniker (M)
Ragnar Jonsen	104		Smører (SM)
Christian Nilsen	105		Rørlegger (R)
Ståle Våtvik	106		Mekaniker (M)
Marius Olsen	107		Mekaniker (M)
Christian Sørra	108		Lærning (L)
Bjørn Strifeldt	109		Lærning (L)
Jordan Williams	110		Lærning (L)
Knut Nilssen	111		Mekaniker (M)
Idar Hanssen	201		Gummiservice (G)
Kjell Ivar Larsen	202		Gummiservice (G)
Kent Roger Moe	203		Gummiservice (G)
Lars Vistnes	204		Gummiservice (G)

Navn	Nummer	Fag
Gjoran Fordelsen	1	Teamleder mekanisk
Thor Magne Larsen	2	Teamleder Gummiservice

for å bli observert. Kategorier skal defineres på forhånd, og det forutsettes at % observasjoner = % tid. Analysen skal utføres over en viss periode med normalt vedlikehold (ikke under vedlikeholdsstanser eller havari) og det skal gjennomføres observasjoner på hver av de 5 ukedagene.

## B.2 Skrutidsanalyse Rana Gruber 2016

### B.2.1 Kategorier

Palmer (2012) lister opp 23 ulike kategorier som kan brukes i en skrutidsanalyse. Ikke alle disse kategoriene er nødvendig eller hensiktsmessig å bruke for alle bedrifter. Følgende kategorier ble brukt under skrutidsanalysen gjennomført hos Rana Gruber:

1. *Arbeid (Skrutid)*. Denne kategorien brukes når folk faktisk arbeider, inkludert feilsøking, på utstyr enten i fabrikken eller på verkstedet. Her inngår også nødvendig papirarbeid i forkant eller etterkant av jobben, registrering av timer, materialer og kommentarer i vedlikeholdssystemet, samt å gi beskjed til planlegger eller teamleder at jobben er utført.
2. *Transport/bevegelse*. Inkluderer all transport mellom verksted og utstyret det skal jobbes på enten man går eller kjører. Kategorien inkluderer også gåing til lager, verktøyrom, pause-rom og lignende. Gåing fra en side av utstyret det jobbes på til en annen side anses som arbeid.

3. *Tildeling av arbeid.* Denne kategorien inkluderer all tid brukt til å vente på å bli tildelt jobber. Det kan være på starten av dagen, ny tildeling av en mer kritisk jobb mens man jobber med noe annet eller vente på ny jobb når den første jobben er utført.
4. *Opprydding/avslutning av jobb.* Kategorien brukes kun på slutten av dagen når man rengjør, setter på plass verktøy eller videreformidler informasjon til neste skift.
5. *Anskaffe materialer/deler.* Kategorien brukes når en person er på lageret for å hente deler eller materialer. Kategorien brukes også for de som venter på en annen i teamet som henter materialer eller deler til jobben.
6. *Anskaffe verktøy.* Kategorien brukes når en person henter verktøy som skal brukes til en jobb. Kategorien brukes også for de som venter på en annen i teamet som henter verktøy til jobben.
7. *Instruksjoner/avklaringer.* Brukes når personer som utfører en jobb blir nødt til å skaffe mer informasjon for å fullføre jobben. Dette gjelder også hvis en må diskutere mulige løsninger med en kollega, arbeidsleder eller planlegger.
8. *Vente på klarsignal.* Kategorien brukes hvis en person må vente på at utsyr frigjøres av andre, for eksempel utlåsing av høyspentutstyr. Hvis den som utfører jobben deltar i klargjøringen brukes kategori 1.
9. *Interferens.* Brukes når en person eller et team må vente på at et annet team gjør ferdig sin jobb før de kan starte.
10. *Vente på rengjøring.* Brukes hvis en må vente på operatører eller andre som skal rengjøre utstyr i forkant av en jobb.
11. *Vente på operatør.* Kategorien brukes når en må vente på en operatør eller ingeniør som skal hjelpe til eller inspisere jobben.
12. *Grovrengjøring av utstyr.* Brukes når den som utfører jobben må rengjøre området eller utstyret før jobben kan starte, for eksempel hvis en girkasse må avfettes og vaskes før overhaling.

13. *Korte møter.* Korte, uplanlagte møter med operatører, arbeidsleder eller leverandører er inkludert i analysen. Lengre, planlagte møter inkluderes ikke.
14. *Inaktiv/uvirksom.* Denne kategorien brukes når arbeid, verktøy, utstyr, oppgaver etc. ser ut til å være tilgjengelig, men den som observeres ser ikke ut til å utføre noe arbeid, og det foreligger ingen klar grunn til forsinkelse.
15. *På pauserommet.* Brukes når personer oppholder seg på pauserommet utenfor normal pause- eller lunsj-tid.
16. *Pause.* Denne kategorien brukes når en person ankommer pauserommet eller sin arbeidspult uten å ha en arbeidsoppgave. Transport/gåing til pauserommet eller arbeidsbenken går under kategori 2. Kategorien brukes ikke for lunsjtiden mellom 11.00 og 11.30, men hvis personer enten tar andre pauser i løpet av dagen eller har pause ut over lunsj-tiden.
17. *Ikke funnet.* Denne kategorien brukes hvis en person ikke blir funnet etter 15-20 minutters leting. Kategorien er ikke ment å indikere om en person jobber eller ikke jobber, men rett og slett at personen ikke ble funnet innenfor tidsrammen.

### **B.2.2 Innsamling av observasjoner**

En stor mengde data ble innhentet i form av observasjoner for å muliggjøre en analyse av skruti- den. Informasjonen som ble innhentet inkluderte identifikasjon av person, fagfelt, arbeidsleder til den observerte, kategori, dato, ukedag, tid på dagen og kommentarer til observasjonen. Tabell [B.2](#) viser skjemaet som ble benyttet til denne innhenting. Den påfølgende listen definerer hvilke tidsperioder de ulike observasjonen ble utført på. Det ble lett etter 2 personer hver halv- time.

