

# RCA og moderne vedlikeholdsstyring

---

## Masteroppgave

Stud.techn. Martin Riseng

6/14/2010



*Coca-Cola Drikker AS*

 **NTNU**  
Det skapende universitet

**MASTEROPPGAVE**  
**Våren 2010**  
**stud. techn. Martin Riseng**

**RCA (ROOT CAUSE ANALYSIS) OG MODERNE  
VEDLIKEHOLDSSTYRING**  
**(RCA and modern maintenance management)**

Rotårsaksanalyse vil være en viktig del i moderne vedlikeholdsstyring. Riktig utført RCA vil bidra til effektiv planlegging, utførelse og rapportering. Det vil igjen resultere i økt opptid/reduert nedetid og større produksjonskapasitet.

I denne oppgaven skal kandidaten:

1. Presentere status for vedlikeholdsstyring i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på RCA, KPIs, planlegging, 5S og organisering, CMMS, Dashboard (Gap Chart) og ExiM (Excellence in Maintenance).
2. Skissere en fremtidig RCA-metodikk for bedriften.
3. Foreta en "self assessment"/vurdering med etterfølgende RCA for et utvalgt system i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på:
  - konkrete prosesser
  - historikk og data fra MP2
  - stopptidsanalyse
  - eliminering av den skjulte fabrikk
  - GAP Chart
  - Utarbeidelse av forbedringstiltak
4. Utvikle et Dashboard for kontinuerlig overvåking. Dette skal være et effektivt verktøy i planlegging og utføring av vedlikehold samt for utvikling av forbedringsforslag.

Arbeidet skal utføres i nært samarbeid med Coca-Cola Drikk AS.

Etter avtale med faglærer og veileder kan de forskjellige punktene tillegges ulik vekt.



Masteroppgaven skal også omfatte et utvidet sammendrag og en transparentserie (maks 8 stk.). Dette skal kunne benyttes til presentasjon av arbeidet.

Oppgaveløsningen skal basere seg på eventuelle standarder og praktiske retningslinjer som foreligger og anbefales. Dette skal skje i nært samarbeid med veiledere og fagansvarlig. For øvrig skal det være et aktivt samspill med veiledere.

Innen tre uker etter at oppgaveteksten er utlevert, skal det leveres en forstudierapport som skal inneholde følgende:

- En analyse av oppgavens problemstillinger.
- En beskrivelse av de arbeidsoppgaver som skal gjennomføres for løsning av oppgaven. Denne beskrivelsen skal munne ut i en klar definisjon av arbeidsoppgavens innhold og omfang.
- En tidsplan for fremdriften av prosjektet. Planen skal utformes som et Gantt-skjema med angivelse av de enkelte arbeidsoppgavens terminer, samt med angivelse av milepæler i arbeidet.

Forstudierapporten er en del av oppgavebesvarelsen og skal innarbeides i denne. Det samme skal senere fremdrifts- og avviksrapporter. Ved bedømmelsen av arbeidet legges det vekt på at gjennomføringen er godt dokumentert.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare eller fysisk utstyr er en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Kandidaten skal rette seg etter arbeidsreglementet ved bedriften samt etter eventuelle andre pålegg fra bedriftsledelsen. Det tillates ikke at kandidaten griper inn i betjeningen av produksjonsmaskineriet, idet alle ordrer skal formidles på vanlig måte gjennom fabrikkens bedriftsledelse.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bære av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.



Hvis kandidaten under arbeidet med oppgaven støter på vanskeligheter, som ikke var forutsett ved oppgavens utforming og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette straks tas opp med instituttet.

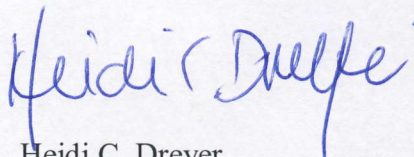
Besvarelsen skal innleveres i 1 elektronisk eksemplar (CD) og 2 eksemplar (innbundet).

Innleveringsfrist: 14. juni 2010

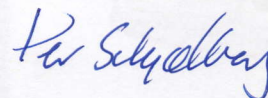
Ansvarlig faglærer/veileder ved NTNU: Førsteamanuensis Per Schjølberg  
Telefon: 73 59 37 70  
Mobiltelefon: 930 03 840  
E-post: [per.schjolberg@ntnu.no](mailto:per.schjolberg@ntnu.no)

Veileder ved Coca-Cola Drikker AS: Vedlikeholdssjef Dag Mikal Kjensbekk  
Telefon: 67 92 45 69  
Mobiltelefon: 928 45 823  
E-post: [Dag.Kjensbekk@ccnordic.com](mailto:Dag.Kjensbekk@ccnordic.com)

**INSTITUTT FOR PRODUKSJONS-  
OG KVALITETSTEKNIKK**



Heidi C. Dreyer  
professor/nestleder



Per Schjølberg  
faglærer

## Forord

---

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2010 av stud.techn. Martin Riseng ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU) i Trondheim. Den er avsluttende del av mastergrad innen Produktutvikling og produksjon og teller 30 studiepoeng.

Prosjektittelen er ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”. Oppgaveteksten er utarbeidet av Per Schjølberg, førsteamanuensis og instituttleder ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) ved NTNU, og Dag M. Kjensbekk, vedlikeholdssjef ved Coca-Cola Drikker AS (CCD). Forfatteren har hatt sommerjobb ved CCD sommeren 2009 og store deler av arbeidet med denne rapporten har blitt utført ved CCDs produksjonsanlegg på Robsrud i Lørenskog. Masteroppgaven er sterkt knyttet til, og har blitt skrevet i nært samarbeid med CCD.

Masteroppgaven er utført som et feltstudium, men relevant litteratur er benyttet for å understøtte de resultater og konklusjoner som er oppnådd. Oppgaven er en videreføring av prosjektoppgaven ”Maintenance Management and RCA” skrevet av samme forfatter høsten 2009. Prosjektoppgaven var hovedsakelig et litteraturstudium som hadde som hovedmål å danne et teoretisk grunnlag for denne masteroppgaven.

Forfatteren vil bruke denne muligheten til å takke veiledere Dag M. Kjensbekk og Per Schjølberg for kyndig veiledning og inspirasjon underveis i oppgaveskrivingen. En stor takk går også til alle ansatte i både produksjons- og vedlikeholdsavdelingen ved CCD for hjelp og støtte i arbeidet.

Martin Riseng, Trondheim 13.6.2010

## 1 Innhold

1	Innhold.....	3
1.1	Figurliste.....	5
1.2	Vedleggsliste.....	6
2	Summary (English).....	7
3	Sammendrag (norsk).....	8
4	Innledning .....	9
4.1	Om prosjektet.....	9
4.1.1	Deltakere i prosjektet.....	9
4.1.2	Målsetninger .....	10
4.1.3	Struktur.....	10
4.1.4	Begrensninger.....	10
4.1.5	Arbeidsmetoder .....	11
4.1.6	Figurer .....	11
4.2	Bakgrunn .....	11
5	Status vedlikeholdsstyring.....	12
5.1	Vedlikeholdsstyring.....	12
5.1.1	Vedlikeholdsstyringsmodell ved CCD .....	12
5.1.2	Vedlikeholdsstyring og ExiM (Excellence in Maintenance).....	13
5.1.3	Målsetninger/visjoner.....	16
5.1.4	Organisering.....	16
5.1.5	Planlegging av vedlikehold.....	18
5.1.6	CMMS (Computerized Maintenance Management System).....	20
5.1.7	RCA (Rotårsaksanalyse) .....	23
5.1.8	Dashboards og KPIer.....	27
5.1.9	5S.....	28
6	Dashboards og indikatorer .....	30
6.1	KPIer.....	30
6.1.1	KPIer hos CCD .....	30
6.2	Dashboard.....	31
6.2.1	Dashboards hos CCD.....	32
7	RCA-metodikk for CCD.....	33
7.1	Bakgrunn .....	33
7.1.1	Integrering av RCA i CMMS .....	34
7.1.2	Faser i en rotårsaksanalyse .....	35
8	RCA og vurdering av sniffer .....	37

8.1	Presentasjon av sniffer og dens plass i produksjonssystemet.....	37
8.1.1	Produksjonssystem hos CCD.....	37
8.1.2	Kapasiteter og styring av produksjonslinjer.....	40
8.1.3	Pålitelighet.....	41
8.2	Snifferen.....	43
8.2.1	Snifferens posisjon i systemet.....	43
8.2.2	Funksjoner.....	43
8.2.3	Oversikt over systemet.....	45
8.2.4	Gjennomgang av delsystemer.....	47
8.3	Presentasjon av dagens situasjon (sniffer).....	52
8.3.1	Vedlikeholdsrutiner.....	52
8.3.2	Drift.....	53
8.3.3	Sniffertest.....	53
8.3.4	Trening/kursning.....	54
9	RCA for kritiske hendelser på sniffere.....	55
9.1	Bakgrunn for valg av sniffer.....	55
9.2	Utvelgelse av hendelser/problemer for analyse.....	55
9.3	Rotårsaksanalysen(e).....	56
9.3.1	Beskrivelse av problemet.....	57
9.3.2	Analyse av stopptidslogger.....	57
9.3.3	Innhenting av annen informasjon.....	57
9.3.4	Årsaker til problemet.....	58
9.4	Flaskevelt glideliner inn.....	58
9.4.1	Beskrivelse av problemet.....	58
9.4.2	Analyse av stopptidslogg.....	59
9.4.3	Årsaker til flaskevelt glideliner inn.....	62
9.5	Sniffertest.....	67
9.5.1	Beskrivelse av problemet.....	67
9.5.2	Analyse av stopptidslogger.....	68
9.5.3	Årsaker Sniffertest.....	69
9.6	Løse etiketter (inkl. USM).....	72
9.6.1	Beskrivelse av problemet.....	72
9.6.2	Analyse av stopptidslogger.....	72
9.6.3	Årsaker løse etiketter og USM-sensor.....	75
9.7	Sensorhendelser.....	79
9.7.1	Beskrivelse av problemet.....	79

9.7.2	Analyse av stopptidslogger.....	80
9.7.3	Årsaker sensorhendelser.....	85
9.8	Korrektive tiltak .....	88
9.8.1	Innføring av redundant sniffer.....	88
9.8.2	Utendørs lagertelt for tomgods.....	88
9.8.3	Luftkniver for fjerning av etiketter fra transportbånd.....	88
9.8.4	Innføring av 5S i snifferområdet.....	89
9.8.5	Kjøring med NY-PET for å begrense virkning av snifferstopp.....	89
9.8.6	Bedre opplæring av operatører.....	89
9.8.7	Endring av prosedyrer for sniffertest.....	88
10	Oppsummering og konklusjoner .....	90
11	Ordlister.....	91
12	Referanser .....	95

## 1.1 Figurliste

Figur 1	Vedlikeholdsstyringsmodell CCD .....	12
Figur 2	ExiM-prosess.....	13
Figur 3	GAP-chart Exim.....	15
Figur 4	Vedlikeholdsorganisasjon CCD mars 2010.....	17
Figur 5	Produksjonssentrisk rapporteringsstruktur m/organisering av vedlikeholdsavdeling.....	18
Figur 6	RCM-beslutningsmatrise CCD.....	20
Figur 7	Line Stop and Call Process Flow .....	25
Figur 8	SLE-dashboard .....	28
Figur 9	5S i praksis .....	29
Figur 10	Skisse til fremtidig Dashboard .....	32
Figur 11	CMMS integrated failure reduction model.....	34
Figur 12	Flowchart produksjonslinjer CCD .....	38
Figur 13	Reliability block diagram produksjonslinje CCD .....	41
Figur 14	Layout sniffersystem .....	45
Figur 15	Flyskjema delprosesser i sniffer .....	46
Figur 16	Delsystemer i snifferen.....	47
Figur 17	USM-sensor.....	51
Figur 18	Feiltyper og stopptid sniffer .....	56
Figur 19	Overgang til singelstrøm .....	58
Figur 20	Gap i flasketrøm.....	58
Figur 21	Veltet flaske på glideliner .....	59
Figur 22	Frekvens av rapporterte stopptider Flaskevelt .....	60
Figur 23	Feiltre flaskevelt.....	63
Figur 24	Løs etikett på transportbånd.....	64
Figur 25	Flaskevelt overgang til singlestrøm.....	65
Figur 26	Utstående sikkerhetsring 2.....	65
Figur 27	Utstående sikkerhetsring 1 .....	65
Figur 28	Sammenpresset flaske.....	66



Figur 29 Sniffertest.....	67
Figur 30 Rapporterte stopptidsfrekvenser sniffertest.....	69
Figur 31 Feiltre sniffertest.....	70
Figur 32 Frekvens av rapporterte stopptider USM-sensor.....	74
Figur 33 Frekvens av rapporterte stopptider løse etiketter .....	74
Figur 34 Etikettansamling gripere.....	75
Figur 36 Feiltre USM-sensor og løse etiketter .....	77
Figur 35 Etikettansamling ledeskrue .....	75
Figur 37 USM-sensor etikett.....	78
Figur 38 Feiltre sensorhendelser .....	85
Figur 39 Gassprøvetaking 1 .....	86
Figur 40 Gassprøvetaking 2.....	87
Figur 41 Prøvetakingssystem.....	87
Figur 42 Luftkniv etiketter på transportbånd .....	89

## 1.2 Vedleggsliste

Vedlegg 1: Utvidet sammendrag

Vedlegg 2: Presentasjonsmateriale

Vedlegg 3: Forstudierapport

Vedlegg 4: Rotårsaksanalyse

Vedlegg 5: Oppsummering Exim-vurdering 28.9.2009

## 2 Summary (English)

This abstract will provide a brief summary of the contents of this project report.

The first pages of the report are dedicated to presenting the project assignment titled “RCA and Modern Maintenance Management”. Aims and objectives are defined as well as working methodologies and limitations. In addition a background for the project is outlined where arguments supporting implementation of modern maintenance management are made.

The main part of the report consists of chapters 5-9 which are used to answer the main problems presented in the project assignment. Chapter 5 provides a detailed status report concerning maintenance management at CCD. Key areas in the presentation are RCA, Dashboards and KPIs, planning, 5S, organizing, CMMS, and the maintenance management tool ExiM.

Chapter 6 is dedicated to developing a framework for a future dashboard to be used in the maintenance management process at CCD. Included in the chapter is a discussion regarding KPIs to be included in the dashboard. The suggested solution settled on SLE (effectiveness measure at CCD), 5S-status and a “top 5” list displaying the most critical failure types. The suggested dashboard is consistent with guidelines concerning design and presented measures.

In chapter 7 a future RCA-methodology for CCD is discussed. A framework presenting tips and guides for structuring and formalizing the RCA-process is given. This chapter draws heavily on the handbook “Rotårsaksanalyse” written in the autumn of 2009 by this author. This handbook provides a general introduction to RCA and a few RCA-tools and techniques are presented. A common denominator in chapter 7 is that CMMS will play a large role in future RCA-concepts and that this should be taken into account also at CCD.

Chapters 8 and 9 are concerned mainly with machine called “sniffer” in the CCD-production line. The main function of this machine is to detect and remove contaminated REF-PET bottles from the production flow. A presentation of this critical system is provided along with an RCA for a set of chosen unwanted events. It is rounded off by RCA-results including root-causes and appropriate corrective measures.

The report is ended by a quick summary including some concluding remarks.

## 3 Sammendrag (norsk)

Dette avsnittet vil gi en kort sammenfatning av innholdet i denne prosjektrapporten.

I innledningen av rapporten presenteres oppgaven som har tittelen ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”. Målsetninger, arbeidsmetoder og begrensninger utpekes, og det gis en bakgrunn for oppgaven hvor det argumenteres for viktigheten av implementering av moderne vedlikeholdsstyring i en bedrift.

Hoveddelen av rapporten består av kapittel 5 – kapittel 9 som tar for seg problemstillingene som gis i oppgaveteksten. Kapittel 5 gir en grundig statusrapport for vedlikeholdsstyringen ved CCD med hovedfokus på RCA, Dashboards og KPIer, planlegging, 5S, organisering, CMMS og vedlikeholdsstyringsverktøyet ExiM.

Kapittel 6 blir brukt utvikling av et forslag til fremtidig dashboard til bruk i vedlikeholdsstyringen ved CCD. Kapitlet diskuterer KPIer som bør inkluderes i dashboardet, blant disse er SLE (effektivitetsmål ved CCD), 5S-status og ”topp-5 liste” over feiltyper. Det foreslåtte dashboardet følger alminnelige retningslinjer når det gjelder utforming og presentasjonsmåte.

I kapittel 7 blir en fremtidig RCA-metodikk for CCD diskutert. Det presenteres en skisse som angir retningslinjer og tips for strukturering og formalisering av RCA-prosessen. Kapitlet støtter seg på håndboken ”Rotårsaksanalyse” skrevet av forfatteren av denne oppgaven høsten 2009. Denne håndboken gir en generell introduksjon til RCA og til diverse RCA-verktøy og metoder. En rød tråd i kapitlet er at CMMS vil spille en stor rolle i fremtidige RCA-metodikker og at det bør tas høyde for dette hos CCD.

I kapittel 8 og 9 blir det presentert en oversikt over snifferen som er et kritisk system i CCDs produksjonsanlegg. Snifferen har som hovedfunksjon å identifisere og fjerne forurensede returflasker fra produksjonsstrømmen. Til slutt gjennomføres en rotårsaksanalyse for utvalgte uønskede hendelser på snifferen. Denne munner ut i presentasjon av bakenforliggende årsaker samt potensielle korrektive tiltak som kan eliminere disse.

Rapporten avsluttes med en oppsummering hvor det også trekkes noen generelle konklusjoner basert på presentasjonene og resultatene i prosjektrapporten.