- Periode 7 er 07.00 til 08.00
- Periode 8 er 08.00 til 09.00
- Periode 9 er 09.00 til 10.00
- Periode 10 er 10.00 til 11.00





# Tillegg C

## Forstudierapport

### Økt produksjon med bedre vedlikeholdsstyring

Mats Hansen

Oktober 2015

Forstudierapport

Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veileder 1: Professor Per Schjølberg

Veileder 2: Dr. Stein Tore Bogen

Veileder 3: Kjell Sletsjøe

## **Forord**

Som en del av faget TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold – masteroppgave, skal det gjennomføres et prosjekt som dokumenteres i en rapport. Denne forstudierapporten er ment som et styringsverktøy, og skal hjelpe til med å identifisere hva masteroppgaven skal gå ut på og hvilke utfordringer som kan oppstå.

Forstudierapporten er utarbeidet av Mats Hansen, stud. Techn. ved NTNUs institutt for Produksjon- og Kvalitetsteknikk (IPK). Mats er også vedlikeholdssjef i Rana Gruber AS som holder til i Mo i Rana, og masteroppgaven utføres i samarbeid med bedriften.

Jeg vil gjerne takke mine veiledere Per Schjølberg fra NTNU, Kjell Sletsjøe i Rana Gruber og tidligere produksjonssjef i Rana Gruber Dr. Stein Tore Bogen for innspill til denne forstudierapporten.

Mo i Rana, 26.10.2015

Mats Hansen

# Forstudie

## Introduksjon

Som en del av NTNU sine 5- og 2- årige masterutdanninger skal elevene i det siste semesteret i sitt siste år gjennomføre en masteroppgave. Masteroppgaven behandler forhold knyttet til sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, og er på 30 studiepoeng. Innlevering av oppgaven skal skje 21 uker etter oppstart, inkludert 1 uke ferie.

Før arbeidet med masteroppgaven starter, skal det gjennomføres en forstudierapport. Denne forstudierapporten er utført av Stud. Techn. Mats Hansen som studerer den toårige internasjonale mastergraden RAMS ved Institutt for Produksjon- og Kvalitetsteknikk, i samarbeid med NTNU og Rana Gruber AS (RG). Mats er også vedlikeholdssjef i RG, og administrerende direktør Kjell Sletsjøe vil derfor være veileder fra RG sin side. I tillegg vil tidligere produksjonssjef Dr. Stein Tore Bogen også være veileder på grunn av sine detaljkunnskaper om bedriften, samt høye akademiske utdannelse.

## Problemformuleringen

1. Presentere en kort status for produksjons-, vedlikeholds- og kostnadsutviklingen i bedriften. I dette arbeidet skal en også inkludere krav til inntjening og kostnadskutt. Ytre rammebetingelser skal også inkluderes.
2. Analysere hvordan bedre planlegging kan øke produktiviteten og effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen.

3. Diskutere hvordan effektiv vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan påvirke produksjonsvolumet.
4. Skissere en riktig implementering og bruk av vedlikeholdssystemet Infor EAM ved bedriften
5. Vurdere hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.
6. Presentere et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift.

## **Involverte parter**

### **NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) ligger i Trondheim og er det nest største av de 8 universitetene i Norge. NTNU har hovedansvar for den høyere teknologiutdanningen i Norge, og har et bredt fagtilbud innen naturvitenskap, humaniora og estetiske fag, samfunnsvitenskap og økonomisk-administrative fag. Universitetet består av 48 institutt fordelt på 7 fakulteter. Denne prosjektoppgaven gjennomføres ved institutt for Produksjons- og kvalitetsteknikk. Studieretningen er innen sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold (RAMS), med spesialisering innen vedlikeholdsledelse. Veileder fra instituttet er Per Schjølberg.

### **Rana Gruber AS**

Rana Gruber ble etablert i 1964 og var tidligere en del av A/S Norsk Jernverk i Mo i Rana, Nordland. Ved nedleggelse av A/S Norsk Jernverk i 1989, ble selskapet kjøpt opp av de ansatte og driften fortsatte. I 2008 ble selskapet kjøpt opp av Leonhard Nilsen og Sønner AS (LNS).

Malmforekomstene er lokalisert i nærheten av Storforshei og det utvinnes i dag fra to dagbrudd og en underjordsgruve. LNS utvinner malmen fra dagbruddene, mens RG selv driver fra underjordsgruva. Fra Storforshei blir malmen kjørt i tog på Nordlandsbanen og fraktet til oppredningsverket i Gullsmedvik i Mo i Rana. I oppredningsverket blir malmen separert i hematitt til

stålindustrien i Europa og magnetitt som brukes i renseanlegg, kosmetikk og fargepigmenter i maling.

Mye av utstyret fremstår slik det gjorde i 1964, og selv om det har vært utvidelser av både oppredningsverk og gruve/dagbruddproduksjon er det aller meste av utstyret veldig gammelt. Bedriften står overfor store utfordringer i et utfordrende marked, og skal i tiden fremover gjennomgå et stort generasjonsskifte.