## 4 Innledning

### 4.1 Om prosjektet

Oppgavetittelen er ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”. Oppgaven er delt inn i fire adskilte deloppgaver som alle er blitt besvart, dog med ulike prioriteter og ressursbruk. Disse fire deloppgavene er som følger:

1. Presentere status for vedlikeholdsstyring i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på RCA, KPIs, planlegging, 5S og organisering, CMMS, Dashboard (Gap Chart), og Exim (Excellence in Maintenance).	1
2. Skissere en fremtidig RCA-metodikk for bedriften	2
3. Foreta en ”self assessment”/vurdering med etterfølgende RCA for et utvalgt system i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konkrete prosesser</li> <li>- Historikk og data fra MP2</li> <li>- Stoptidsanalyse</li> <li>- Eliminering av den skjulte fabrikk</li> <li>- GAP-Chart</li> <li>- Utarbeidelse av forbedringstiltak</li> </ul>	3
4. Utvikle et Dashboard for kontinuerlig overvåking. Dette skal være et effektivt verktøy i planlegging og utføring av vedlikehold samt for utvikling av forbedringsforslag.	1

Tallene/fargekodene til høyre for oppgaven angir oppgavens prioritet i henhold til avtale med veiledere for prosjektet. Prioriteten for hver deloppgave er gitt på en skala fra 1-3.

#### 4.1.1 Deltakere i prosjektet

*NTNU, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK)*

NTNU er Norges ledende universitet for teknologi og realfag. IPK arbeider i skjæringspunktet mellom teknologi og ledelse, og arbeider med problemer knyttet til driftsteknikk, industrialisering av produksjon samt kvalitet og sikkerhet. Instituttets arbeid og studieretninger er delt inn i følgende tre hovedområder:

- Produksjonssystemer
- Produksjonsledelse
- Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold

#### *Coca-Cola Drikker AS*

Coca-Cola Drikker AS (CCD) har ansvaret for produksjon, salg og distribusjon av Coca-Colas produkter i Norge. CCD er landet største leverandør av alkoholfrie drikkevarer og har hovedkontor og produksjonsanlegg på Robsrud i Lørenskog, Akershus. Selskapet er heleid av The Coca-Cola Company.

#### *The Coca-Cola Company*

The Coca-Cola Company ble etablert i 1886 og er verdens ledende drikkevareselskap. Selskapet er etablert i over 200 land, har omtrent 92400 ansatte og produserer over 3000 ulike produkter.

## 4.1.2 Målsetninger

Masteroppgaven er ment å være et bidrag til det kontinuerlige forbedringsarbeidet i vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD og den overordnede målsetningen i prosjektet kan sies å være utarbeidelse av en rapport som kan bidra til dette formålet.

Mer konkret skal det angis en oversiktlig status over vedlikeholdsstyringen hos CCD, samt en evaluering av denne med innspill og betraktninger som kan inspirere til videre forbedringsarbeid. Videre utvikles det et forslag til fremtidig dashboard til bruk i vedlikeholdsstyringen. Dette er ment som et bidrag i arbeidet med å inkludere KPIer som grunnlag for styring av vedlikehold hos CCD. I tillegg skal det skisseres det opp en fremtid RCA-metodikk. Denne skal angi prosedyrer og metoder som kan benyttes i rotårsaksanalyser ved CCD. Til slutt skal det gjennomføres en rotårsaksanalyse på et kritisk system (sniffer) i produksjonssystemet til CCD. Målet er å avdekke bakenforliggende årsaker bak maskinstopper, samt foreslå mulige tiltak som kan eliminere eller redusere disse problemene.

## 4.1.3 Struktur

Hoveddelen av rapporten består av kapitlene 5-9 som dekker alle problemstillingene gitt i oppgaveteksten. Kapitlene 5, 6, og 7 korresponderer til henholdsvis deloppgave 1, 4 og 2. Kapittel 8 og 9 er viet til deloppgave 3 som er angitt som den mest sentrale i prosjektet. Kapitlene er lagt opp i en logisk rekkefølge hvor eventuell teori og angivelse av nyttig informasjon kommer før forfatterens egne betraktninger og resultater

Arbeidsinnsatsen som er lagt ned i utarbeidelsen av hvert kapittel reflekterer den korresponderende deloppgavens prioritet i henhold til tabellen angitt ovenfor. Det er dog verdt å merke seg at kapittel 5 (Status vedlikeholdsstyring) inneholder diskusjon av flere temaer som er sentrale for gjennomføring av de andre deloppgavene. Det er derfor lagt ned ekstra tid og arbeid i dette kapitlet da denne innsatsen kan dras nytte av i resten av rapporten. Dette har ført til at kapittel 5 kan fremstå som noe mer omfattende enn hva den første deloppgavens prioritet skulle tilsi.

## 4.1.4 Begrensninger

Denne prosjektrapporten går ikke i dybden i all teori som er nevnt eller diskutert i oppgaven. Grunnleggende begreper og metoder innen vedlikeholdsstyring antas kjent og det blir ikke brukt mye plass på grunnleggende teori, selv om visse teoretiske holdepunkter angis der det er nødvendig. Når det gjelder arbeidsomfang er prosjektet begrenset til om lag 940 arbeidstimer, noe som har lagt begrensninger på detaljnivået som kan forventes i en slik rapport. De ulike delene av rapporten bør hovedsakelig sees på som grunnlag og inspirasjon for videre forbedringsarbeid da forfatteren har lagt vekt på å komme med tips og innspill til forbedringsmuligheter snarere enn å trekke bastante konklusjoner på grunn av begrensninger i prosjektets omfang.

## 4.1.5 Arbeidsmetoder

Prosjektet har hovedsakelig blitt utført som et feltstudium, men støtter seg på relevant litteratur om vedlikeholdsstyring og rotårsaksanalyse.

I arbeidet med prosjektet har forfatteren hatt arbeidsplass på CCDs produksjonsanlegg i Lørenskog og har derfor hatt muligheten til informasjonshøsting gjennom personlig observasjon. En stor del av informasjonsgrunnlaget for rapporten kommer kort sagt fra ”på stedet” studium av produksjon og vedlikehold ved CCD.

Forfatteren har under arbeidet med denne oppgaven hatt tilgang til CCDs interne nettverk og dokumenter. Dette har vært en viktig informasjonskilde og har gitt mulighet til å sette seg inn i de viktigste sidene ved driften av CCD. CCD benytter et kvalitets- og dokumenthåndteringssystem som kalles Q-Doc. Systemet inneholder en oversikt over alle prosesser ved CCD i tillegg til relevant dokumentasjon (maler, instruksjer, flytskjema, etc.) for å kvalitetssikre både produkter og aktiviteter. Som alle andre prosesser og funksjoner er naturligvis også vedlikehold ved CCD beskrevet i Q-Doc (CCD, 2010).

I tillegg til de nevnte informasjonskilder har mye informasjonsinnhøstingen blitt gjort gjennom samtaler/intervjuer med ansatte ved CCD. Deler av oppgaven har sågar blitt gjennomført i samarbeid med forbedringsteam i vedlikeholdsavdelingen.

Deloppgave 3 innebærer gjennomføringa av en rotårsaksanalyse for et kritisk system i produksjonssystemet. Forfatteren manglet i innledningen til dette prosjektet praktisk erfaring fra RCA-arbeid. Denne delen av oppgaven er derfor gjennomført ved hjelp av metoder fra relevant teori og etter retningslinjer som er angitt i litteraturen.

## 4.1.6 Figurer

Det er i oppgaven lagt stor vekt på å presentere innholdet ved hjelp av grafer, illustrasjoner, skjermbilder og fotografier der dette er funnet hensiktsmessig. Dette for å presentere innhold og resultater på en lettfattelig måte, og for å unngå unødvendig omfattende forklaringer og utgreiinger. Etiketten ”figurer” benyttes for enkelthets skyld på som en fellesbetegnelse på alle former for illustrasjoner. Alle ”figurer” er nummerert og lagt inn i figurlisten som finnes under innholdsfortegnelsen.

## 4.2 Bakgrunn

Norsk industri er i meget stor grad avhengig av automatisering av prosesser for å kunne være konkurransedyktig. Dette leder naturlig nok til at fokus på vedlikehold blir viktigere og optimalisering og effektivisering av vedlikeholdsprosesser kan påvirke lønnsomheten i en bedrift i stor grad. I så måte er CCD intet unntak.

Innføring av moderne vedlikeholdsstyringskonsepter vil kunne medvirke til forbedringer i produksjonssystemet og bli et konkurransefortrinn for bedrifter som behersker denne prosessen godt.

I moderne vedlikeholdsstyring vil rotårsaksanalyse spille en viktig rolle. Riktig utført RCA vil bidra til mer effektiv planlegging, utførelse og rapportering. Dette vil igjen resultere i økt opptid/reduert nedetid og større produksjonskapasitet. RCA-arbeid bør formaliseres og følge fastlagte rutiner og prosedyrer for å maksimere utbyttet av slike undersøkelser.

Videre vil de fleste bedrifter oppleve at prosesstyring etter gitte indikatorer og mål har noen åpenbare fordeler. Man oppnår økt prosesskontroll, eliminerer ”den skjulte fabrikk”, og øker fokuset på forbedringer. Presentasjon av utvalgte indikatorer kan ytterligere forsterke fordelene ved prestasjonsmålinger. En slik prestasjon gjøres gjerne gjennom bruk av dashboards og utforming av velfungerende presentasjonsmetoder kan bidra til å bedre vedlikeholdsstyringen i enhver bedrift.



## 5 Status vedlikeholdsstyring

Dette kapittelet vil i hovedsak dreie seg om vedlikeholdsstyring hos CCD. Styringen beskrives med fokus på de viktigste temaene og prosessene og ses i lys av relevant teori på området.

### 5.1 Vedlikeholdsstyring

Rolstadås (Rolstadås et al., 1999) definerer vedlikehold som:

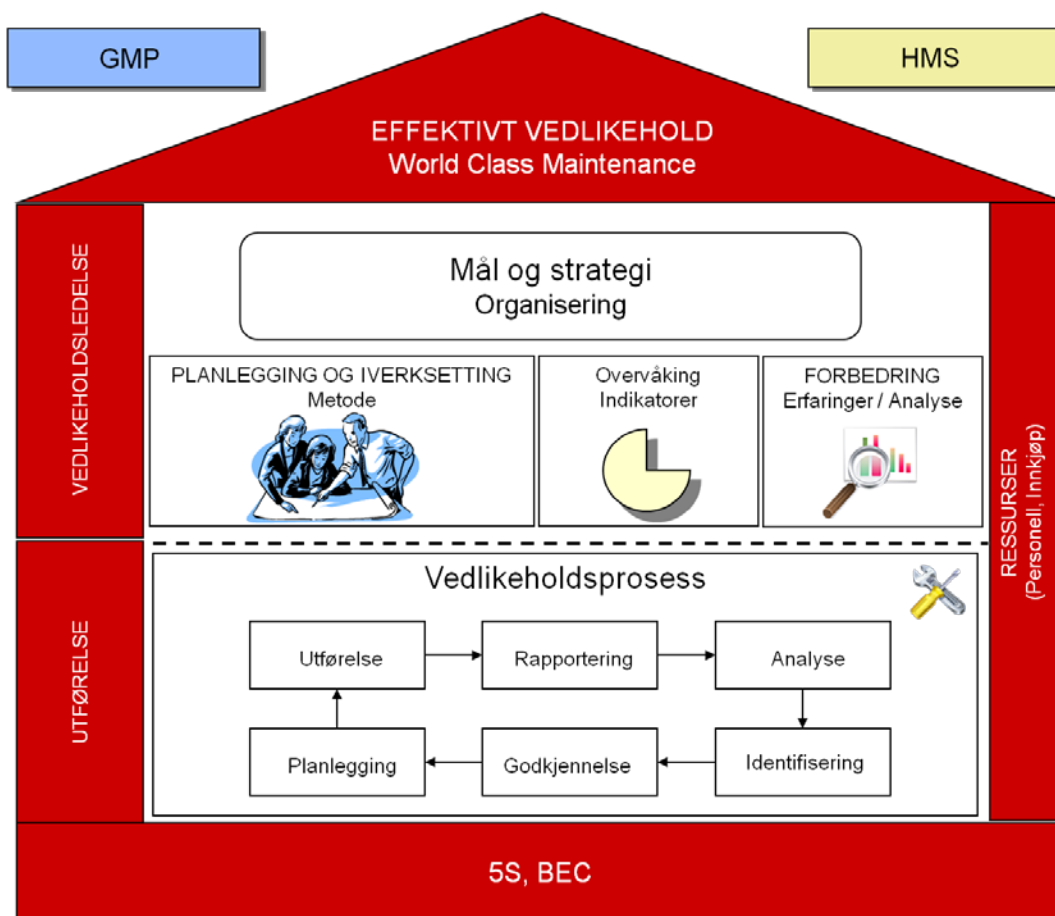
”En kombinasjon av all tekniske og administrative aktiviteter inkludert ledelsesaktiviteter, som har til hensikt å opprettholde eller gjenvinne en tilstand som gjør en enhet i stand til å utføre en krevd funksjon”

Vedlikeholdsstyring kan enkelt sagt være utvelgelse av strategier og metoder for å oppnå målene for vedlikeholdsorganisasjonen, samt prosessen med å kontrollere og styre alle aktiviteter som kommer inn under definisjonen av vedlikehold ovenfor. I NS-EN 13306 (CEN, 2001) er vedlikeholdsstyring (maintenance management) definert som:

”Alle ledelsesaktiviteter som fastsetter vedlikeholdsmålsetninger, strategier og ansvarsfordelinger, samt implementerer disse gjennom vedlikeholdsplanlegging, kontroll og overvåking, forbedring av metoder i organisasjonen, inkludert økonomiske aspekter.”

#### 5.1.1 Vedlikeholdsstyringsmodell ved CCD

For mer effektiv og målrettet vedlikeholdsstyring utformes gjerne en vedlikeholdsstyringsmodell som viser bedriftens vedlikeholdskonsept på en oversiktlig og lettfattelig måte. Under (Figur 1) er CCDs vedlikeholdsstyringsmodell presentert.



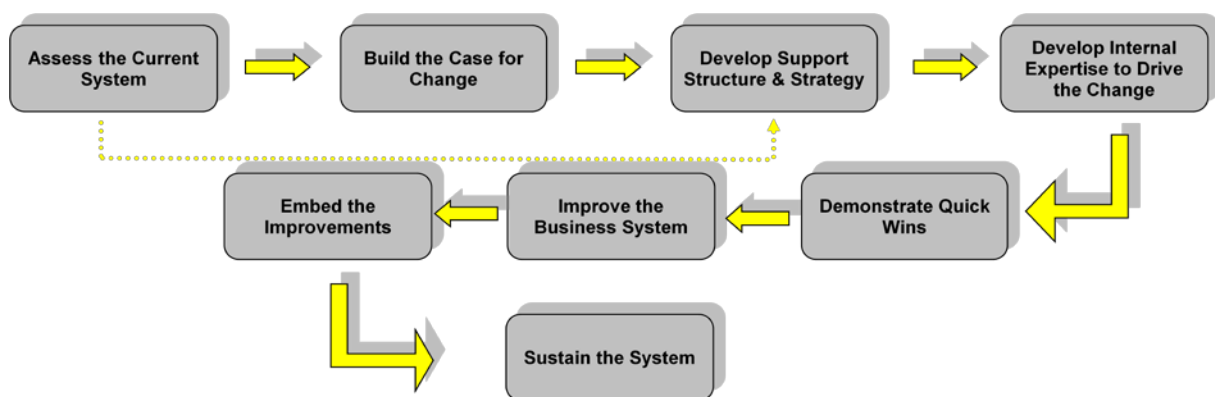
Figur 1 Vedlikeholdsstyringsmodell CCD

Vedlikeholdsstyringsmodellen er presentert i forbindelse med vedlikeholdsorganisasjonen i Q-Doc (CCD, 2010). Modellen fokuserer på de viktigste arbeidsprosessene innenfor både ledelse og utførelse av vedlikehold og viser et moderne vedlikeholdskonsept. Organisasjonen skal arbeide mot en overordnet målsetning gjennom en uttalt strategi og en tydelig organisering. Planlegging, overvåkning og forbedringsarbeid er sentral i vedlikeholdsledelsen. Når det gjelder utførelse av vedlikeholdsoperasjoner benyttes det en modell som er til forveksling lik Murthys modell "Maintenance execution" (Murthy, 2008) for å illustrere de viktigste arbeidsprosessene. Modellen viser den faktiske flyten i utførelse av vedlikehold og illustrerer også at dette er en kontinuerlig prosess der hvert steg påvirker det neste.

Modellen viser også at 5S og BEC (Basic Equipment Care) er med på å legge et fundament for vedlikeholdet, samt at vedlikeholdsstyringen har HMS (Helse, Miljø, Sikkerhet) og GMP (Good Manufacturing Practice) som overordnede prinsipper.

## 5.1.2 Vedlikeholdsstyring og ExiM (Excellence in Maintenance)

Vedlikeholdsstyringen på CCD blir i stor grad lagt opp etter vedlikeholdsstyringsverktøyet ExiM. ExiM omfatter 150 av CCCs tapperianlegg verden over og utviklet for å forbedre vedlikehold og produksjon gjennom å lette arbeidet med vedlikeholdsstyring (Kjensbekk, 2010b). ExiM modellen følger prosessen angitt i Figur 2.



Figur 2 ExiM-prosessen

Hovedkomponenten i ExiM er et strategisk verktøy for styring av forbedringsarbeid/vedlikehold som ble utviklet av The Coca-Cola Company sentralt i Atlanta og lansert i 2008. Verktøyet er hovedsaklig et "assessment tool". Det fungerer ved at man selv foretar en vurdering av status for vedlikehold og vedlikeholdsstyring ved å analysere 13 ulike moduler. Hver modul inneholder et antall punkter hvor man gir seg selv en karakter på en skala fra 1 til 5 basert på angitte kriterier for karaktersetning. Basert på denne "self assessmenten" fremkommer en GAP-analyse som gir en enkel oversikt over områder hvor spriket mellom faktisk og ønsket ytelse er størst. Basert på analysen fremkommer også forslag til strategi(er) både på kort og lang sikt. En slik "ExiM-assessment" utføres hver en til to ganger i året hos CCD (Vedlikeholdssjef CCD, 2010)

For å koordinere arbeidet med ExiM er det ved CCD oppnevnt en ExiM styringsgruppe som møtes månedlig. Styringsgruppen består av vedlikeholdssjef, produksjonsdirektør og produksjonssjefer. Gruppens langsiktige mål er å øke SLE til dagens "best practise" som er 75 % (ExiM styringsgruppe, 2009). Dette søkes oppnådd ved kontinuerlig forbedring gjennom initiering, prioritering og oppfølging av tiltak innenfor produksjonsområdet.

Det er et anerkjent faktum at styring av vedlikehold bør skje etter målbare indikatorer og med klare målsetninger. ExiM er et verktøy utviklet nettopp for at dette skal gjøres hos ved alle CCC-tapperier.

Tanken er at man gjennom en GAP-analyse identifiserer viktige forbedringsmuligheter, og at ressurser dermed kan brukes på en effektiv måte i forbedringsarbeidet. Man kan enkelt si at ExiM representerer en form for målstyring og legger klare føringer for vedlikeholdsstyringen hos CCD.

### 5.1.2.1 ExiM resultater

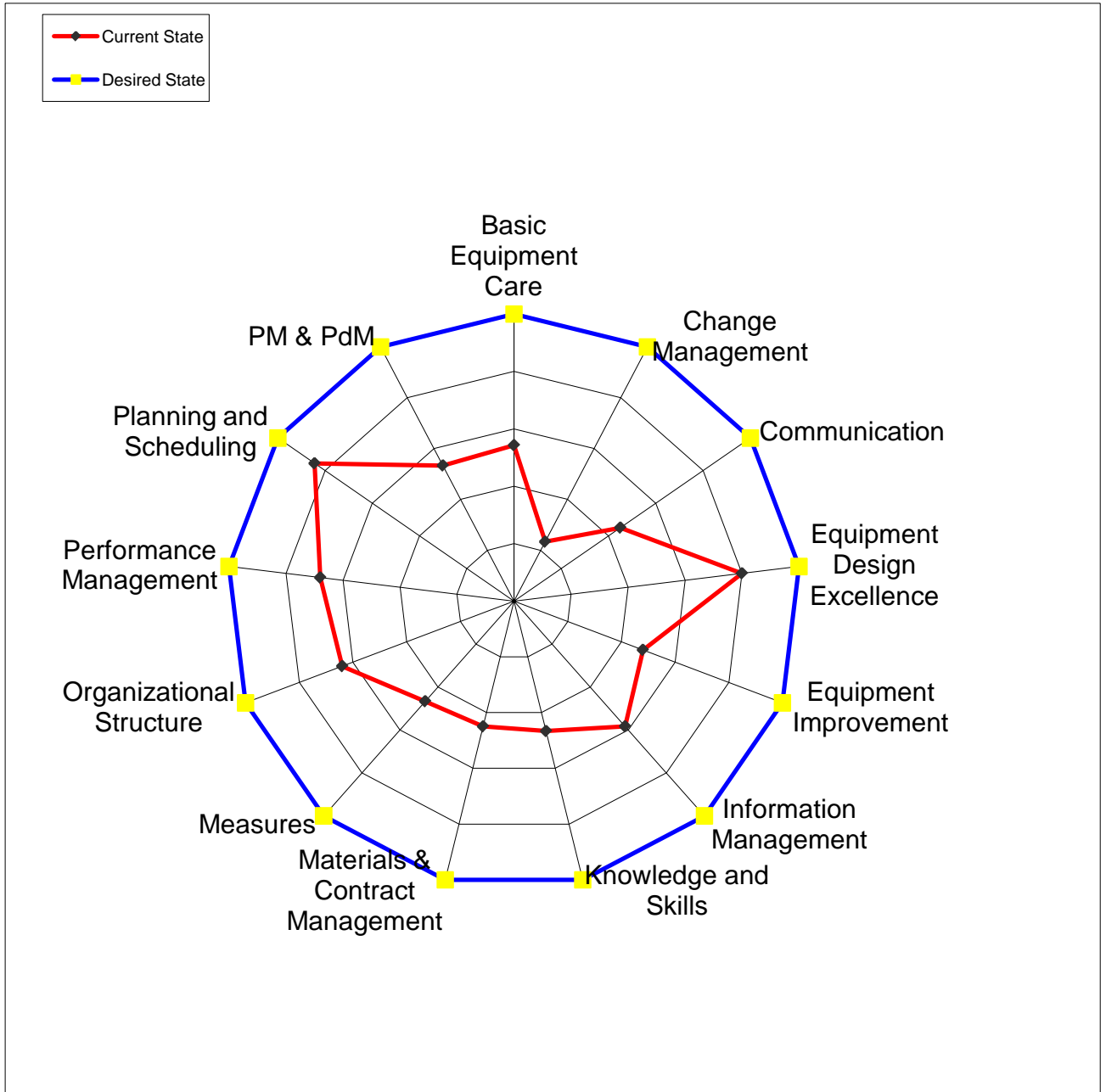
Som nevnt ovenfor er en viktig del av ExiM å foreta en selvevaluering for å kartlegge status for vedlikehold og vedlikeholdsstyring. Da denne oppgaven går ut på å presentere en slik status vil det være naturlig å ta utgangspunkt i det arbeidet som er lagt ned i tidligere ExiM-evalueringer i denne oppgaven. Det er i hovedsak Exim-vurderingen utført av produksjonsdirektør og vedlikeholdssjef 28.9.2009 som legges til grunn for dette kapittelet.

De 13 ulike modulene som analyseres er:

- Basic Equipment Care (BEC)
- Change management
- Communication
- Equipment design excellence
- Equipment improvement
- Information management
- Knowledge and skills
- Materials and contract management
- Measures
- Organizational structure
- Performance management
- Planning and scheduling
- PM and PdM

Et sammendrag av resultatet fra forrige ExiM-evaluering er gitt i vedlegg 5. I Figur 3 vises et "GAP-chart" som gir en oversikt over dagens situasjon sammenlignet med ønsket tilstand (Kjensbekk and Fuglesang, 2009).





Figur 3 GAP-chart Exim

Som det fremkommer av denne vurderingen er det flere klare forbedringsområder innen vedlikeholdsstyring ved CCD. I det følgende vil noen av de viktigste områdene innen vedlikeholdsstyring bli beskrevet. Dagens status presenteres og mulig forbedringspotensial diskuteres.

## 5.1.3 Målsetninger/visjoner

CCD har et ønske om at vedlikeholdsorganisasjonen skal levere ”World Class Maintenance”, og det er også en overordnet målsetning for avdelingen. I det daglige styres vedlikehold som nevnt ved hjelp av ExiM, men også ved hjelp av egne KPIer og målsetninger for disse. Bruken av KPIer er mer utførlig diskutert i avsnitt 5.1.8

Wilson (Wilson, 2002) stadfester at målsetninger og visjoner er essensielt for å holde fokus på hva som ønskes å oppnå med vedlikeholdsstyringen. I så måte ligger det et forbedringspotensial for vedlikeholdsorganisasjonen til CCD når det gjelder å formulere en tydelig visjon.

ExiM angir også som nevnt fokusområder for vedlikeholdsstyringen basert på en GAP-analyse. Videre legges det opp til at det skal formuleres konkrete og målbare målsetninger for forbedring innen disse områdene. Oppfølging av dette kan også virke motiverende og hjelpe til å stake ut riktig kurs.

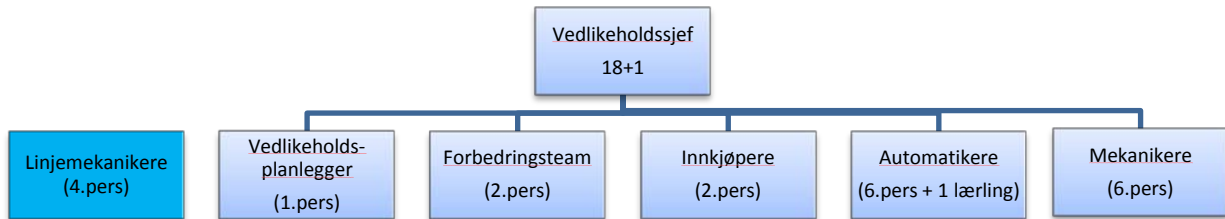
## 5.1.4 Organisering

Når det gjelder organisering av en vedlikeholdsorganisasjon skilles det vanligvis mellom en sentralisert og en desentralisert struktur. Cato og Mobley (Cato and Keith Mobley, 2002a) beskriver en sentralisert struktur som en organisering der alle vedlikeholdsressurser rapporterer til en enkelt vedlikeholdssjef og at vedlikeholdsorganisasjonen har ansvaret for vedlikehold av hele produksjonsanlegget. Videre poengterer de at hovedfordelen med en slik organisering er at man oppnår en fleksibilitet som gjør det mulig å utnytte vedlikeholdsressursene på en mest mulig effektiv måte. Baksiden av medaljen er at et tydelig skille mellom produksjons- og vedlikeholdsorganisasjonen kan gi et uklart ansvarsforhold når det gjelder maskiner og utstyrs pålitelighet og yteevne, og liten følelse av eierskap til prosess og utstyr. For eksempel kan operatører føle at maskinstopp og redusert ytelse er vedlikeholdspersonellets problem, mens mekanikere/automatikere gir sløve operatører skylden for mange av problemene som oppstår.

I en desentralisert struktur vil vedlikeholdsteam tildeles ansvarsområder og jobbe mye nærmere produksjonsavdelingen (eller bli en del av produksjonsavdelingen) i gjennomføringen av vedlikehold på det tildelte utstyret (Wilson, 2002). Åpenbare fordeler med en slik organisering er at man kan oppnå større eierskap til prosesser og utstyr, samt at vedlikeholdspersonell kan opparbeide seg mer spesialisert kunnskap om gjenstandene de skal vedlikeholde. Ulempen er naturligvis mangel på fleksibilitet. Cato og Mobley (Cato and Keith Mobley, 2002a) påpeker at å gi vedlikeholdspersonell egne ansvarsområder kan gi høyere bemanningsbehov på grunn av mindre utnyttelse av vedlikeholdsressursene. En desentralisert struktur har typisk et bemanningsbehov som ligger 5% - 15% høyere enn en sentralisert struktur.

Organiseringen av vedlikehold ved CCD er en kombinasjon av en sentralisert og en desentralisert struktur. Vedlikeholdsorganisasjonen er i sentralisert, men det benyttes i tillegg såkalte ”linjemekanikere” som er underlagt produksjonsavdelingen. Disse har kun ansvar for vedlikehold av sin egen linje og representerer altså en desentralisert organisasjonsstruktur. Dette skal dog endres fra sommeren 2010. For bedre utnyttelse og lettere vedlikeholdsstyring integreres linjemekanikerne i vedlikeholdsorganisasjonen, og dermed går man over til enda større grad av sentralisering. I tillegg vil ansvaret for vedlikehold av bygninger og uteområder legges inn under vedlikeholdsorganisasjonen og rapportere til vedlikeholdssjef (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Dette understreker videre at graden av sentralisering øker.

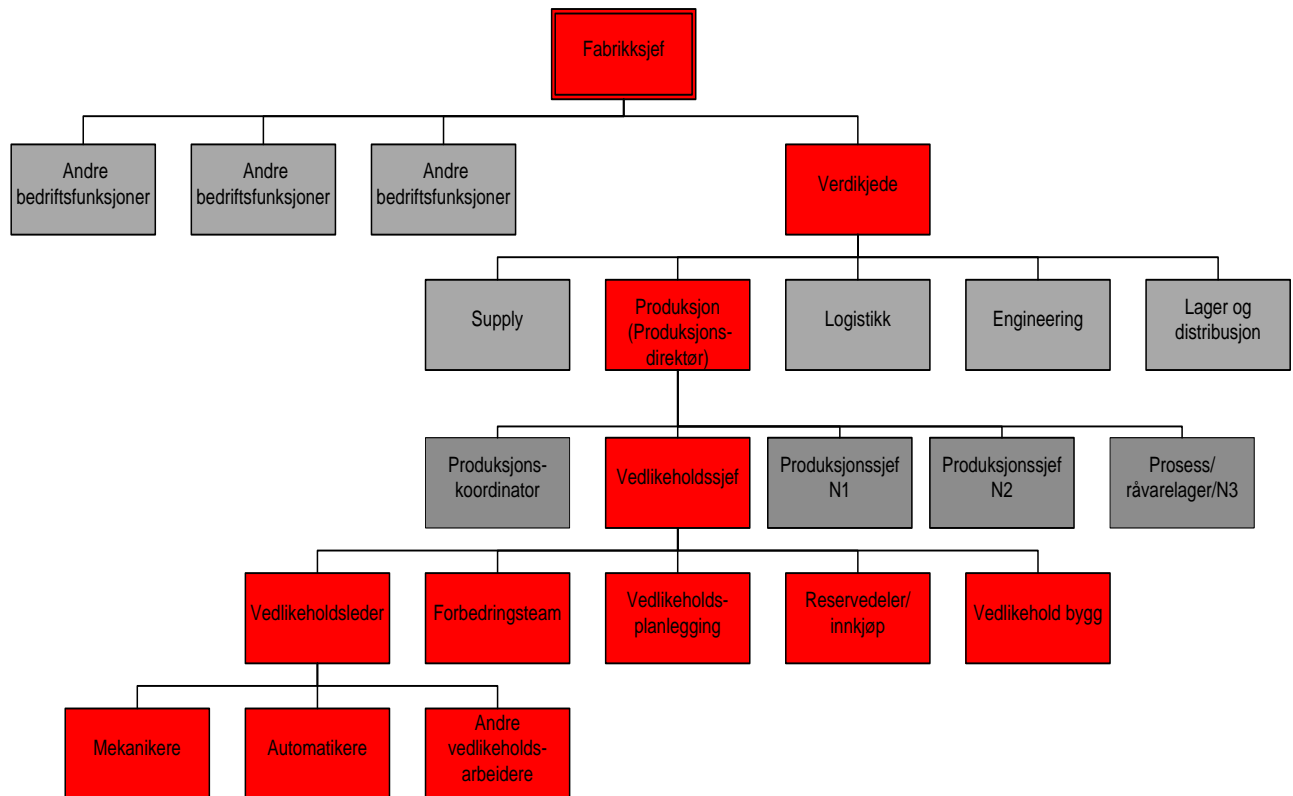
Den hierarkiske oppbygningen av vedlikeholdsorganisasjonen per mars 2010 er vist i Figur 4 (Kjensbekk, 2010c)



Figur 4 Vedlikeholdsorganisasjon CCD mars 2010

En annen faktor å ta i betraktning når det gjelder organisering av vedlikehold er rapporteringsstrukturen oppover i systemet. I CCD benyttes en såkalt produksjonssentrisk modell. Dette innebærer at vedlikeholdsressursene er underlagt produksjonsavdelingen og vedlikeholdssjefen rapporterer til produksjonsdirektør (Wireman, 2005). Wireman (2005) påpeker noen potensielle utfordringer ved en slik organisering. For eksempel kan mangel på teknisk innsikt hos overordnede i produksjonsavdelingen føre til at vedlikeholdsressurser benyttes på en lite effektiv måte (prioriterer feil vedlikeholdsoppgaver på grunn av for liten kjennskap til utstyret). Videre kan fokuset på produksjonstall og oppnåelse av høy produksjon på kort sikt være hemmende for vedlikeholdet. Gode vedlikeholdsrutiner ofres ofte for å oppnå produksjonsmål. Vedlikeholdet kan få en rolle hvor man bedriver ”brannslukking” og ”raske utbedringer” for å få produksjonen opp å gå hurtigst mulig, uten å fokusere på langsiktige effekter. En faktor som utpekes som viktig får å oppnå suksessfull vedlikeholdsstyring med en slik organisering er at også produksjonsledelsen fokuserer på, og måles etter ting som livssyklus-kostnader på utstyr og tilgjengelighet på produksjonsressursene.

I figur 5 vises den produksjonssentriske organiseringen av vedlikehold ved CCD (CCD, 2010). Figuren inkluderer også en oversikt over den nye og mer sentraliserte vedlikeholdsorganisasjonen.



Figur 5 Produksjonssentrisk rapporteringsstruktur m/organisering av vedlikeholdsavdeling

I ExiM-vurderingen utført 28.9.2009 scorer CCD 16 av 25 mulige poeng under modulen ”organizational structure”. Faktorer som drar opp poengsummen er bruk av en egen vedlikeholdsplanlegger, samt godt samarbeid mellom vedlikeholdsorganisasjonen og produksjons- og kvalitetsavdelinger. Det finnes et forbedringspotensial når det gjelder innføring av klar ansvarsfordeling mellom produksjon og vedlikehold. I tillegg til bør nødvendig kunnskaps- og ferdighetsnivå både for gitte vedlikeholdsoperasjoner og for organisasjonen som helhet analyseres og dokumenteres.

### 5.1.5 Planlegging av vedlikehold

Ved CCD er det som nevnt ovenfor en egen vedlikeholdsplanlegger som har ansvaret for planlegging av vedlikeholdet. Dette innebærer både tidsplanlegging (scheduling) og ressursplanlegging (planning). CCD krever at vedlikeholdsorganisasjonen ved alle tapperier skal ha en egen vedlikeholdsplanlegger da de legger stor vekt på at vedlikeholdet skal dreies i mer preventiv/proaktiv retning (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Per i dag blir vedlikeholdsplanleggingen i stor grad basert på anbefalinger fra leverandører, samt erfaringsdata fra eget vedlikehold (Vedlikeholdsplanlegger CCD, 2010). Vedlikeholdsplanlegger benytter dataprogrammet Datastream (MP2) i sine daglige gjøremål (se avsnitt 5.1.6).

I ExiM-vurdering v/5 (Kjensbekk and Fuglesang, 2009) blir modulen ”planning and scheduling” gitt 38 av 45 mulig poeng, noe som indikerer at planleggingsrutinene ved CCD er gode. Arbeidsordre planlegges i stor grad både med tanke på innhold og tid for gjennomføring. Informasjon om utførte arbeidsordre rapporteres og dokumenteres, men det er noe forbedringspotensial da rapporteringsgraden kan variere noe fra person til person. Videre kommer det frem at det er et behov for å formalisere mulighetene operatører har for å rapportere om feil/problemer eller potensielle forbedringsmuligheter.