## Prosjektledelse

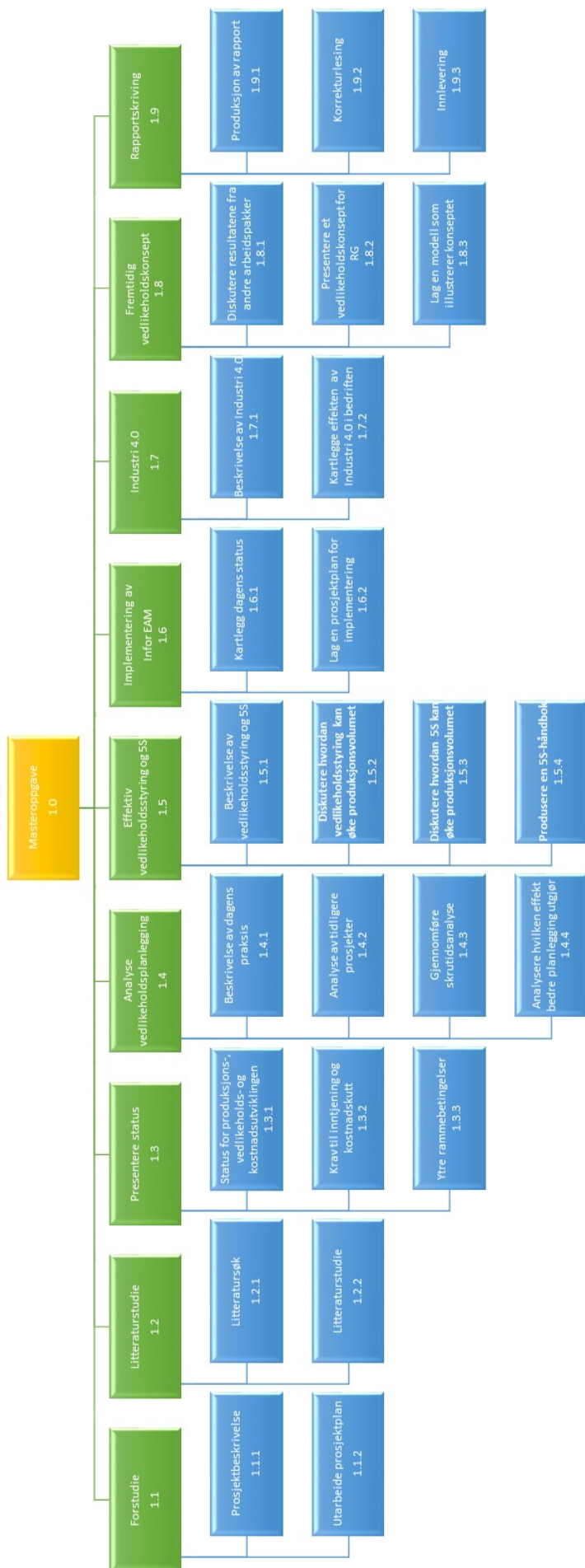
Arbeidet med masteroppgaven kan ses på som et prosjekt, og for å lykkes med dette prosjektet er det viktig å ha kontroll på planlegging, tidsbruk, risiko og progresjon underveis. Dette oppnås med å benytte tidligere erfaringer fra prosjekter og verktøyene fra [Pinto \(2013\)](#).

## WBS

En Work Brakedown Structure (WBS) er opprettet for å få en visuell oversikt over hvilke oppgaver prosjektet består av (figur [C.1](#)). En WBS er et levende dokument som endres gjennom et prosjekt etter hvert som nye momenter dukker opp. Den kan bestå av flere nivå, og i denne masteroppgaven består den av 3 nivå. Det nederste nivået er jobbpakker som beskriver konkrete leveranser som skal oppnås. En WBS forteller ikke noe om når oppgaver skal utføres, men den viser en naturlig progresjon i prosjektet sett fra venstre mot høyre.