## 5.1.5.1 RCM

Som nevnt ovenfor er det en målsetning for vedlikeholdsorganisasjonen å dreie vedlikeholdet i en mer preventiv retning. Et viktig ledd i en slik prosess vil naturligvis være fastsettelse av preventive vedlikeholdsrutiner for utstyret i produksjonsanlegget. En naturlig konsekvens av ønsket om å optimalisere vedlikehold er et ønske om at alt utstyr og maskiner skal vedlikeholdes på en hensiktsmessig måte. Dette kan oppnås gjennom bruk av et konsept kalt ”Reliability Centered Maintenance” (RCM). I følge Moubray (Moubray, 1997) er RCM

“en prosess brukt for å bestemme hva som må gjøres for at en gitt gjenstand skal fortsette å gjøre det dens bruker ønsker at den skal gjøre i den nåværende driftskonteksten.”

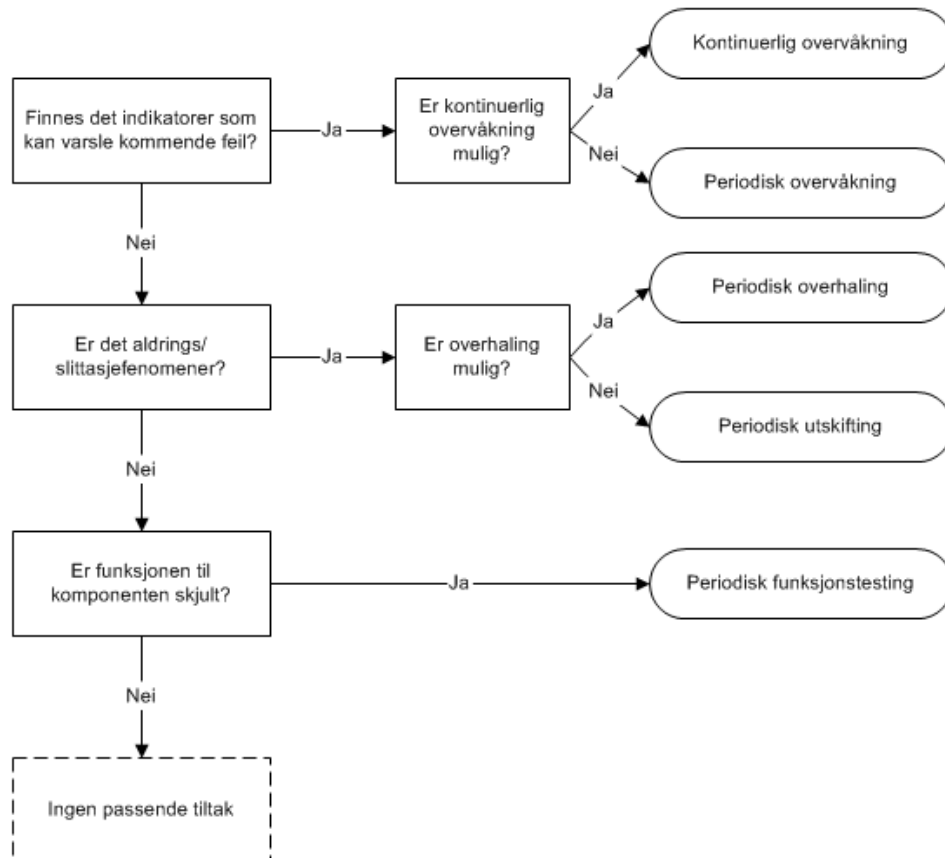
Dette er en vid definisjon som kort sagt sier at RCM er et konsept som går ut på å identifisere nødvendige vedlikeholdsoppgaver/rutiner for at en gjenstand skal fortsette å fungere i henhold til funksjonelle krav. RCM finner de mest hensiktsmessige vedlikeholdsrutinene basert på karakteristikker ved utstyret, samt utstyrets kritikalitet i forhold til produksjonssystemet som helhet.

Mourbray (1997) sier at RCM innebærer å stille og finne svar på sju grunnleggende spørsmål om systemet som betraktes:

- Hva er funksjonene og de relaterte ytelseskravene til utstyret i dets nåværende operasjonskontekst?
- På hvilke måter oppstår funksjonssvikt?
- Hva forårsaker hver funksjonssvikt?
- Hva skjer når hver feil inntreffer?
- På hvilken måte påvirker en feil systemet?
- Hva kan gjøres for å forutse og/eller forhindre hver feil?
- Hva bør gjøres hvis en passende proaktiv rutine ikke kan identifiseres?

Hos CCD ønskes det å innføre en mer RCM-basert vedlikeholdsstyring og følgende RCM-beslutningsmatrise (Figur 6) skal benyttes for bestemmelse av vedlikeholdsrutiner for gjenstandene som vedlikeholdes(Kjensbekk):





Figur 6 RCM-beslutningsmatrise CCD

I tillegg har vedlikeholdssjef deltatt på kurs/opplæring i RCM-basert vedlikehold i regi av Norsk Forening for Vedlikehold (Vedlikeholdssjef CCD, 2010), samt begynt arbeidet med å utføre kritikalitetsanalyser på utstyr og systemer i produksjonssystemet. Dette vil på sikt føre til en ytterligere forbedring i planleggingen av vedlikehold ved CCD. Olszewski (Olszewski) påpeker betydningen av bruk av et godt CMMS (Computerized Maintenance Management System) både for vedlikeholdsplanlegging generelt og for RCM-analyser spesielt. Dette vil naturligvis også være et uvurderlig verktøy for vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD hvis arbeidet med å introdusere RCM skal lykkes.

### 5.1.6 CMMS (Computerized Maintenance Management System)

Et CMMS er et integrert sett av dataprogram og filer utviklet for å gi brukerne en kostnadseffektiv måte å styre vedlikeholdet (Cato and Keith Mobley, 2002b). I følge Rolstadås (Rolstadås et al., 1999) har et CMMS to hovedfunksjoner:

”*Administrasjon av data:* Fungere som et effektivt verktøy som muliggjør, forenkler og rasjonaliserer administrasjonen av informasjon og data i vedlikeholdet, samt å gjøre dataflyt i vedlikeholdsarbeidet enkel og sikker.”

”*Vedlikeholdsstøtte/ beslutningsstøtte:* Støtte organisasjonen i arbeidet med bearbeiding og bruk av tilgjengelig informasjon. Dette bidrar til å nå målene for tilgjengelighet, sikkerhet og kvalitet innenfor de gitte økonomiske rammer.”

Det er liten tvil om at et velfungerende CMMS er en uunnværlig ressurs i ethvert moderne vedlikeholdskonsept. CCD benytter et CMMS kalt MP2 (Datastream) i vedlikeholdsstyringen. Cato og Mobley (Cato and Keith Mobley, 2002b) beskriver noen av de viktigste databasene, funksjonene og

bruksområdene i et CMMS. Under blir de viktigste av disse beskrevet sammen med en gjennomgang av utnyttelsen av Datastram hos CCD.

## *5.1.6.1 Hierarkisk oversikt over utstyr og deler*

En oversikt over alt utstyr som skal vedlikeholdes er normalt en av de første databasene som opprettes i et CMMS. Dette er nødvendig da arbeidsordre normalt skrives opp mot en slik database. Sortering av utstyret i en hierarkisk struktur er ikke strengt nødvendig, men som Cato og Mobley (2002b) påpeker kan dette ha mange fordeler. Blant disse er enklere kostnadsallokering og muligheten til å se og analysere en gjenstands plassering og kritikalitet i produksjonssystemet.

Videre kan det opprettes en mer detaljert deleoversikt som gir informasjon om hvilke komponenter en maskin eller et utstyr består av. Dette kan være en fordel da planlegger enkelt kan velge deler fra denne oversikten og føre dem på arbeidsordre slik at disse blir mer fullstendige (Cato and Keith Mobley, 2002b). En annen fordel med en slik deleoversikt er at man enkelt kan lokalisere komponenter/deler som benyttes flere steder i produksjonsanlegget. Dette kan føre til bedre reservedelsplanlegging og muligheter for å ”låne” komponenter fra mindre kritisk utstyr i krisesituasjoner.

CCD har en hierarkisk oversikt over maskiner og delsystemer integrert i MP2 (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Denne brukes i både generering av arbeidsordre og i rapportering da disse dokumentene føres opp mot utstyrsdatabasen ved bruk av koder for de ulike maskinene og utstyret.

## *5.1.6.2 Oversikt over reservedeler*

En CMMS bør inneholde en oversikt over reservedeler til bruk i vedlikeholdet. Databasen bør ifølge inneholde informasjon om delene som produktkarakteristikker, bruksinformasjon, leverandør-/leveringsinformasjon, i tillegg til nåværende antall på lager. Informasjonen kan benyttes til å beregne optimale lagerbeholdninger, bestillingspunkt og ideelt sett generere automatiske bestillingsordre (Cato and Keith Mobley, 2002b)

CCD har ikke en oversikt over reservedeler på lager lagt inn i sitt CMMS. En slik oversikt finnes dog i SAP, og her oppdateres lagerbeholdninger ved hjelp av rullerende tellinger i tillegg til manuelle inntaks- og uttaksregistreringer (Innkjøpsansvarlig vedlikehold CCD, 2010). Det er en prioritet i vedlikeholdsorganisasjonen å opprette register over reservedeler i MP2, noe som vil øke utbyttet av dette systemet, samt lette vedlikeholdsplanleggingen.

## *5.1.6.3 Vedlikeholdsplanlegging*

Et CMMS representerer et meget godt verktøy for optimalisering av vedlikehold på grunn av dets evne til å lagre og analysere enorme mengder data og presentere informasjon på en oversiktlig måte. Vedlikeholdsplaner basert på data/informasjon i systemet kan genereres enten manuelt eller automatisk, noe som letter arbeidet med planlegging av vedlikeholdsoperasjoner.

Som nevnt i avsnitt 5.1.5 er MP2 vedlikeholdsplanleggerens viktigste arbeidsverktøy. Forebyggende vedlikehold er stort sett periodisk. I systemet ligger omtrent 650 arbeidsordre som gjentar seg med fast tidsintervaller (Vedlikeholdsplanlegger CCD, 2010). Intervallene er som nevnt ovenfor i stor grad basert på leverandøranbefaling, men disse justeres manuelt av vedlikeholdsplanlegger hvis det er behov for dette. Verdt å merke seg er at endring av vedlikeholdsintervaller ofte baseres på kvalitative vurderinger og ikke på strukturerte analyser.

## *5.1.6.4 Arbeidsordre*

En viktig funksjon i ethvert CMMS er muligheten for å generere arbeidsordre på en enkel og effektiv måte, noe som forenkler arbeidet for vedlikeholdsplanlegger i stor grad. Wilson (TODO kilde) stadfester

at et CMMS kan generere konsistente, utskrevne dokumenter som inneholder instruksjoner, delelister, arbeidstillatelser, tidspunkt for gjennomføring, ansvarlig personell og lignende.

En arbeidsordre blir hos CCD generert på en av to måter.

- Vedlikeholdsplanlegger oppretter preventiv jobb basert på leverandøranbefalinger/erfaringsdata.
- Andre ansatte sender en arbeidsanmodning som blir godkjent av vedlikeholdsplanlegger. Vedlikeholdspersonell kan anmode om arbeidsordre enten gjennom pålogging i MP2 på en vanlig datamaskin eller gjennom håndholdte PDA-enheter.

En arbeidsordre inneholder som regel en enkel oppgavebeskrivelse, planlagt ressursbruk (tid/personell) samt tidspunkt for gjennomføring. Kun et fåtall inneholder en detaljert instruksjon eller oversikt over nødvendige reservedeler og utstyr (Vedlikeholdsplanlegger CCD, 2010)

### 5.1.6.5 Vedlikeholdsdata

Lagring av vedlikeholdsdata er en også nødvendig for optimal utnyttelse av et CMMS. Informasjon som kan lagres inkluderer informasjon om svikt og feil som varighet, reparasjonskostnader og reservedeler benyttet. I bunn og grunn bør all relevant informasjon relatert til drift og vedlikehold av produksjonsanlegget inkorporeres i datasystemet. Informasjon og data som legges inn i systemet kan benyttes i analyse og beregninger av for eksempel nedetidskurver, feilfrekvenser, MDT og ytelseskurver (Wilson, 2002).

En av hovedutfordringene knyttet til bruk av MP2 hos CCD er at mengden vedlikeholdsdata og statistikk i systemet er liten, noe som fører til begrenset utnyttelse av mulighetene som ligger i MP2.

Rapportering etter utført arbeidsordre gjøres av vedlikeholdsarbeiderne. Som nevnt ovenfor kan ansatte i vedlikeholdsorganisasjonen logge på Datastream gjennom en internettside knyttet til MP2, eller gjennom håndholdte PDA-enheter. Rapportering gjennom bruk av PDA-er skal være enkelt og effektivt, men registreringer som innebærer detaljbeskrivelser kan ta lang tid på grunn av mangel på tastatur. Dette fører til at noen arbeidsordre ikke blir rapportert inn skikkelig etter utførelse og begrenser mengden vedlikeholdsdata som legges inn i systemet.

### 5.1.6.6 Kostnadskontroll og indikatorer

Et CMMS gir mulighet til detaljert kostnadskontroll, samt utarbeidelse og presentasjon av ulike indikatorer. Kostnader kan brytes ned og systemet kan vise hvor ressurser blir allokert. Dette ikke bare viktig for kontroll av kostnader, men også for å optimalisere vedlikehold siden optimalisering enkelt sagt vil si å finne den ideelle balansen mellom vedlikeholdskostnader og fordelene som oppnås med vedlikeholdet. Videre kan ulike KPIer enkelt beregnes basert på vedlikeholdsdata i systemet. Disse KPIene kan deretter presenteres elektronisk på en oversiktlig og lettfattelig måte. Åpenbare fordeler med å presentere KPIer elektronisk er mulighetene for kontinuerlig oppdatering, og tilpassning av målene som presenteres, samt tilgang til indikatorene overalt gjennom internettløsninger.

De får da opp informasjon om status på de ulike KPIene som måles gjennom et dashboard. I tillegg vises aktive arbeidsordre. For de ansatte vil daglig bruk av MP2 i stor grad handle om å hente informasjon om arbeid som skal utføres (arbeidsordre) og rapportere utført arbeid.

Muligheten for måling og kontroll av vedlikeholdsfunksjonen i MP2 utnyttes i liten grad ved CCD. Som nevnt ovenfor er ikke reservedeler registrert i systemet, og ulike vedlikeholdskostnader registreres ikke. Det legges heller ikke inn et vedlikeholdsbudsjett i systemet, noe som gjør at KPIer som krever

sammenligning av faktiske kostnader og budsjett ikke kan beregnes. Systemet beregner allikevel noen KPIer som vises for brukere ved pålogging. Disse er dog ikke korrekte ifølge vedlikeholdssjef (Vedlikeholdssjef CCD, 2010) Dette på grunn av ufullstendig datagrunnlag i systemet. Bruk av KPIer i vedlikeholdsorganisasjonen er mer ytterligere diskutert i avsnitt 5.1.8

Status for bruk av CMMS hos CCD er karakter 3 av 5 (Kjensbekk and Fuglesang, 2009). De mulige forbedringsområdene er allerede omtalt ovenfor og består i stor grad av å utvide bruksområdet samt å oppdatere systemet med ytterligere data og statistikk.

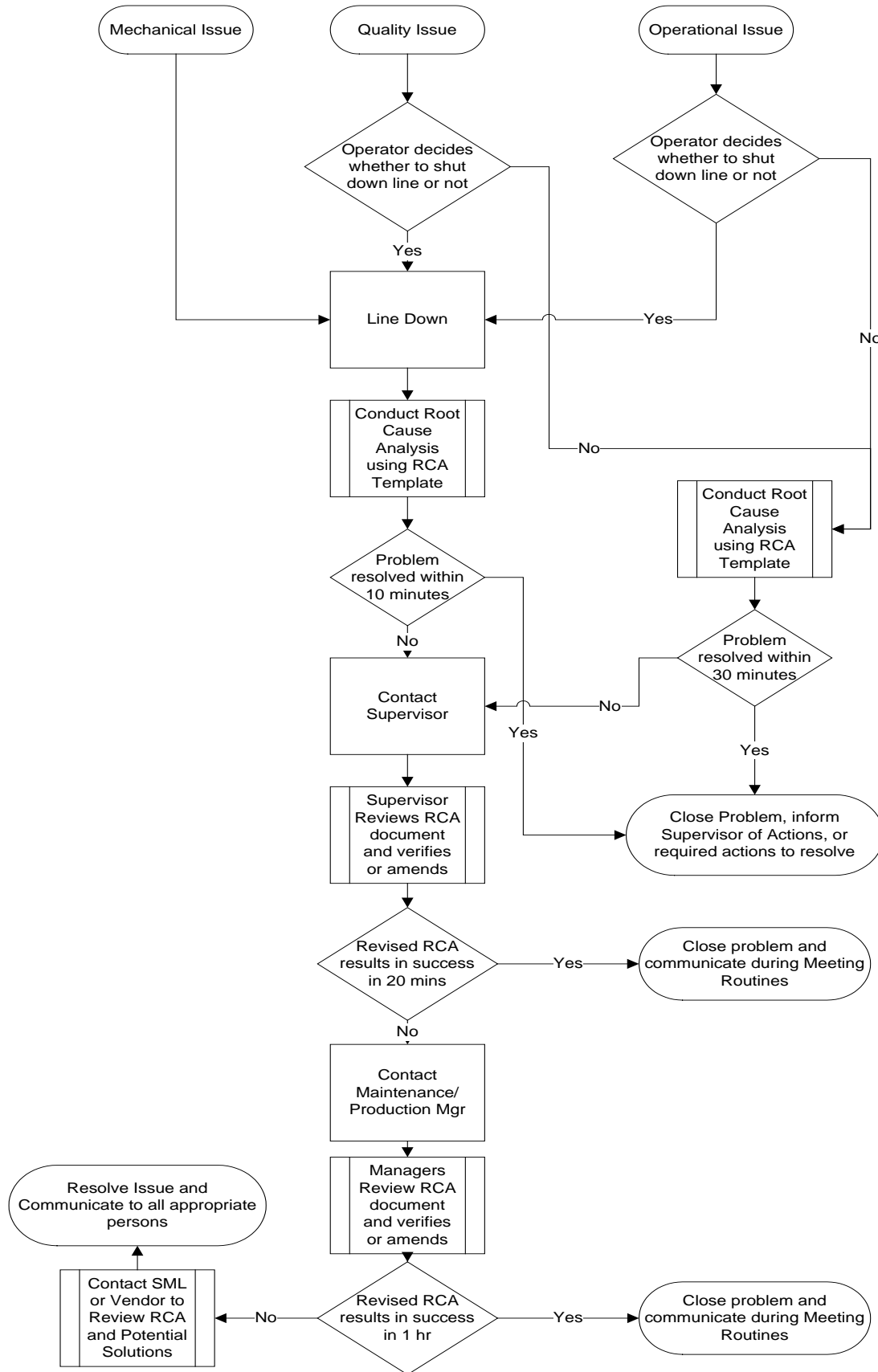
## 5.1.7 RCA (Rotårsaksanalyse)

CCD har fokus på forbedringer og et viktig verktøy for å oppnå dette er feilanalyser. Rotårsaksanalyse går enkelt sagt ut på å identifisere og eliminere de bakenforliggende årsakene til feil/uønskede hendelser. Mer utfyllende teori angående rotårsaksanalyse presenteres i avsnitt 7

Per i dag finnes det flere ulike RCA-prosedyrer hos CCD. Disse består av ulike metoder og bruksområdene og dybden av analysene varierer. Man kan i hovedsak skille mellom enkle, raske analyser som skal utføres på stedet av operatører og dypere analyser som utføres på høyere nivå i organisasjonen. Prosedyren for RCA ”på linjen” er gitt i Figur 7 (Kjensbekk, 2010a):







Figur 7 Line Stop and Call Process Flow

Som det fremgår av dette flytskjemaet er det her snakk om meget kortfattede feilanalyser som utføres av operatørene selv eller av en overordnet i produksjonsavdelingen. Hensikten er å raskt finne ut hva som forårsaker de symptomene på feil som blir observert for så å utbedre disse hvis det er mulig. Fokuset ligger på å utbedre feil hurtig slik at linjen kan gjenoppta produksjonen. Til hjelp i analysen kan det benyttes ferdigutformede RCA-templates. Det er åpenbart at denne type feilanalyse ikke går i dybden og vil i mange tilfeller ikke avdekke de bakenforliggende årsakene til at symptomene oppstår.