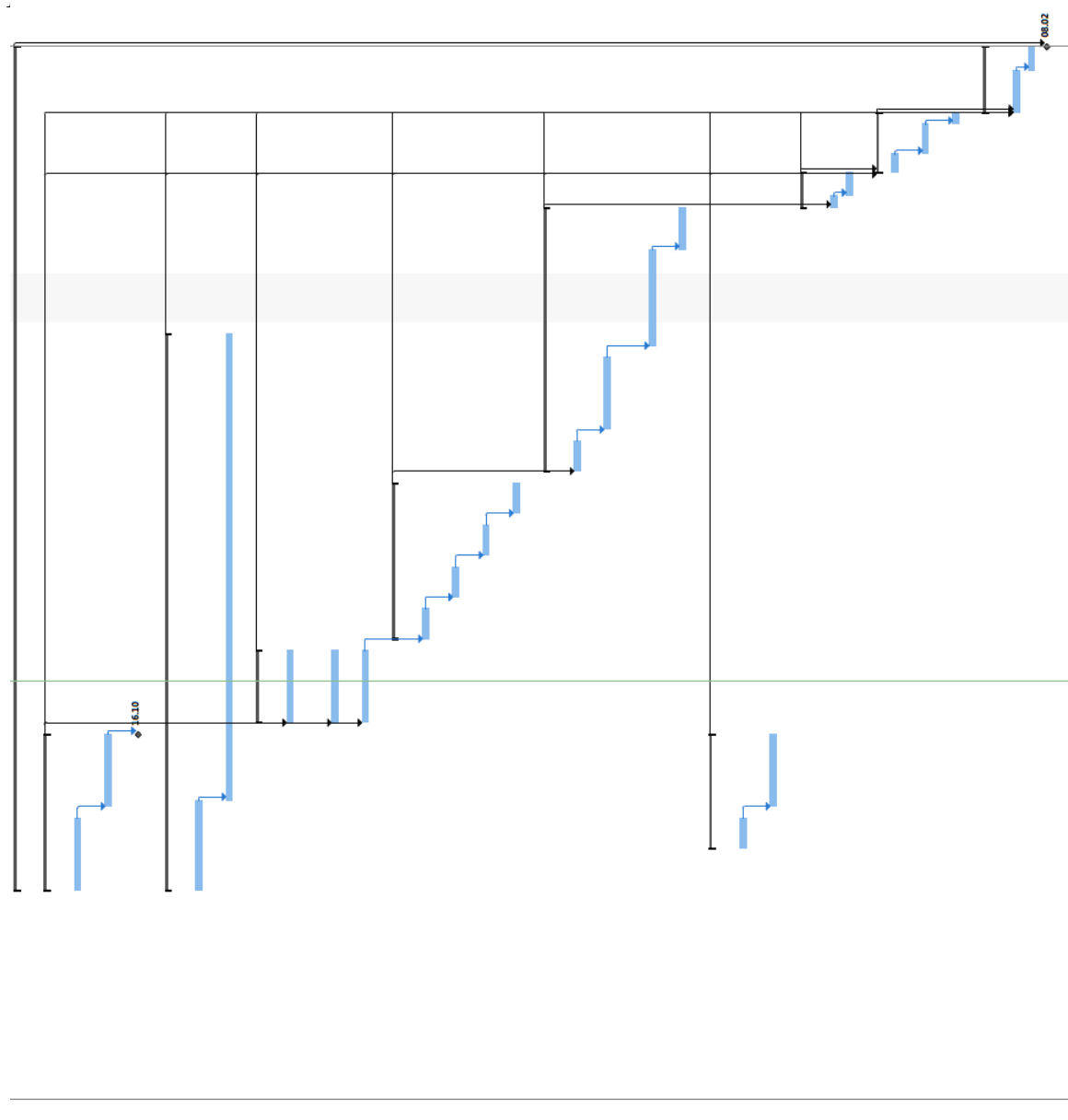
## Gant-skjema

Et Gant-skjema er et nyttig verktøy for å planlegge når oppgaver skal gjennomføres, samt for å ha en oversikt over progresjonen. Et gant-skjema for dette prosjektet visualiserer på en bedre måte når aktivitetene i WBSen skal utføres (figur [C.2](#)). I både KTR-skjemaene og i Gant-skjemaet er det lagt inn at 1 arbeidsuke består av 5 arbeidsdager. På grunn av at denne masteroppgaven skrives samtidig som undertegnede er i full jobb, betyr dette at arbeidsdagene vil være en blanding av arbeid på jobb, ettermiddager og i helgene.



Figur C.1: WBS

1	24	<b>Masteroppgave</b>	94 dager	ma 21.09.15	ma 08.02.16
2	24	1.1 Forstudierapport	20 dager	ma 21.09.15	fr 16.10.15
3	24	1.1.1 Prosjektbeskrivelse	10 dager	ma 21.09.15	fr 02.10.15
4	24	1.1.2 Utløbside prosjektplan	10 dager	ma 05.10.15	fr 16.10.15
5	24	1.1.3 Lever forstudierapport	0 dager	fr 16.10.15	fr 16.10.15
6	24	1.2 Litteratursidde	67 dager	ma 21.09.15	ti 22.12.15
7	24	1.2.1 Litteratursøk	11 dager	ma 21.09.15	ma 05.10.15
8	24	1.2.2 Litteratursidde	56 dager	ti 06.10.15	ti 22.12.15
9	24	1.3 Presentere status	10 dager	ma 19.10.15	fr 30.10.15
10	24	1.3.1 Status for produksjons-, vedlikeholds, og kostnadsutviklingen	10 dager	ma 19.10.15	fr 30.10.15
11	24	1.3.2 Krav til innføring og kostnadsbukt	10 dager	ma 19.10.15	fr 30.10.15
12	24	1.3.3 7're rammebetingelser	10 dager	ma 19.10.15	fr 30.10.15
13	24	1.4 Analyse av vedlikeholdsplanleggingen	20 dager	ma 02.11.15	fr 27.11.15
14	24	1.4.1 Beskrivelse av dagens praksis	5 dager	ma 02.11.15	fr 06.11.15
15	24	1.4.2 Analyse av tidligere prosjekter	5 dager	ma 09.11.15	fr 13.11.15
16	24	1.4.3 Gjennomføre skruddanalyse	5 dager	ma 16.11.15	fr 20.11.15
17	24	1.4.4 Analyserer hvilken effekt bedre planlegging utgjør	5 dager	ma 23.11.15	fr 27.11.15
18	24	1.5 Effektiv vedlikeholdstyring og SS	25 dager	ma 30.11.15	ti 12.01.16
19	24	1.5.1 Beskrivelse av vedlikeholdstyring og SS	5 dager	ma 30.11.15	fr 04.12.15
20	24	1.5.2 Diskutere hvordan vedlikeholdstyring kan øke produksjonsvolumet	10 dager	ma 07.12.15	fr 18.12.15
21	24	1.5.3 Diskutere hvordan SS kan øke produksjonsvolumet	5 dager	ma 21.12.15	ti 05.01.16
22	24	1.5.4 Produsere en SS-håndbok	5 dager	on 06.01.16	ti 12.01.16
23	24	1.6 Implementering av Ifor EAM	15 dager	ma 28.09.15	fr 16.10.15
24	24	1.6.1 Kartlegg dagens status	5 dager	ma 28.09.15	fr 02.10.15
25	24	1.6.2 Lag en prosjektplan for innføring	10 dager	ma 05.10.15	fr 16.10.15
26	24	1.7 Industri 4.0	4 dager	on 13.01.16	ma 18.01.16
27	24	1.7.1 Beskrivelse av Industri 4.0	2 dager	on 13.01.16	to 14.01.16
28	24	1.7.2 Kartlegge effekten av Industri 4.0	2 dager	fr 15.01.16	ma 18.01.16
29	24	1.8 Fremtidig vedlikeholds-konsept	8 dager	ti 19.01.16	to 28.01.16
30	24	1.8.1 Diskutere resultatene fra andre arbeidspakker	3 dager	ti 19.01.16	to 21.01.16
31	24	1.8.2 Presentere et vedlikeholdskonsept for RG	3 dager	fr 22.01.16	ti 26.01.16
32	24	1.8.3 Lage en modell som illustrerer konseptet	2 dager	on 27.01.16	to 28.01.16
33	24	1.9 Rapportering	7 dager	fr 29.01.16	ma 08.02.16
34	24	1.9.1 Produksjon av rapport	5 dager	fr 29.01.16	to 04.02.16
35	24	1.9.2 Korrekturfesing	2 dager	fr 05.02.16	ma 08.02.16
36	24	1.1.9 Innlevering av masteroppgaven	0 dager	ma 08.02.16	ma 08.02.16



Figur C.2: Gantt-diagram

Tabell C.1: Rangering av risiko

Risikomatrixe		Sannsynlighet	
		Lav	Høy
Konsekvens	Stor	(1.1), (1.3), (4.1)	(1.2), (3.1)
	Liten	(2.1)	

### Kvalitativ risikoanalyse

For å få en oversikt over risikoen til et prosjekt så tidlig som mulig, kan det utføres en kvalitativ risikoanalyse basert på tilgjengelig informasjon ved oppstarten av prosjektet (Rausand, 2011). Grovanalyser benyttes ofte som en første kartlegging av uønskede hendelser i en tidlig fase av et prosjekt. En grovanalyse er et nyttig verktøy fordi det er enkelt å bruke, og det er ikke veldig tid- og ressurskrevende.

Det ble utført en grovanalyse for å få en oversikt over risikobildet i dette prosjektet (tabell C.1 og C.3). Groanalysen viste at farene for liten tid, manglende forankring og vanskelig å innhente info utgir størst risiko på dette stadiet i prosjektet. Aller størst risiko gav faren for for liten tid på grunn av at forfatteren bruker for mye tid på sin jobb som vedlikeholdssjef i RG, og manglende forankring. Erfaringen fra jobbingen med masteroppgaven i januar-juni 2015 bekrefter også dette. Da førte en 6-uker lang driftsstans i mai/juni til at forfatteren ikke fikk nok tid til å gjennomføre oppgaven. Risikoreducerende tiltak for manglende tid ble en avtale mellom forfatter og RG om å få fri mot slutten av perioden for å fullføre oppgaven.

Et risikoreducerende tiltak mot manglende forankring og vanskelig å innhente info er henholdsvis å utføre en interessentanalyse og god prosjektplanlegging. Interessentanalysen presenteres nedenfor.



Figur C.3: Identifisering av farer

Fare	Nr.	Kan føre til	Årsak	Konsekvens		Risiko		Tiltak
						Sannsynl.	Konsekvens	
<b>For liten tid</b>	1.1	Ikke ferdig i tide	Dårlig planlegging	Dårlig karakter og resultat	Lav	Stor	-God prosjekt-	
	1.2	Ikke ferdig i tide	For mye tid brukt på jobb	Dårlig karakter og resultat	Høy	Stor	planlegging og prosjekt-	
	1.3	Må ta snarveier	Samme som 1.1 og 1.2	Dårlig kvalitet på litteratur- studie og analyser	Lav	Stor	styring. -Avtale mellom RG og forfatter om fri fra arbeid i desember.	
<b>Motstand fra ansatte i RG</b>	2.1	Vanskelig å trekke riktige konklusjoner	Ansatte redd for utfallet av oppgaven, prioriteringer,	Dårlig eller feil konklusjon basert på feil fakta	Lav	Liten	-God forankring. -God kommunikasjon.	
	3.1	Oppgaven blir ikke benyttet til noe i ettertid	Forfatteren involverer ikke ledelsen i RG i et tidlig stadium	Oppgaven får ingen betydning for RG, kun forfatter	Høy	Stor	Utføre interessent – analyse og legge en strategi for forankring	
<b>Vanskelig å innhente info</b>	4.1	Vanskelig å trekke riktige konklusjoner	RG har ikke info selv, personell med info har ikke tid til å hjelpe forfatter.	Konklusjoner basert på manglende fakta.	Lav	Stor	-God prosjektplanlegging	

Tabell C.2: Interessentanalyse

Interessent	Betydning av prosjektet	Påvirkningsmulighet på prosjektet
Produksjonsledelse oppredningsverk	Middels	Middels
Produksjonsledelse gruve	Middels	Middels
Vedlikeholdsledelse oppredningsverk	Stor	Stor
Vedlikeholdsledelse gruve	Stor	Stor
Innkjøpsavdeling	Middels	Middels
Markedsavdeling	Lav	Lav
Toppledelse	Stor	Stor
Baser oppredningsverk	Middels	Lav
Baser gruve	Middels	Lav
Ledere elektro	Middels	Middels
Mekanikere	Stor	Stor
Elektrikere	Lav	Lav
Operatorer	Middels	Middels
Innleide firma, vedlikehold	Lav	Lav

## Interessenter

Interessenter (stakeholders) er alle individ eller grupper som har en aktiv interesse i prosjektet og som potensielt kan påvirke prosjektets utvikling positivt eller negativt (Pinto, 2013). En interessent-analyse kan utføres på ulike måter, og hjelper prosjektledelsen med å identifisere hvem prosjektet er viktig for. Det kan være internt i en bedrift, der ulike avdelinger blir påvirket av et prosjekt. Det kan også være menneskene som bor i nærheten, kommunen, miljøorganisasjoner osv. Tabell C.2 viser resultatene fra interessent-analysen.

I starten av dette prosjektet ble det derfor utført en interessent-analyse (tabell C.2). Denne analysen ble utført for å sikre at arbeidet med masteroppgaven og resultatene fra denne er godt forankret i Rana Gruber. Forankring i hele organisasjonen til RG er viktig siden denne oppgaven danner et viktig grunnlag for den videre jobben til vedlikeholdssjefen. Resultatet av denne oppgaven kan få konsekvenser for en del ansatte i Rana Gruber, og føre til endrede rutiner. Det er derfor viktig å identifisere hvem disse personene er, slik at en kan legge en strategi for å takle denne utfordringen.

Interessent-analysen viste at vedlikeholdsledelsen i oppredningen og gruva, samt toppledelsen har størst påvirkningsmulighet på utviklingen av prosjektet og betydningen av prosjektet vil være stort for disse aktørene. Analysen viste også at betydningen av prosjektet vil være stor for mekanikerne. Det er viktig at oppgaven er godt forankret blant disse interessentene tidlig i prosessen, slik at resultatet blir optimalt. For interessentene hvor prosjektet vil være av middels betydning må det også vurderes hvor godt oppgaven skal forankres, spesielt hvis de har middels eller store påvirkningsmuligheter.