For mer utfyllende rotårsaksanalyser involveres ledere i produksjons- og vedlikeholdsavdelingen, samt forbedringsteam fra vedlikehold. For hendelser som fører til maskinstopp i over to timer skal teamleder/operatør i produksjonen fylle ut et feilskjema som gir en relativt detaljert beskrivelse over hendelsen. Dette skjemaet medbringes på daglige morgenmøter og gjennomgås der av vedlikeholdssjef, produksjonssjefer og produksjonsdirektør. Et hovedelement i gjennomgangen er forsøk på bestemmelse av rotårsak(er) bak hendelsene ved hjelp av 5-why teknikken. Deretter brainstormes mulige tiltak og ansvarlige personer for å konkretisere, videreutvikle og gjennomføre disse utnevnes.

I tilfeller hvor man opplever gjentatte stopp i en maskin vil det i noen tilfeller være behov for grundigere undersøkelser av hva som forårsaker disse maskinstoppene. CCD har utviklet et registreringsverktøy (Excel-ark) som benyttes til å observere og logge alle maskinstopp i en gitt tidsperiode, for eksempel tre timer (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Alle stopper registreres med feilkode og stopptid, samt eventuelle kommentarer. På denne måten oppnår man er mer detaljert feilrapportering enn den normale stopptidsregistreringen i stopptidslogger. Etter endt periode vil verktøyet automatisk gi en oppsummering av de innsamlede data i form av både grafisk og numerisk framstilling av nedetid knyttet til ulike stoppårsaker. Denne informasjonen brukes for å bestemme rotårsaken bak stopptider.

I tillegg til overnevnte tiltak gjennomføres det kontinuerlig forbedringstiltak ledet av forbedringsteamet. I forbindelse med dette arbeidet gjennomføres det rotårsaksanalyser, men disse følger ikke en fastsatt prosedyre verken for igangsetting eller gjennomføring.

I ExiM-vurdering 28.09.2009 (Kjensbekk and Fuglesang, 2009) gis karakteren 1 til RCA-tiltak hos CCD. Dette indikerer at det finnes et betydelig forbedringspotensial når det gjelder innføring av en standardisert og formell RCA-metodikk som angir prosedyrer for både igangsetting og gjennomføring av feilanalyser. En skisse til en slik metodikk er gitt i avsnitt 7.

### 5.1.8 Dashboards og KPIer

Vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD benytter et sett av KPIer for å måle egen prestasjon/ytelse. Disse KPIene er hovedsaklig hentet fra "Supply Chain Metrics Handbook" (The Coca Cola Company) som er et dokument utviklet av CCC for eget bruk og for bruk hos deres partnere. KPIene som benyttes i vedlikeholdsavdelingen er (Vedlikeholdssjef CCD, 2010):

- Vedlikeholdskostnad per kasse produsert
- Andel arbeidsordre fullført som planlagt
- Andel forbyggende vedlikehold av totalt utført vedlikehold
- Tid (andel) brukt på opplæring/trening
- Overholdelse av vedlikeholdsbudsjett

Beregningene av KPIer skjer ved at vedlikeholdssjef importerer data fra Datastream til Excel og beregner deretter verdiene. I prinsippet skal Datastream automatisk beregne og presentere utvalgte KPIer, men dette blir ikke praktisert i dag og KPIene som vises i Datastream er som nevnt i avsnitt 5.1.6.6 ikke korrekte. Dette skyldes i stor grad ufullstendig data i CMMS.

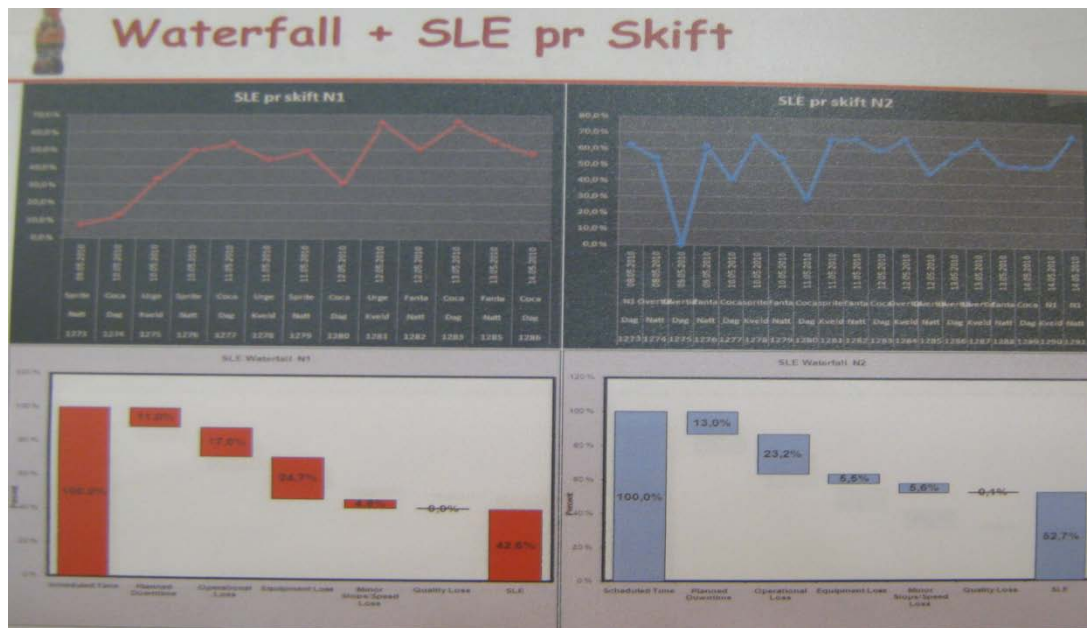
I tillegg til de nevnte KPIer måles også vedlikeholdsavdelingen ut fra effektivitetsmålet SLE som er brukt for å måle produksjonsanleggets effektivitet. SLE kan sammenlignes med effektivitetsmålet OEE som er produktet av et produksjonssystemets tilgjengelighet, ytelse og andelen "gode" produkter (kvalitet) (Koch, 2003):

$$OEE = \text{Tilgjengelighet} \cdot \text{Ytelse} \cdot \text{Kvalitet}$$

SLE måles dog på en noe annen måte da målet baserer seg på faktisk produsert antall flasker i forhold til teoretisk antall flasker mulig å produsere. I følge produksjonskoordinator ved CCD beregnes SLE som (Triggs, 2009):

$$SLE = \frac{\text{Antall flasker produsert}}{\text{Teoretisk antall produsert}}$$

SLE-resultater presenteres ved hjelp av produksjonstavler i produksjonsområdet. Tallene oppdateres manuelt av linjeledere og viser SLE time for time sammen med årsaker for redusert SLE. Sammen med dette presenteres grafer som viser SLE per skift og utvikling av denne over tid. Disse grafene fremstilles av produksjonssjefer og presenteres på papir. Figur 8 viser en slik SLE-oversikt.



Figur 8 SLE-dashboard

Ved forrige ExiM-vurdering ble punktet scorecard/dashboard under modulen ”measures” gitt karakteren 1 (dårligste karakter) i gjennomgangen (Kjensbekk and Fuglesang, 2009). Dette skyldes i stor grad at selv om KPIer blir beregnet blir de i liten grad brukt i den daglige styringen av vedlikehold. Presentasjonen av KPIer skjer på tavler som oppdateres manuelt med utskrevne grafer og nøkkeltall. CCD har derfor et forbedringspotensial i å synliggjøre KPIene bedre, samt ta disse i bruk i større grad i vedlikeholdsstyringen.

I nærmeste fremtid er det planlagt installasjon av elektroniske informasjonstavler som skal vise momentanhastighet i produksjonen (telling ved hjelp av fotocelle plassert etter etikettmaskin), antall flasker produsert per skift og antall flasker produsert per døgn (Forbedringsteam CCD, 2010). Informasjonstavlene skal henges i produksjonsområdet.

### 5.1.9 5S

5S er en del av en såkalt ”Lean” produksjonsfilosofi. ”Lean manufacturing” ser på absolutt alt som teoretisk sett ikke er strengt nødvendig i verdiskapningsprosessen som unødvendigheter/sløsing. Det vil si at alle faktorer som medfører kostnader uten å føre til verdiskapning blir sett på som sløsing. 5S er et verktøy for organisering og systematisering av arbeidsplassen. Tanken om at en ren, oversiktlig, standardisert og optimalt organisert arbeidsplass er helt nødvendig for å oppnå høye effektivitet står sentralt i 5S tankegangen. Bakgrunnen for navne 5S er at verktøyet baserer seg på følgende 5 prinsipper:

- Sortere (sort)
- Systematisere (set)
- Skinne (shine)
- Standardisere (standardize)
- Sikre (sustain)

Fokus på 5S er viktig i CCD og innføring av 5S har prioritet både i vedlikeholdsorganisasjonen og produksjonsavdelingen for øke effektiviteten i arbeidsprosessene. Innføring av 5S begynte våren 2009 og blir gjennomført stegvis med ”5S-events” hvor enkeltområder i anlegget etablerer en 5S-standard. Status per 1.juni 2010 er at 5S-tiltak er gjennomført i blant annet råvarelager og verksteder, mens selve produksjonsområde gjenstår. Det er planlagt ytterligere 5S-tiltak som gjennomføres i løpet av juni 2010.

Til tross for at fremgangsmåten med enkeltstående ”5S-dager” kan bidra til å skape oppmerksomhet og positivitet rundt 5S-satsingen er det viktig å være bevisst på at innføring av 5S-filosofien ikke er gjort over natten. Tiltak må følges opp og opplæring/motivering av berørte personer må gjennomføres slik at mentaliteten og tankegangen bak 5S blir en del av holdningene i CCD. Uten oppfølging og kontinuerlig fokus på 5S kan enkelttiltak risikere å bli kun ”ryddesjauer”, og folk vil falle tilbake til gamle ”synder” relativt fort.

Under seneste ExiM-vurdering (Kjensbekk and Fuglesang, 2009) ble karakteren 2 gitt til 5S under modulen ”Basic Equipment Care”. Det er som nevnt gjennomført tiltak på deler av anlegget og forbedringspotensialet ligger hovedsakelig i å utvide dette til å omfatte også produksjons- og lagerområder, samt innarbeiding av en ”5S-kultur” i hele CCD-organisasjonen.

Figur 9 viser 5S i praksis hos CCD. På råvarelageret finner man tydelig merket verktøy og rapporteringslister, samt en oversikt over ulike etiketters palleplassering.



Figur 9 5S i praksis



## 6 Dashboards og indikatorer

Bruk av KPIer og dashboards i vedlikeholdsstyringen hos CCD er beskrevet i avsnitt 5.1.8. I dette kapittelet vil noen av fordelene med aktiv bruk av KPIer i vedlikeholdsstyring, samt muligheter og idéer for å presentere sentrale KPIer ved hjelp av dashboards bli diskutert.

### 6.1 KPIer

I standarden "Maintenance Key Performance Indicators" (CEN, 2005) utpekes følgende bruksområder for KPIer

- Måling av status
- Benchmarking (både internt og eksternt)
- Diagnostisering (analyse av styrker og svakheter)
- Identifisering av målsetninger
- Planlegging av forbedringstiltak
- Kontinuerlig måling av endringer over tid

Bruk av KPIer i styring av prosesser blir mer og mer utbredt for å sikre optimalisering og fokus på de rette områdene. Blant fordelene med bruk av KPIer kan nevnes motivasjon av ansatte, "early warning" om prosesser som er ute av kontroll, trending som kan vise utvikling over tid, samt gi beslutningsstøtte i forbedringsarbeid (Andersen and Fagerhaug, 2002).

#### 6.1.1 KPIer hos CCD

KPI brukt i vedlikeholdsstyringen hos CCD er angitt i avsnitt 5.1.8. Vedlikeholdskostnad per kasse er et særegent mål brukt ved alle CCC-tapperier og måling av kostnader per kasse går også igjen i flere avdelinger hos CCD (for eksempel transportkostnad per kasse) (The Coca Cola Company). De øvrige KPIene som benyttes er vanlige KPIer for vedlikehold og kan finnes i standarden EN 15341 (CEN, 2005). Bruk av disse bør videreføres da de dekker sentrale satsningsområder for CCD (overgang til et mer proaktivt vedlikehold o.l.).

Det bemerkes dog at man ikke har KPIer som dekker områdene 5S eller RCA. Når det gjelder 5S bør det innføres et formelt karaktersetningssystem og det bør gjennomføres "audits" på regelmessig basis (for eksempel månedlig). En oppsummering av disse "auditene" bør danne basis for en 5S-KPI som bør inkluderes i vedlikeholdsstyringen på lik linje med øvrige KPIer.

For RCA kan det inkluderes såkalte "topp-5" lister over de feiltypene som forårsaker mest nedetid på linjen. Dette kan benyttes både til utvelgelse av problemer som krever årsaksanalyser, men også for å registrere effekten av RCA da slike analyser vil føre til at problemer elimineres fra listen.

Når det gjelder effektivitetsmålet SLE har dette både gode og dårlige sider. Positivt ved dette målet er at man får et nøyaktig bilde på hvor effektivt hele produksjonssystemet fungerer da dette som nevnt er et mål på hva som faktisk kommer ut av produksjonssystemet i forhold til hva som teoretisk *kan* ha kommet ut. Ulempen ved målet er at det er lite ”gjennomsiktig” da man i tilfeller hvor man oppnår lav SLE kun kan observere at *noe* er galt, men ikke *hva* som er galt. For det første er man nødt til å analysere datagrunnlaget for å identifisere hvilket ledd (maskin) i produksjonskjeden som forårsaker tapene. Deretter må man gjøre ytterligere analyser for å fastslå om tapene er knyttet til tilgjengelighet (stoppetid), ytelse (reduert hastighet) eller kvalitet (høyt utkast av dårlige produkter). Forfatteren er inneforstått med at SLE er et mål som er pålagt CCD fra høyere organer og brukes til å sammenligne produksjonen ved ulike tapperier, så fjerning av SLE som produksjonsmål er ikke et aktuelt alternativ. Det påpekes allikevel at synliggjøring av datagrunnlaget som ligger til grunn for SLE kan bli enda tydeligere, og dette grunnlaget bør også brukes som beslutningsstøtte i vedlikeholdsstyringen fremfor å kun støtte seg på SLE-verdien for linjene.

Når det gjelder innsamling av data og beregning av KPIer bør dette skje i CCDs CMMS. Til tross for at det vil kreve en del ressursbruk i implementeringsfasen vil fordelene på lang sikt uten tvil veie opp for dette.

## 6.2 Dashboard

Det finnes mange gode grunner for å ta i bruk dashboards i produksjons- og vedlikeholdsstyring. For det første er man nødt til å måle flere enn en KPI for å få et helhetlig bilde av status i en prosess. Dashboards er en god måte å presentere de viktigste av KPIene som måles på en oversiktlig og lettfattelig måte.

Det finnes mange ulike varianter av dashboards, men man det er allikevel noen klare valg man må ta når man skal utvikle et dashboard. Blant disse er (Andersen and Fagerhaug, 2002):

- Papirbasert eller elektronisk
- Direkte presentasjon av utvalgte KPIer eller tillate brukere å velge hvilke KPIer de vil se
- Kontinuerlig oppdatering eller oppdatering ved faste tidsintervall

Til tross for at dashboards er en god måte å presentere informasjon til brukere på er det viktig å ha noen klare retningslinjer i bakhodet når man skal utforme et slik dashboard. Andersen og Fagerhaug (2002) lister følgende ”regler” som bør følges i utviklingen:

- Dashboardet bør maksimalt vise sju indikatorer samtidig da mennesker har vanskelig for å oppfatte og ta til seg mer en sju visuelle elementer på en gang.
- Det bør vies mest oppmerksomhet til sentrale KPIer og disse bør plasseres midt på dashboardet.
- Illustrasjoner, grafer og bilder bør benyttes fremfor tekstbasert informasjon
- Informasjonen bør presenteres enklest mulig (”fancy” og overdådige presentasjoner tar ofte fokus vekk fra det som skal formidles)
- Trendkurver bør inkluderes for å vise utvikling over tid

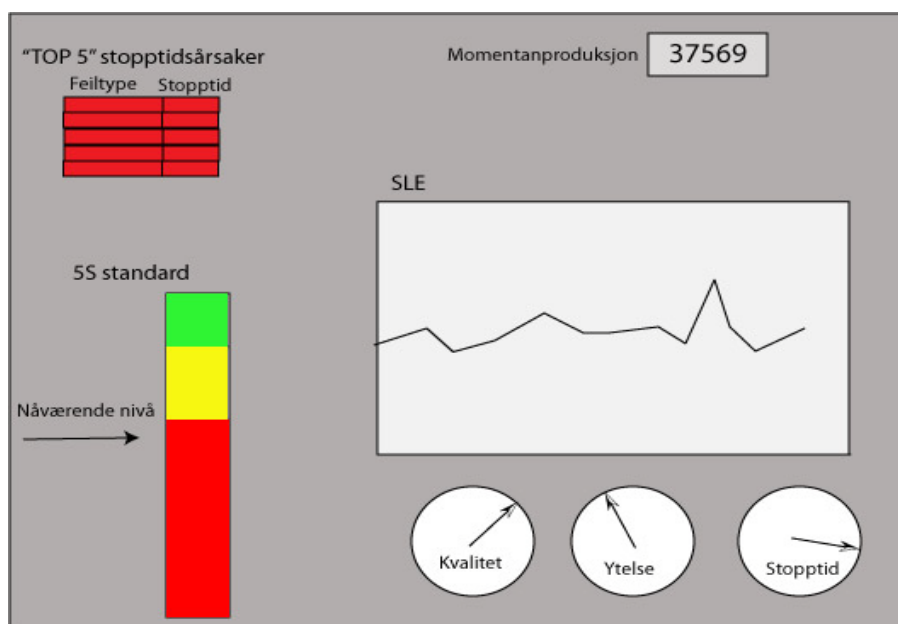
En åpenbar fordel med bruk av dashboards er at brukere blir klar over hvilke indikatorer som faktisk måles og som det legges vekt på fra ledelsen. Det er en naturlig reaksjon å legge mer vekt på arbeid som kan påvirke KPIer og bevisstgjøring på disse prosessene er derfor viktig. Videre vil dashboards ofte ha en motiverende effekt og kan gi involvert personer en større følelse av eierskap til prosessene som måles. I mange tilfeller vil introduisering av dashboards føre til forbedringer selv uten andre forbedringstiltak da bevisstgjøring og motivasjon fører til at en ekstra innsats blir lagt i de viktige prosessene. I tillegg vil et

dashboard understreke at ledelsen vektlegger forbedring og KPIer, noe som kan virke motiverende i seg selv.

### 6.2.1 Dashboards hos CCD

Som angitt i avsnitt 5.1.8 finnes det et forbedringspotensial når det gjelder aktiv bruk av dashboards i vedlikeholdsstyringen. Dette avsnittet vil angi et forslag til et nytt dashboard som kunne vært tatt i bruk ved CCD.

I avsnitt 6.1.1 diskuteres KPIer hos CCD og det er naturlig at det er disse som i hovedsak bør presenteres på en dashboard til bruk i vedlikeholdsstyringen. I Figur 10 vises en skisse til et fremtidig dashboard ved CCD. Det presiseres at dette kun er en skisse som viser hvordan et ideelt dashboard for bruk i vedlikeholdsstyringen kan utformes.



Figur 10 Skisse til fremtidig Dashboard

Dette dashboardet viser følgende indikatorer

- 5S-standard
- SLE
- Kvalitetsmål (andel utkast av dårlige produkter i hele produksjonslinjen)
- Ytelse
- Total stopptid på linjen
- Momentanproduksjon
- ”Top 5 stopptidsårsaker”

Da det allerede er stadfestet at datainnsamling og beregning av KPIer ideelt sett burde skje i MP2, er det naturlig at dette dashboardet er elektronisk basert. Bruk av et CMMS gir også mulighet for kontinuerlig oppdatering av indikatorene så snart oppdateringsdata er tilgjengelig.

## 7 RCA-metodikk for CCD

### 7.1 Bakgrunn

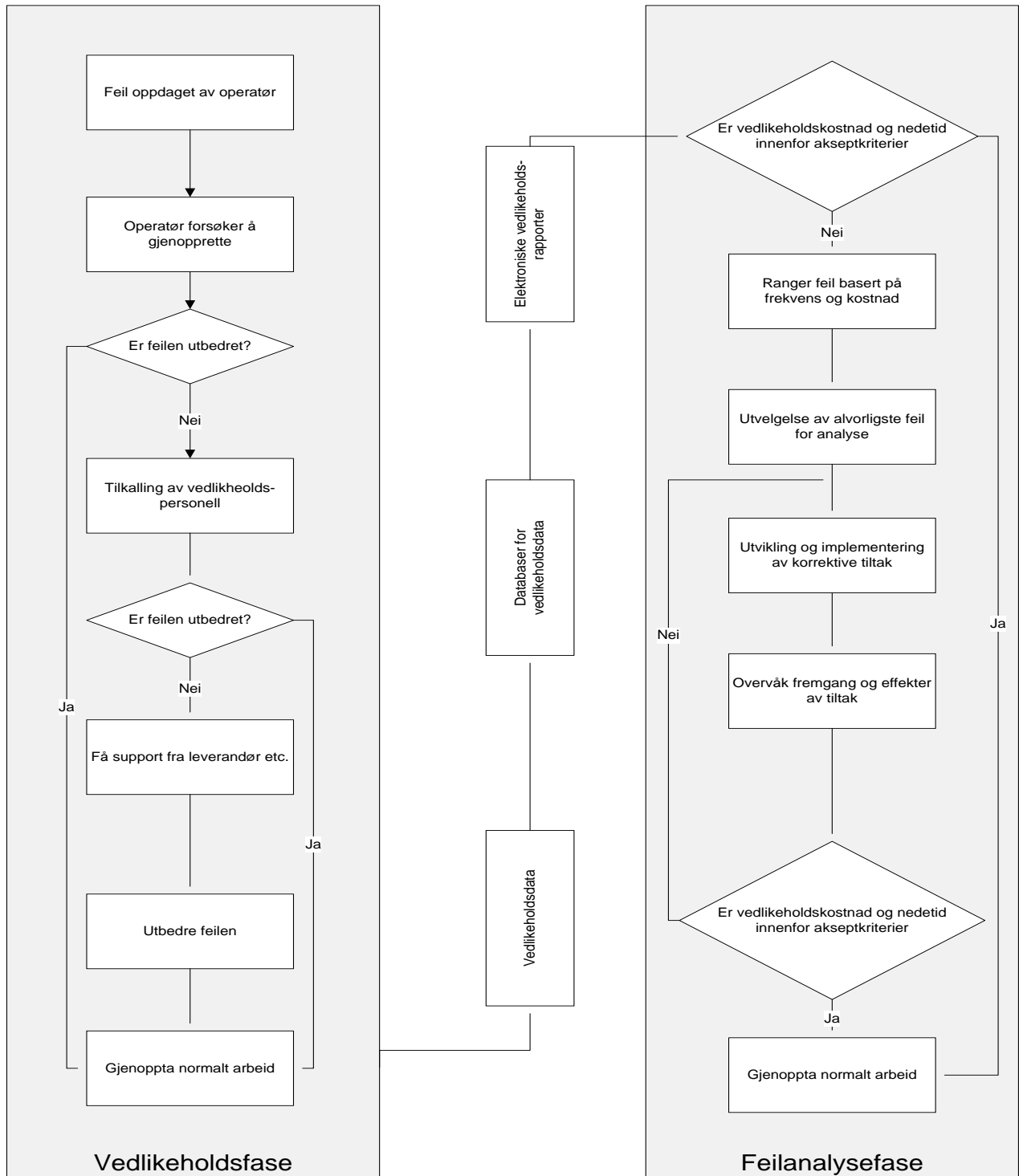
Som beskrevet i avsnitt 5.1.7 har CCD i dag to ulike rutiner for gjennomføring av rotårsaksanalyser. Disse skilles som nevnt hovedsakelig av hvilke personer som involveres, metoder som benyttes, ressurser og tidsbruk, samt dybden på analysen, og derfor også bruksområde. I dette kapitlet vil det fokuseres på en metodikk som kan benyttes for mer utfyllende rotårsaksanalyser. Det bemerkes allikevel at enkle feilanalyser utført av operatører/linjeledere kan gi gode resultater, særlig sett ut fra ressursbruk. CCD bør derfor fortsette denne satsningen gjennom opplæring av operatører i enkle analysemetoder som 5-whys og fiskebensdiagram. En annen viktig faktor er å innprente en undersøkende og analyserende holdning hos personer som er direkte involvert i driften av produksjonslinja. En kortfattet RCA trenger ikke nødvendigvis å bestå av mer en kvalifisert brainstorming, noe som gjør at oppmuntring og belønning av en kultur for feilundersøkelser og feileliminering kan ha like stor effekt som kun opplæring i RCA-metoder alene. Når dette er sagt vil en mer strukturert og formell prosess være mer effektivt for mer dyptgående analyser.

Den foreslåtte RCA-metodikken bygger i stor grad på en RCA-håndbok med tittelen ”Rotårsaksanalyse” som ble utarbeidet av forfatteren i forbindelse med fordypningsprosjektet ”Maintenance Management and RCA” (Riseng, 2009) høsten 2009. Håndboken er gitt i vedlegg (TODO) Denne håndboken gir en meget generell innføring til RCA og metoder brukt i arbeid med RCA. Metodikken utarbeidet i denne masteroppgaven vil være mer konkret og tilpasset CCD, men vil benytte en stor del av innholdet fra denne ”Rotårsaksanalyse” og kan dermed sees på som en videreføring av denne.

Grunnleggende kunnskap om rotårsaksanalyser antas som kjent i den videre presentasjonen av RCA-metodikk. Det henvises til ”Rotårsaksanalyse” (Riseng, 2009) for generell innføring i prinsipper og metoder/verktøy. I dette kapitlet vil det i hovedsak skisseres opp nødvendige prosedyrer og retningslinjer for en fremtidig RCA metodikk hos CCD.

## 7.1.1 Integrering av RCA i CMMS

Dette avsnittet vil beskrive mulighetene som ligger i å benytte CMMS i forbindelse med rotårsaksanalyser. Cato og Mobley (Cato and Keith Mobley, 2002b) påpeker at integrasjon av feilanalyser i et CMMS er et naturlig steg for å forbedre både feilanalyseprosesser og utnyttelsen av et CMMS. Dette er illustrert i Figur 11.



Figur 11 CMMS integrated failure reduction model

Figuren illustrerer at et CMMS kan være med på å danne beslutningsgrunnlag når det gjelder igangsetting av feilanalyser, og at feilanalyser bør kobles sammen med selve vedlikeholdsfasen gjennom bruk av CMMS. I de følgende avsnittene vil det påpekes områder hvor et CMMS kan bidra til å forenkle og forbedre ulike faser i en rotårsaksanalyse.

## 7.1.2 Faser i en rotårsaksanalyse

En rotårsaksanalyse kan grovt sett deles inn i fem steg/faser. Disse er:

- Datainnsamling
- Undersøkelse
- Utarbeidelse av korrektive tiltak
- Informere om prosess, resultater og tiltak
- Oppfølging

De neste avsnittene vil diskutere hver av disse stegene og angi føringer på hvordan de stegene bør utføres hos CCD. I tillegg gis det føringer for hvilke situasjoner/hendelser som krever at en rotårsaksanalyse skal utføres.

### 7.1.2.1 Igangsetting av rotårsaksanalyse

I avsnitt 6.1.1 ble muligheten for å inkludere feilanalyser i indikatorer for vedlikeholdsstyring diskutert. Innføres et slikt system representerer det en mulighet for at rotårsaksanalyser kan igangsettes basert på konkrete, forutbestemte kriterier. Dette er viktig for å unngå at RCA-arbeid ender opp med å være spredte og usammenhengende tiltak basert på subjektive oppfatninger om behovet for analyser.

I nevnte avsnitt foreslås det å benytte ”topp 5–lister” som rangerer registrerte feiltyper etter kumulativ stopptid og presenterer de fem som representerer mest nedetid. Kriterier for igangsetting av RCA kan enkelt knyttes til en slik liste. Det kan for eksempel gjøres ved å velge ut det mest kritiske problemet hver måned for undersøkelse gjennom en RCA. Det må da utarbeides en rapport som presenterer rotårsaker bak problemet, samt forslag til tiltak for å eliminere disse innen neste måned da et nytt problem blir valgt ut fra listen.

### 7.1.2.2 Datainnsamling

Det bør også legges klare føringer på hvilke data som skal samles inn i forbindelse med analysen. Et minstekrav bør være at det innhentes informasjon om det faktiske problemet slik at dette kan defineres klart og tydelig. Videre drifts- og vedlikeholdsdata fra CMMS studeres nøye. I tillegg er det så godt som alltid nødvendig å gjennomføre intervjuer med involverte personer som innehar førstehåndskjennskap til problemene som analyseres. I denne forbindelse kan standardiserte intervju skjemaer benyttes for å forenkle prosessen, samt for å sikre at de riktige spørsmålene blir stilt hver gang en analyse gjennomføres. Slike skjema bør legges inn i CMMSet og være lett tilgjengelig for brukere ved behov.

### 7.1.2.3 Undersøkelse

Når det gjelder selve undersøkelsesprosessen er det naturlig å benytte standardmetoder og verktøy utviklet for dette formålet. Hvilke verktøy som bør benyttes vil avhenge av situasjonen, så å binde seg til gitte verktøy i denne fasen kan virke mot sin hensikt. Det bør heller fokuseres på å opparbeide seg en ”verktøykasse” som inneholder ulike metodikker som har forskjellig bruksformål. Når det gjelder nærmere beskrivelse av slike metoder og verktøy henvises det til ”Rotårsaksanalyse” (Riseng, 2009).

Det bør allikevel påpekes at det er viktig å ikke ta seg vann over hodet når det kommer til utvelgelse av standardverktøy til bruk i RCA ved CCD. Er man for ambisiøs og velger kun avanserte metoder kan dette virke avskrekkende og få RCA til å fremstå som mer komplisert enn det virkelig er.



Etter utvelgelse av metoder bør det legges inn standardiserte maler og bruksbeskrivelser i CMMSet slik at dette er lett tilgjengelig til enhver tid.

#### *7.1.2.4 Utarbeidelse og implementering av korrektive tiltak*

Korrektive tiltak er naturligvis en essensiell del av en RCA da rotårsakene som identifiseres i undersøkelsen må elimineres for få bukt med det opprinnelige problemet. Det er vanskelig å angi en standardisert prosedyre for utvikling av tiltak da mulighetene for løsninger er mange og vil variere i meget stor grad fra situasjon til situasjon.

De foreslåtte tiltakene må allikevel tilfredsstillende en del universelle krav og i CCDs tilfelle bør det utvikles en sjekkliste med punkter som de potensielle tiltakene må oppfylle. Hovedpunktene i en slik sjekkliste bør være:

1. Vil det korrektive tiltaket forhindre gjentakelse av problemet?
2. Er tiltaket gjennomførbart?
3. Er tiltaket av en slik art at hovedfunksjonene fortsatt opprettholdes?
4. Er det klargjort at tiltaket ikke introduserer nye risikoer? Er den antatte risikoen knyttet til gjennomføring av tiltaket klart uttrykt? (Et viktig kriterium er at sikkerhet og pålitelighet for andre systemer ikke påvirkes av det foreslåtte tiltaket)

Disse hovedpunktene kan brytes ned i mer detaljerte krav. Sjekklisten bør gjøres elektronisk og være et obligatorisk vedlegg i alle RCA-rapporter. Til tross for at punktene kan virke åpenbare kan det allikevel være nyttig å gå igjennom foreslåtte tiltak en gang til for å forsikre seg om at de vil fungere som planlagt. Det er et faktum at det kan være meget kostnadsbesparende å identifisere eventuelle problemer eller feil med tiltakene før investeringer gjøres og tiltakene iverksettes.

#### *7.1.2.5 Informere om prosess, resultater og tiltak*

Dette er naturligvis også en viktig del av feilanalyser. CCD bør her legge fokus på å utvikle et standardisert rapporteringsskjema slik at alle analyserapporter inneholde de samme punktene. Rapporteringen bør skje elektronisk og informasjonen legges inn i databaser. På denne måten vil resultater fra tidligere undersøkelser samles og være tilgjengelige for brukere.

#### *7.1.2.6 Oppfølging*

Det vil også være viktig å formalisere rutiner for oppfølging av analyser og kontroll av iverksatte tiltak. Man bør tidsfeste kontrollpunkter og det bør lages en sjekkliste for oppfølging. En slik sjekkliste bør i det minste dokumentere effekten av iverksatte tiltak, behov for ytterligere tiltak, erfaringer som kan benyttes i senere analyser og forbedringsarbeid. Også her bør det rapporteres elektronisk da dette i meget stor grad letter databehandling og presentasjon ved senere anledninger.