### **Kostnad-, tid- og ressursanalyse**

Tabell C.3: Forstudierapport

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.1	Forstudierapport	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.1.1	Prosjektbeskrivelse	
1.1.2	Utarbeide prosjektplan	
<b>Mål:</b>		
Skaffe oversikt over prosjektet og hva det omhandler. Plan for hvordan prosjektet skal gjennomføres.		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Forstudierapporten skal beskrive prosjektet slik det fremstår ved oppstart av arbeidet. Rapporten skal inneholde problemstillingen for oppgaven, en kort beskrivelse av aktørene og en beskrivelse av hvilke prosjektstyringsverktøy som skal benyttes. Denne rapporten inneholder en visuell fremstilling av arbeidspakkene (WBS), et gant-diagram som viser når arbeidspakkene skal utføres, en risikoanalyse, en interessentanalyse og KTR-skjema.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppgaveteksten fra veileder</li> <li>- Erfaring og notater fra faget Prosjektplanlegging og –styring</li> <li>- Egne erfaringer fra bachelor-oppgaven og prosjekter i arbeidslivet</li> <li>- Egne erfaringer fra forrige forsøk på masteroppgaven våren 2015</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kvalitativ vurdering</li> <li>- Samtaler med veiledere</li> <li>- Bruk av risikoanalyse- og prosjektstyringsverktøy</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- God nok forståelse over oppgaven og omfanget</li> <li>- Beregning av tidsbruk til de ulike jobbpakkene</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En rapport som sendes til veiledere for tilbakemelding		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
21.09.2015	16.10.2015	20

Tabell C.4: Litteraturstudie

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.2	Litteraturstudie	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.2.1 Litteratursøk		
1.2.2 Litteraturstudie		
<b>Mål:</b>		
Få en oversikt over relevant litteratur som kan benyttes for å løse oppgaven		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Hente inn litteratur fra bøker, artikler, standarder osv. som er relevant for prosjektets tema. Denne litteraturen må lagres på en slik måte at den blir enkel å finne tilbake til senere i prosjektet, og enkel å referere til når masteroppgaven skal skrives		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Universitetsbibliotekets ressurser</li> <li>- Veileder</li> <li>- Internett</li> <li>- Samarbeidsbedriften</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Litteratursøk</li> <li>- Samtaler</li> <li>- Litteraturgjennomgang</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kritisk kildebruk</li> <li>- Veldig mye litteratur å sette seg inn i</li> <li>- Dårlig/irrelevant litteratur</li> <li>- Lang avstand fra bibliotek (Trondheim) til arbeidssted (Mo i Rana)</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
Oversikt over relevant litteratur og kunnskap om hva denne inneholder		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
21.09.2015	22.12.2015	67



Tabell C.5: Presentere status

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.3	Presentere status	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.3.1 Status for produksjons-, vedlikeholds, og kostnadsutviklingen		
1.3.2 Krav til inntjening og kostnadskutt		
1.3.3 Ytre rammebetingelser		
<b>Mål:</b>		
Presentere status i bedriften og gi en beskrivelse av hvorfor tiltak er nødvendig for å sikre fremtidig drift		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Lese gjennom årsberetningen for 2014 som inneholder mye informasjon om status og ytre rammebetingelser. Det må også gjennomføres samtaler/intervju med flere personer i RG som har nyttig informasjon		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Årsberetning 2014 RG</li> <li>- Månedrapporter fra 2014 og 2015</li> <li>- Intervju samtale med direktør, markedsjef og andre i RG</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informasjonsbearbeiding</li> <li>- Samtaler</li> <li>- Diskusjoner</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- I en hektisk hverdag kan det ta tid før de ulike ansatte i bedriften har anledning til å stille opp</li> <li>- Å spå fremtiden er meget vanskelig og dermed blir også beskrivelsen av ytre faktorer utfordrende</li> <li>- Holde seg objektiv</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En fullstendig oversikt over statusen i bedriften som kan forklares for leseren på en forståelig måte.		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
19.10.2015	30.10.2015	10

Tabell C.6: Analyse av vedlikeholdsplanleggingen

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.4	Analyse av vedlikeholdsplanleggingen	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.4.1 Beskrivelse av dagens praksis		
1.4.2 Analyse av tidligere prosjekter		
1.4.3 Gjennomføre skrutidsanalyse		
1.4.4 Analysere hvilken effekt bedre planlegging utgjør		
<b>Mål:</b>		
Beskrive dagens situasjon og analysere hvordan bedre planlegging kan øke produktiviteten og effektiviteten i vedlikeholdsavdelingen		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Kartlegging av dagens praksis og resultater fra tidligere prosjekter, planlegging og gjennomføring av en skrutidsanalyse, analysere hvilken effekt bedre planlegging har.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressurser fra litteraturstudiet</li> <li>- Veiledere</li> <li>- Ulike personer i RG</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informasjonsbearbeiding</li> <li>- Samtale</li> <li>- Diskusjon</li> <li>- Intervju</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mangelfull litteratur</li> <li>- Mangelfull informasjon fra RG</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En oversikt over dagens situasjon og hvilke muligheter bedre planlegging gir		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
02.11.2015	27.11.2015	20

Tabell C.7: Effektiv vedlikeholdsstyring og 5S

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.5	Effektiv vedlikeholdsstyring og 5S	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.5.1 Beskrivelse av vedlikeholdsstyring og 5S		
1.5.2 Diskutere hvordan vedlikeholdsstyring kan øke produksjonsvolumet		
1.5.3 Diskutere hvordan 5S kan øke produksjonsvolumet		
1.5.4 Produsere en 5S-håndbok		
<b>Mål:</b>		
Beskrive hvordan effektiv vedlikeholdsstyring og innføring av 5S kan påvirke produksjonsvolumet		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Presenter hva vedlikeholdsstyring og 5S er, og hvordan dette kan bidra til å øke produksjonsvolumet med eksisterende utstyr. Besøke andre bedrifter i nærheten for sammenligning. Produsere en 5S-håndbok som kan benyttes til opplæring i og implementering av 5S		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultater fra tidligere arbeidspakker</li> <li>- Universitetsbiblioteket</li> <li>- Veileder</li> <li>- Samarbeidsbedrift og andre bedrifter</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Benchmarking/studiebesøk andre bedrifter</li> <li>- Litteraturstudie</li> <li>- Samtale/diskusjon</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilgang til relevant teori</li> <li>- Tid</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En beskrivelse av hvordan RG kan øke produksjonen ved å innføre 5S og bli bedre på vedlikeholdsstyring		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
30.11.2015	12.01.2016	25



Tabell C.8: Implementering av Infor EAM

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.6	Implementering av Infor EAM	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.6.1 Kartlegg dagens status		
1.6.2 Lag en prosjektplan for innføring		
<b>Mål:</b>		
Presentere hvordan implementeringen av Infor EAM skal gjennomføres		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Benytt resultatene fra prosjektoppgaven og kartlegg og beskriv hva status for Infor EAM er i dag. Lag en prosjektplan som beskriver hva som skal til for å lykkes med implementeringen.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosjektoppgaven fra høsten 2014</li> <li>- Interne dokumenter</li> <li>- Prevas (leverandør av Infor EAM i Norge)</li> <li>- Veiledere</li> <li>- Erfaring fra faget prosjektplanlegging og –styring ved NTNU</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Samtaler/diskusjoner</li> <li>- Bruk av prosjektstyringsverktøy (WBS, Gant, osv.)</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tid</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En prosjektplan som beskriver hvordan implementeringen av Infor EAM skal gjennomføres.		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
28.09.2015	16.10.2015	15

Tabell C.9: Industri 4.0

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.7	Industri 4.0	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.7.1 Beskrivelse av Industri 4.0		
1.7.2 Kartlegge effekten av Industri 4.0 i bedriften		
<b>Mål:</b>		
Vurdere hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Bruk resultatene fra litteraturstudiet til å beskrive Industri 4.0. Kartlegge hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultater fra tidligere arbeidspakker</li> <li>- Veileder</li> <li>- Samarbeidsbedrift</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drofting og argumentasjon</li> <li>- Diskusjon</li> <li>- Analyse</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilgang på relevant litteratur</li> <li>- Vanskelig å beskrive effekten av Industri 4.0</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
En beskrivelse av hvordan Industri 4.0 kan anvendes for å sikre bedriftens fremtid		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
13.01.2016	18.01.2016	4

Tabell C.10: Fremtidig vedlikeholdskonsept

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.8	Fremtidig vedlikeholdskonsept	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.8.1 Diskutere resultatene fra andre arbeidspakker		
1.8.2 Presentere et vedlikeholdskonsept for RG		
1.8.3 Lage en modell som illustrerer konseptet		
<b>Mål:</b>		
Presentere et fremtidig vedlikeholdskonsept for bedriften som skal sikre en fremtidsrettet drift.		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Diskutere og beskrive et fremtidig vedlikeholdskonsept basert på resultatene fra litteraturstudiet og de andre arbeidspakkene i prosjektet. Konseptet skal illustrere hvordan bedriften kan sikre en fremtidsrettet drift.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultater fra tidligere arbeidspakker</li> <li>- Veileder</li> <li>- Samarbeidsbedrift</li> <li>- Universitetsbiblioteket</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drøfting og argumentasjon</li> <li>- Diskusjon</li> <li>- Litteraturstudie</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lage et konsept som er tydelig og enkelt å forstå</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
Et vedlikeholdskonsept som bedriften kan implementere		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
19.01.2016	28.01.2016	8

Tabell C.11: Rapportskriving

Kostnad, tid og ressurs		
<b>Prosjekt:</b>		<b>Dato:</b>
Vedlikeholdsstyring og 5S som verktøy til økt produksjon		16.10.2015
<b>Arbeidspakkenummer:</b>	<b>Arbeidspakke:</b>	<b>Ansvarlig:</b>
1.9	Rapportskriving	Mats Hansen
<b>Arbeidsoppgaver:</b>		
1.9.1 Produksjon av rapport		
1.9.2 Korrekturlesing		
1.9.3 Innlevering		
<b>Mål:</b>		
Prosjektrapport levert inn i henhold til krav fra NTNU og innen tidsfristen. Lettlest, oversiktlig prosjektrapport uten skrivefeil.		
<b>Beskrivelse av innhold:</b>		
Sette sammen dokumentene fra tidligere arbeidspakker inn i en helhetlig rapport som inneholder forord, sammendrag, konklusjon, innholdsfortegnelse osv. Korrekturlesing og gjennomgang av kilder. Innlevering via DAIM.		
<b>Litteratur og kilder:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veileder</li> <li>- Tidligere masteroppgaver</li> <li>- Litteratur om vitenskapelige rapporter</li> </ul>		
<b>Metode:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapporten skrives i Latex</li> <li>- Diskusjon med veiledere</li> <li>- Korrekturlesing av veileder og andre</li> </ul>		
<b>Utfordringer:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidspress</li> <li>- Småfeil som kan trekke ned helhetsinntrykket</li> </ul>		
<b>Resultat:</b>		
Ferdig prosjektrapport som leveres via DAIM		
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsdager:</b>
29.01.2016	08.02.2016	7

# Bibliografi

Bye, P. I. (2009). *Vedlikehold og driftssikkerhet*. Kompendium.

CEN (2007). NS-EN 15341:2007 Hovedindikator for ytelse innenfor vedlikehold.

CEN (2010). NS-EN 13306:2010 Vedlikeholdsterminologi.

DAQRI (2016). DAQRI Smart Helmet. Tilgjengelig fra: <http://daqri.com/home/product/daqri-smart-helmet/> [Hentet 26.01.2016].

Førde, J.-H. (2016). EWOS - Fra erfaring til system, rutiner og standarder. Tilgjengelig fra: <http://www.nfv.no/209> [Fra kurset Moderne Vedlikehold, hentet 24.01.2016].

Hansen, M. (2014). *Analyse av vedlikeholdsstatus i Rana Gruber*. [Prosjektoppgave NTNU, TPK 4550 Fordypningsprosjekt].

Høyen, K., Kvame, S. A., Mariathas, T., Powell, D., and Tranberg, A. R. (2012). Integrating RCM and TPM: towards a framework for lean maintenance. *Proceedings of IWAMA 2012: The Second International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation : 21-22 June 2012 Trondheim, Norway*, pages 351–358.