## 8 RCA og vurdering av sniffer

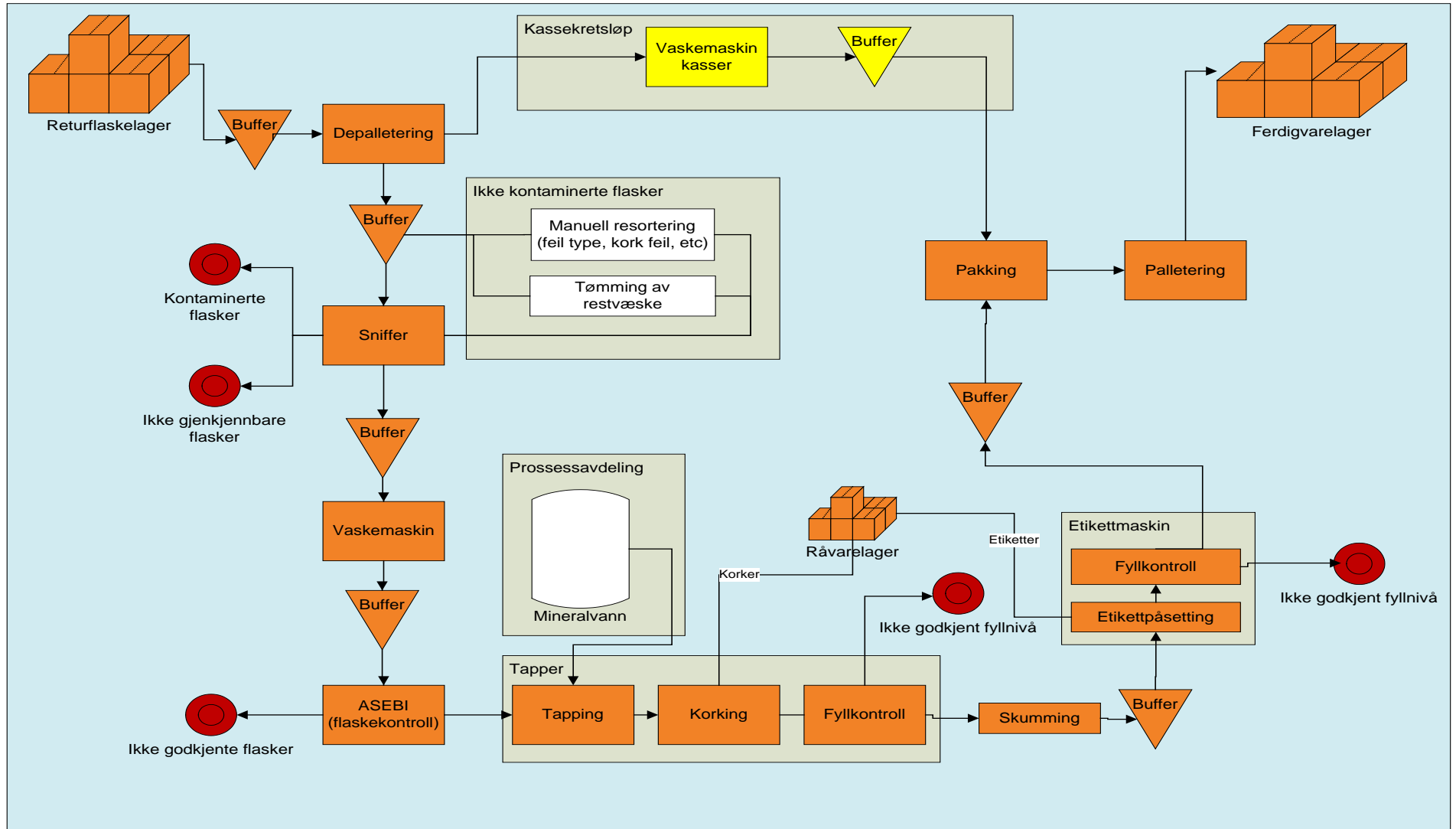
### 8.1 Presentasjon av sniffer og dens plass i produksjonssystemet

I det følgende presenteres en oversikt over produksjonssystemet ved CCD. I tillegg gis det en mer detaljert innføring i snifferens delsystemer og funksjoner. Dette vil fungere som en introduksjon til vurderingen og den påfølgende rotårsaksanalysen som er gjort for dette systemet. Bakgrunnen for dette kapitlet er at det kreves en viss kjennskap til både snifferen spesielt og produksjonssystemet generelt for å kunne sette seg inn i de problemstillinger som er relevante i forbindelse med sniffersystemet.

#### 8.1.1 Produksjonssystem hos CCD

Denne oppgaven omhandler produksjonssystemet til CCD på Robsrud i Lørenskog. Det er kun produksjon av mineralvann på 1,5L og 0,5L flasker som vil betraktes. Det vil si at annen produksjon som f.eks. BIB /Bag in Boks ikke blir omhandlet i denne rapporten. Hovedpunktene i produksjonen er fremstilling av mineralvann, godkjenning og klargjøring av returflasker for gjenbruk, samt tapping og pakking av ferdig produkt. I denne oppgaven omhandles *ikke* selve fremstillingen av mineralvann som gjøres i en egen prosessavdeling. Det vil si at mineralvannet betraktes som en råvare/ressurs som entrer produksjonen i tappeprosessen.

Opgaven vil i stor grad fokusere på snifferen, men en kortfattet presentasjon av hele produksjonssystemet er som nevnt gitt for å bedre kunne beskrive snifferen og dens funksjoner. Det produserer på to produksjonslinjer. Linjen N1 produserer 1,5 L flasker, mens linjen N2 produserer 0,5 L flasker. Linjene er i utgangspunktet relativt like med tanke på materialflyt, flaksebaner, maskiner og roboter. Det er derfor ikke funnet behov for å presentere hver linje for seg selv, og det gis heller en generell oversikt som vil gjelde for begge linjer. Under (i Figur 12) er gitt angitt et flytskjema som viser en forenklet oversikt over produksjonssystemet.



Figur 12 Flowchart produksjonslinjer CCD

Som vi ser av illustrasjonen over er materialstrømmen i produksjonen konvergerende. Med dette menes at flere komponenter/råvarer flyter sammen og danner ett produkt (Rolstadås et al., 1999).

### *8.1.1.1 Returflaskelager og depalletering*

Returflaskene (REF PET) som benyttes i produksjonen lagres i et utendørs lager etter manuell sortering. Før flaskene entrer produksjonen skal de ifølge prosedyrer for produksjonen oppbevares innendørs i 48 timer (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Dette for å motvirke faktorer som vil lede til unødvendig høyt utkast fra snifferen som for eksempel frosne eller våte flasker, kondens, etc. I tillegg benyttes også flasker som kommer direkte fra innendørs lager ved andre CCD- lagerfasiliteter.

Returflaskene lagres i kasser og disse er naturligvis stablet. Paller med returflasker blir satt på et transportbånd vha truck og ved ankomst til produksjonsområdet lastes flaskene fra kasser og på produksjonsbåndet vha en industrirobot.

### *8.1.1.2 Sniffer*

Snifferen skrur korkene av returflaskene, analyserer innholdet og skiller ut flasker som ikke kan brukes til tapping av nytt mineralvann. Snifferen er mer utførlig beskrevet i avsnitt 8.2

### *8.1.1.3 Vaskemaskin*

Godkjente flasker vaskes så grundig i en vaskemaskin som også fjerner gjenværende etiketter.

### *8.1.1.4 ASEBI- All Surface Empty Bottle Inspector*

I ASEBI-maskinen blir alle flaskene kontrollert for å sikre at de holder en gitt kvalitet. Snifferen gjør som nevnt en grovsortering og skiller ut flasker som er defekte (feil konturer) eller av feil type, mens ASEBI sjekker flaskene for slitasje og andre faktorer som kan gjøre at de ikke har ønsket kvalitet. Ved hjelp av avansert kamerateknologi sjekkes følgende 5 punkter på flaskene (Triggs, 2006a).

- Munning
- Krave
- Øvre del flaske
- Nedre del flaske
- Bunn

I tillegg skiller ASEBI ut flasker som inneholder fremmedlegemer. Flasker som ikke blir godkjent sorteres ut fra produktstrømmen.

### *8.1.1.5 Tapper*

Tapperen er som navnet tilsier punktet hvor mineralvannet fylles på flaskene. Tapperen består av tappekraner plassert på et tappehjul som står for kontinuerlig fylling av flasker. Etter fylling blir flaskene korket. Ved utgang fra tapperen blir flaskenes fyllnivå kontrollert og under-/overfylte flasker skilles ut. Tapperen anses som den viktigste maskinen i produksjonssystemet og det er tapperens kapasitet som danner grunnlaget for beregning av effektivitetsmålet SLE (se avsnitt 27). En naturlig konsekvens av CCDs målsetning om høyest mulig SLE blir derfor en målsetning om at utnyttelsen av tapperen skal være maksimal.

### *8.1.1.6 Etikettmaskin*

Etter tapping blir flaskene påsatt etiketter og gjennomgår en ny fyllkontroll (blant annet for å sjekke at flasken er tett). Fyllkontroll skjer ved at de fylte flaskene blir utsatt for vibrasjon og dermed skummer. Dette gjøres fordi eventuelle lekkasjer vil vises gjennom redusert fyllnivå ettersom at noe av innholdet

”tyter” ut når det skummer. Etter etikettpåsetting sjekkes fyllnivået og flasker som ikke har bestått ”skummingen” skilles ut.

### 8.1.1.7 Pakking, palletering og ferdigvarelager

Etter påsetting av etiketter pakkes og palleteres de ferdige produktene før de plasseres på ferdigvarelageret. Produktene pakkes på ulike måter (6-pack, kasser, 4-pack, osv), men dette vil ikke diskuteres i denne oppgaven. Pakkeprosessen vil for enkelthets skyld kun sees på som én enkelt prosess.

### 8.1.2 Kapasiteter og styring av produksjonslinjer

Kapasiteten for alle maskinene er naturligvis tatt i betraktning når produksjonslinjene ble bygget. Tapperen er maskinen med lavest kapasitet ved normal drift og denne styrer da produksjonshastigheten for hele linje. I følge OPT-konseptet (Optimized Production Technology) (Rolstadås et al., 1999) er tapperen flaskehalsen i produksjonssystemet da denne styrer produksjonstakten. Som nevnt ovenfor er derfor linjeeffektiviteten (SLE) beregnet ut fra maksimal utnyttelse av tapperen i planlagt produksjonstid.

En konsekvens av dette er at buffere, samt kapasiteter og driftshastigheter for de øvrige delsystemene i produksjonslinjen er lagt opp for å gi tapperen best mulig forutsetning for å kunne fungere ved maksimal hastighet hele tiden. Dette er helt i tråd med OPT-teori som indikerer at en flaskehals må holdes i gang for enhver pris da en time tapt i en flaskehals er en time tapt for hele produksjonsapparatet (Rolstadås et al., 1999) Dette vil i praksis si at det er store buffere før og etter tapperen. I tillegg øker maskinkapasitetene for hvert ledd man beveger seg både opp- og nedstrøms fra tapperen. Dette for å minimere stopp på tapperen som følge av enten:

- mangel på innkommende flasker
- fulle buffere nedstrøms for maskinen

I tillegg er delsystemene i produksjonslinjene koblet sammen og er regulert slik at produksjonen på hver enkelt maskin er avhengig av flyten gjennom de andre maskinene i systemet. Det vil si at produksjonshastigheten på maskinene oppstrøms for tapperen avpasser sin driftshastighet (takttid) etter driftshastigheten på tapperen, samt størrelsen på mellomliggende buffere. I praksis vil dette si at produksjonen på oppstrøms maskiner stopper opp når tapperen stopper og alle buffere før tapperen er fylt opp. Dette kan sees på som en automatisk form for JIT -/Kanbanstyring av produksjonen. Kanban går i korte trekk ut på at produksjonen styres etter sugprinsippet. Det vil si at det er etterspørselen etter en gitt ressurs/komponent i et ledd i verdikjeden som utløser produksjon av denne i leddet om ligger direkte oppstrøm for dette leddet (Rolstadås et al., 1999). Tas en flaske ut av bufferen som ligger etter en gitt maskin vil dette utløse produksjon av en ny flaske i denne maskinen.

I realiteten er det dog flere hensyn som må tas, som for eksempel problemer med gjentakende start og stopp på en maskin som slavisk etterlevelse av dette prinsippet kan føre til. Derfor er det opererer maskinene ikke slik at de alltid følger den regulerte styringen, men kanbanprinsippet er uansett gjeldene i produksjonssystemet.

### 8.1.3 Pålitelighet

Et systems struktur kan illustreres ved hjelp av et såkalt ”reliability block diagram” (RBD). Et slikt diagram viser den logiske sammenhengen av delsystemer som må fungere for at hovedsystemet skal kunne oppfylle en gitt funksjon (i CCDs tilfelle å produsere ferdige mineralvannsflasker til lager) (Rausand, 2004).

Produksjonslinjene ved CCD har en såkalt seriestructur, noe som betyr at alle delsystemene (maskinene, samt transportbånd) må fungere for at linjen skal fungere. Dette er illustrert i figuren under



Figur 13 Reliability block diagram produksjonslinje CCD

For å kunne bestemme et systems tilstand basert på tilstanden til de ulike delsystemene kan man sette opp systemets strukturfunksjon. En viktig antagelse som først må gjøres er at både systemet som helhet og alle delsystemene kun har to mulige tilstander, fungerende eller ikke fungerende (Rausand, 2004). For produksjonslinjene hos CCD kan det diskuteres om denne antagelsen er oppfylt da noen problemer kan lede til redusert hastighet på maskinene (altså en tilstand mellom fungerende og ikke fungerende), men for illustrasjonsformål kan denne antagelsen benyttes.



For en seriestruktur som denne er det relativt enkelt å sette opp strukturfunksjonen som angir tilstanden til et gitt system og det er som nevnt ovenfor åpenbart at alle delsystemene må være i en fungerende tilstand for at produksjonssystemet skal fungere. Strukturfunksjonen blir i dette tilfellet derfor (Rausand, 2004):

$$\phi(x) = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n = \prod_{i=1}^n x_i$$

Hvor

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{hvis maskin } i \text{ fungerer} \\ 0 & \text{hvis maskin } i \text{ ikke fungerer} \end{cases}$$

Og

$$\phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{hvis systemet fungerer} \\ 0 & \text{hvis systemet ikke fungerer} \end{cases}$$

Formelen ovenfor indikerer at alle maskinene må fungere for at systemet som helhet skal opprettholde funksjonsevnen.

## 8.2 Snifferen

### 8.2.1 Snifferens posisjon i systemet

Som beskrevet i avsnittet over er altså snifferen nødvendig for å klargjøre returflasker til gjenbruk i produksjonen. Uten en fungerende sniffer vil produksjonen stoppe opp da strenge kvalitetskrav (Triggs, 2006a) fører til at alle returflasker som skal benyttes må gjennomgå kontroll i snifferen.

Det finnes dog et alternativ til normal drift med bruk av returflasker som må godkjennes av snifferen. Det mulig å ta i bruk nye flasker (NY PET) i produksjonen og disse entrer da produksjonssystemet for vaskemaskinen. Dette er dog en lite gunstig løsning av flere grunner. Blant disse er:

- Høye kostnader knyttet til innkjøp av nye flasker (ca. 1,28 NOK per flaske i innkjøpspris)
- Lite lager (og lagerkapasitet) av nye flasker.
- Bruk av NY PET vil øke det totale antall PET-flasker i omløp, noe som er lite ønskelig da dette er en form for kapitalbinding og gjør håndtering av returflasker mer omfattende.
- Krever manuelt påsett på transportbånd ved hjelp av en egen påsettingsrampe.

NY PET brukes derfor bare i tilfeller hvor snifferen (eller depalleteringsrobot) er ute av funksjon over lengre tid (eller i tilfeller hvor det er behov for å øke antall PET-flasker i sirkulasjon i markedet). På grunn av de nevnte forhold regnes heller ikke kjøring med NY PET som et fullverdig alternativ til normal produksjon (med bruk av REF-PET og drift på snifferen). Da denne oppgaven ser på produksjon under normale omstendigheter tas ikke ”reserveløsningen” med NY PET med i systemets funksjonelle struktur og flytskjema. Å inkludere et alternativ som ikke benyttes konsekvent for å oppnå en form for redundans vil gjøre oppgaven meget omfattende og er heller ikke relevant i og med at hovedfokuset ligger på snifferen.