Ingalls, P. (2005). Just What is World Class Maintenance? Tilgjengelig fra: <http://www.maintenancetechnology.com/2005/02/just-what-is-world-class-maintenance/> [Hentet 14.11.2014].

ISO (2014). NS-ISO 55000:2014 Forvaltning av anlegg og verdier.

ITU-T (2012). Internet of Things Global Standards Initiative. Tilgjengelig fra: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx> [Hentet 28.01.2016].

- Jazdi, N. (2014). Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0. Tilgjengelig fra: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6857843> [Hentet 26.01.2016].
- MainTech (2011). Statusanalyse Rana Gruber. [internt dokument].
- Márquez, A. (2007). *The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. Springer Series in Reliability Engineering. Springer London.
- Metso (2014). Visit report. [Internt dokument].
- Mishra, R. and Sharma, R. (2015). Big Data: Opportunities and challenges. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Volume 4(Issue 6):27–35.
- Moreno-Vozmediano, R., Montero, R. S., and Llorente, I. M. (2013). Key Challenges in Cloud Computing. Enabling the Future Internet of Services. Tilgjengelig fra: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6203493> [Hentet 26.01.2016].
- Morton, J., Runciman, B., and Gordon, K. (2014). *Big Data : Opportunities and challenges*. BCS Learning & Development Limited.
- Myklebust, O. (2016). Industrie 4.0. Tilgjengelig fra: <http://www.nfv.no/209> [Fra kurset Moderne Vedlikehold, hentet 24.01.2016].
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Preventative Maintenance Series. Productivity Press.
- NEK (2009). NEK IEC 60300-3-11 Dependability management Part 3-11: Application guide Reliability centered maintenance. Norsk Elektroteknisk Komite.
- Nicholas, J. (2010). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. A productivity press book. Taylor & Francis.
- Norddal, P. K. (2013). Condition Based Maintenance. [Forelesning i TPK4140 Maintenance Management høsten 2013 ved IPK, NTNU].
- Norges Bank (2016). Kursutvikling utenlandsk valuta. Tilgjengelig fra: <http://www.norges-bank.no/Statistikk/Valutakurser/valuta/USD/> [Hentet 13.01.2016 under fanen nedlastinger].

Nowlan, F. and Heap, H. (1978). *Reliability-centered Maintenance*. Dolby Access Press.

Oljedirektoratet (1998). Basisstudie vedlikeholdsstyring: Metode for egenvurdering av vedlikeholdsstyring. Tilgjengelig fra: <http://www.ptil.no/nyheter/basisstudie-vedlikeholdsstyring-article715-702.html> [Hentet 10.11.2014].

Palmer, R. (2012). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook 3/E*. McGraw-Hill's AccessEngineering. McGraw-Hill Education.

Pinto, J. K. (2013). *Project management : achieving competitive advantage*. Harlow: Pearson.

Pohl, E. and Nachtmann, H. (2010). Life Cycle Costing. *Decision Making in Systems Engineering and Management*, pages 137–181.

Powell, D. (2013). Lean Production. [Forelesning i TPK4140 Maintenance Management høsten 2013 ved IPK, NTNU].

PwC (2015). Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. Tilgjengelig fra: <http://www.strategyand.pwc.com/reports/industry-4-0> [Hentet 24.01.2016].

Rana Gruber (2014a). Årsrapport 2014. [Internt dokument].

Rana Gruber (2014b). Historie del 1. Tilgjengelig fra: <http://ranagruber.no/index.php?id=22&L=1> [Hentet 09.11.2014].

Rana Gruber (2014c). Historie del 2. Tilgjengelig fra: <http://ranagruber.no/index.php?id=63&L=1> [Hentet 09.11.2014].

Rana Gruber (2014d). Opprettelse av prosjekter - rutinebeskrivelse. [Internt dokument].

Rana Gruber (2014e). Organisasjonskart Rana Gruber. [Internt dokument].

Rana Gruber (2014f). Rana Gruber strategiske tiltaksplan 2014-2018. [Internt dokument].

Rana Gruber (2015a). Gruve oppetid 2015. [Internt dokument].

Rana Gruber (2015b). Månedrappporter. [Internt dokument som utgis en gang i måneden].

Rana Gruber (2015c). Rutine for vedlikeholdsstopp i oppredningsverket. [Internt dokument].

- Rausand, M. (2011). *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*.
- Rausand, M. and Høyland, A. (2004). *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. Wiley, Hoboken, NJ, 2nd edition.
- Schjølberg, P. (1996). Application of Maintenance Indicators in Maintenance Management. *Euro Maintenance*.
- Schjølberg, P. (2013). Maintenance Terminology. [Forelesning i TPK4140 Maintenance Management høsten 2013 ved IPK, NTNU].
- Schjølberg, P. (2014a). Veien til World Class Maintenance. Utlevert av veileder ved NTNU.
- Schjølberg, P. (2014b). WCM-modell. Utlevert av veileder.
- Schjølberg, P. (2016). utfordringer og trender innen vedlikehold. Tilgjengelig fra: <http://www.nfv.no/209> [Fra kurset Moderne Vedlikehold, hentet 24.01.2016].
- SINTEF Energi (2010). Nyhetsbrev: Verdiskapende Vedlikehold innen Kraftproduksjon. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/project/vvk/nyhetsbrev-2010-5-desember.pdf> [Hentet 14.12.2014].
- Smith, R. and Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Life Cycle Engineering Series. Elsevier Science.
- tek.no (2015). Nå er endelig kjøleskapet og kaffemaskinen på nett. Tilgjengelig fra: <http://www.tek.no/artikler/kameraer-lar-deg-kikke-inn-i-kjoleskapet-via-mobilen/192455> [Hentet 25.01.2016].
- Wilson, A. (2013). *Asset Management: Focusing on Developing Maintenance Strategies and Improving Performance*. Conference Communication.
- Womack, J. and Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Touchstone.
- Womack, J., Jones, D. T., and Roos, D. (1991). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. The MIT international motor vehicle program. HarperCollins.