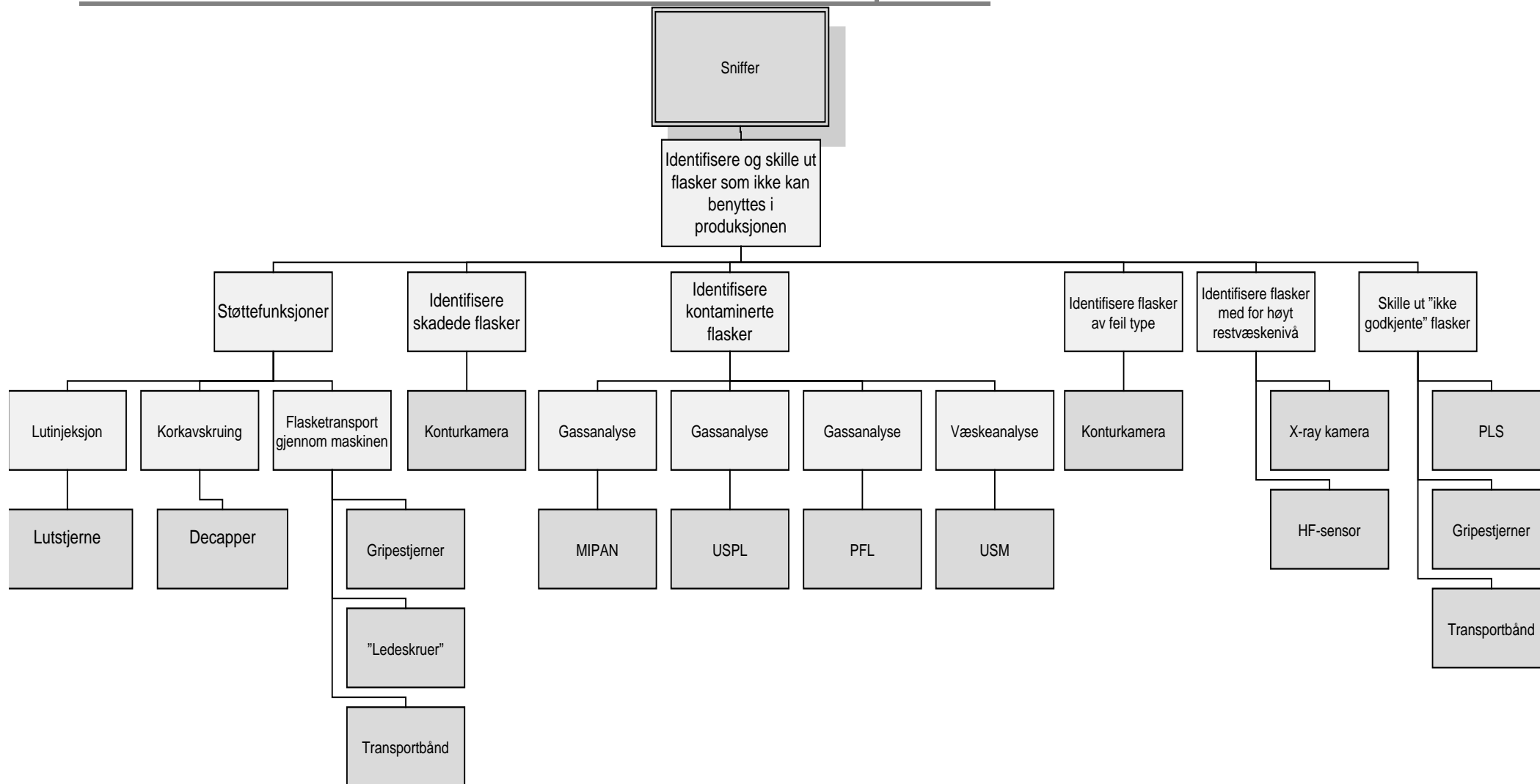
Muligheten for å utnytte NY-PET for å redusere konsekvensene av snifferstopp diskuteres allikevel i korte trekk i avsnitt 9.8.5

### 8.2.2 Funksjoner

Snifferens hovedfunksjon er å identifisere og skille ut returflasker (REF PET) som ikke kan/skal benyttes i produksjonen. Den fungerer altså som et kontrollpunkt som skal godkjenne returflaskene for gjenbruk. Hvis en flaske ikke kan benyttes skyldes det hovedsaklig at flasken enten:

- Har defekter
- Er kontaminert/forurenset
- Er av feil type (for eksempel fantaflaske når det produseres Coca-Cola)

En god metode for å gi en oversiktlig fremstilling av et komplekst systems hoved- og støttefunksjoner bruk av et funksjonstre. Her brytes alle funksjonene ned og fremstilles i en hierarkisk struktur (Rausand, 2004). Et funksjonstre som gir en oversikt over snifferens funksjoner er gitt under (. Hver ”gren” i funksjonstreet avsluttes med delsystemet som oppfyller funksjonen. En mer utførlig beskrivelse av disse delsystemene er gitt i avsnitt 8.2.4

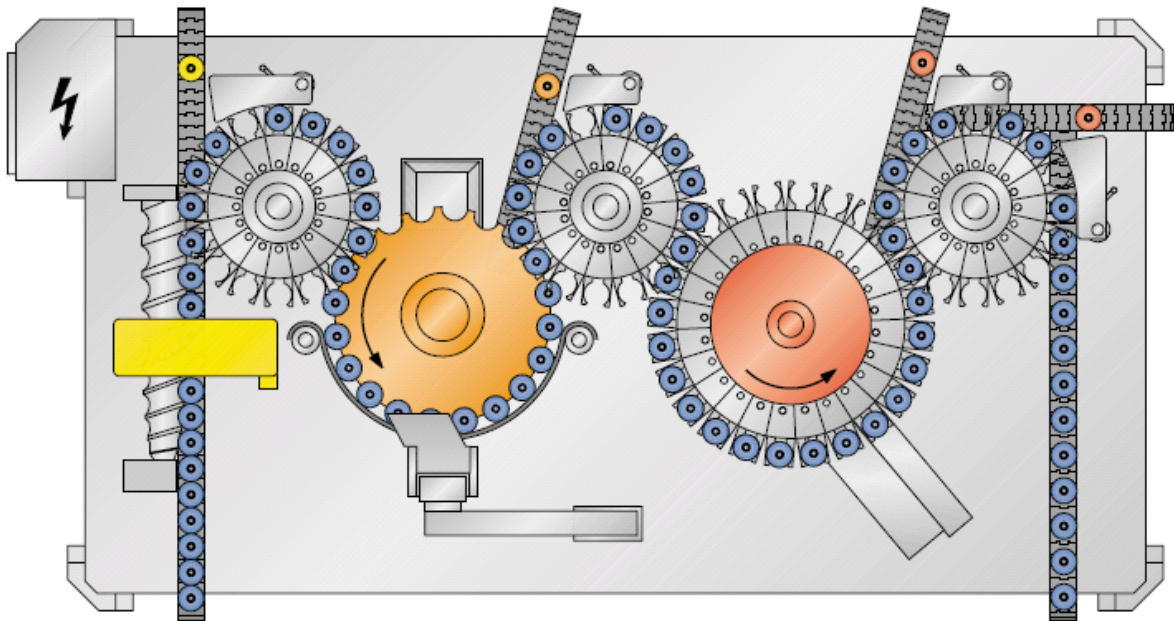


Figur 14 Funksjonstre sniffer

### 8.2.3 Oversikt over systemet

Før de ulike delsystemene beskrives i større detalj gis det en kort oversikt over snifferen som helhet, samt en oversikt over funksjonsmåte og flyt gjennom maskinen.

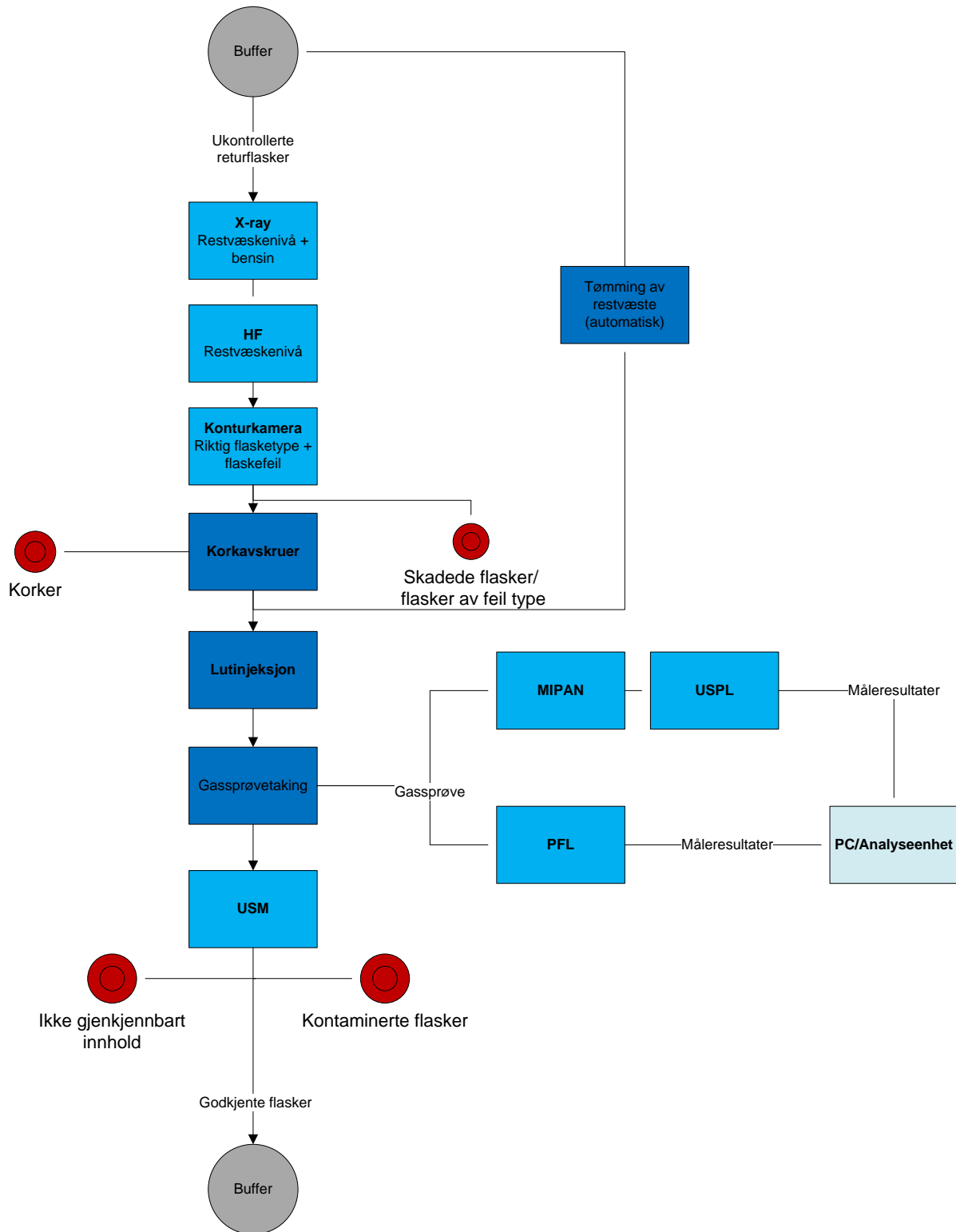
Under (Figur 14) er vist en layoutoversikt av snifferen hentet fra Unisensor GmbHs hjemmesider (Unisensor GmbH, 2010)



Figur 15 Layout sniffersystem

Som vi ser passerer flaskene gjennom snifferen ved hjelp av transportbånd, ledeskruer og gripestjerner. Det er fire ulike utgangsbånd for flasker som blir avvist i tillegg til transportbåndet som leder til videre produksjon.

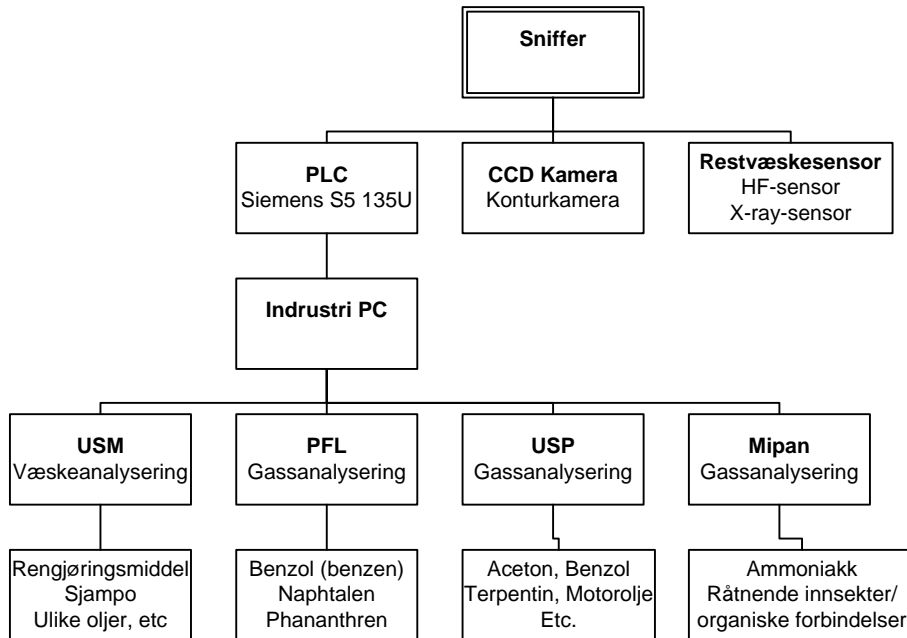
Et flytdiagram for delprosessene innad i snifferen er gitt i Figur 15



Figur 16 Flyskjema delprosesser i sniffer

## 8.2.4 Gjennomgang av delsystemer

Denne gjennomgangen av tar sikte på å gi en oversikt over funksjon og virkemåte for de viktigste delsystemene i snifferen. Da flere av systemene er anvender meget avansert teknologi vil det ikke gis en detaljert innføring, men snarere en lettfattelig introduksjon til disse. I dokumentet ”Vedlikeholdskurs for sniffer” (E. Pedersen, 1999) er det gitt en oversikt over snifferens systemer, samt deres hovedfunksjoner. Denne er gjengitt i Figur 16 Delsystemer i snifferen.



Figur 17 Delsystemer i snifferen

De viktigste delsystemene i snifferen er beskrevet i de følgende avsnittene.





## 8.2.4.6 *Analysesystemene*

Den viktigste delen av snifferen er identifisering av kontaminerte flasker. Dette skjer ved analyse av innholdet i fire ulike analysesystemer: PFL, MIPAN, USP og USM. De tre førstnevnte analyserer gassprøver tatt fra returflaskene, mens USM analyserer innholdet i væskefase.

### 8.2.4.6.1 PFL

PFL-systemet benytter fluorescens-spektroskopi for å detektere ulike stoffer i gassprøven. Prøven bestråles av en lysstråle som eksiterer elektronene i molekylene til et høyere energinivå ved at de tar opp fotoner fra strålen. Når disse elektronene faller tilbake til sitt opprinnelige energinivå avgir molekylet elektromagnetisk stråling (fluorescens) ved en annen bølgelengde (og følgelig med en annen energi) enn det som ble absorbert (Unisensor GmbH, 2000). Tilstedeværelsen av ulike stoffer i prøven bestemmes ved analyse av fluorescensen. PFL brukes til å identifisere flasker som inneholder stoffer med benzenringer. Eksempler på dette er:

- Benzen
- Naftalen
- Tetralin

### 8.2.4.6.2 USPL

USPL-systemet benytter infrarød stråling for å analysere innholdet i gassprøven. Et målesystem måler absorpsjonen av strålingen ved ulike bølgelengder og sammenligner med et "bibliotek" av forhåndsdefinerte absorpsjonsspektrum. Dette kalles "fingeravtrykksmetoden" da alle stoffene som kan detekteres har sitt eget "fingeravtrykk" i form av et absorpsjonsspektrum. Eksempler på stoffer som identifiseres av USPL er:

- Alkoholer
- Benzol
- Terpentin
- Motoroljer

#### 8.2.4.6.3 MIPAN (microwave process analyzer)

Mipan-systemet er meget komplekst og benytter mikrobølgespektroskopi for å identifisere ulike stoffer i returflaskene. Målingen gjøres ved meget lav trykk (2,5-4 mbar) og kun en liten prøve tas ut fra den opprinnelige gassprøven tatt fra flasken og går inn i MIPAN systemet (kun en liten mengde gass får entre systemet for å hindre at aggressive komponenter i gassen som måles ikke skal ha for stor påvirkning på/ødelegge systemet).

Målingen går ut på å plassere gassprøven i et elektrisk felt og bombardere den med mikrobølger. (Unisensor GmbH, 2000). Molekylene vil eksiteres til et høyere rotasjonsstadium ved å absorbere mikrobølgene ved gitte frekvenser (molekylene kan kun eksiteres ved å ta opp gitte, diskrete mengder energi). Systemet kan bestemme innholdet/tilstedeværelsen av et stoff ved å analysere mengden energi som har blitt absorbert av mikrobølgende som sendes gjennom prøven.

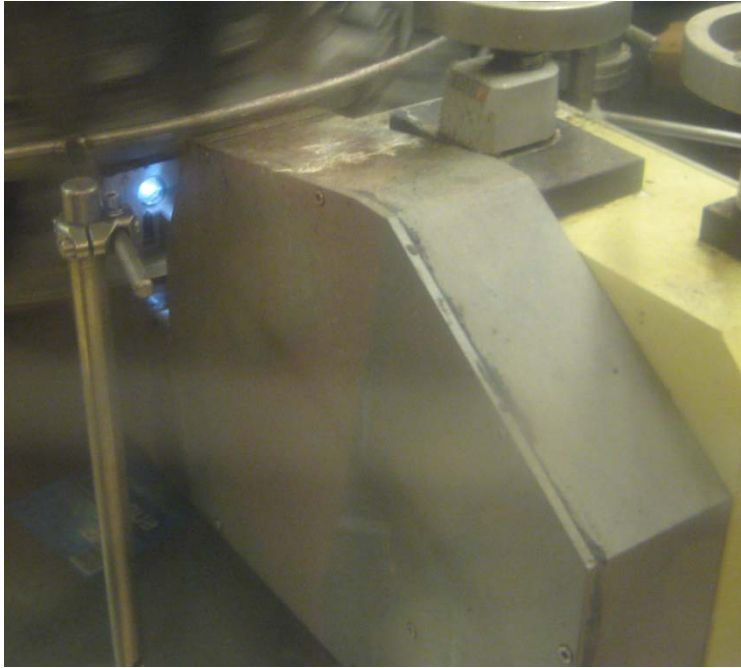
Det kreves kun meget små endringer/forskjeller i et molekyls masse eller geometri for at eksitasjonsenergien (eksitasjonsnivåene) endres. Dette gjør mikrobølgespektroskopi til en meget selektiv teknikk og MIPAN-systemet kan detektere meget små konsentrasjoner av uønskede stoffer.

I prinsippet kan alle molekyler med dipolmoment å ta opp et mikrobølgespekter. I tillegg må naturligvis stoffet eksistere i gassfase i flasken. Eksempler på stoffer som detekteres av MIPAN er:

- Hydrogencyanid
- Dinitrogenoksid (lystgass)
- Etanol
- Metanol
- Metanal

#### 8.2.4.6.4 USM

USM-systemet analyserer væske i flasken i motsetning til de andre systemene som analyserer en gassprøve tatt fra flasken. Væsken i flasken gjennomlyses av både synlig og infrarødt lys (Unisensor GmbH, 2000). Flaskene tiltes 20° før lys sendes gjennom bunnen av flasken og ut gjennom siden. Grunnen til at flaskene tiltes er at lyset ikke kan passere gjennom hulrommet (halvkulen) med luft som er i bunnen av alle flasker. Avhengig av innholdet vil noe av lyset absorberes av væsken og det resulterende lysspektrumet fanges opp av en mottaksenhet. Lyset sendes så videre til et spektrometer for analyse og bestemmelse av konsentrasjoner. Dette gjøres ved såkalt spektralanalyse hvor man sammenligner absorpsjonsspektrumet med absorpsjonsspektrum (fingeravtrykk) fra kjente væsker. Basert på dette klassifiseres innholdet i flaskene som ”godt”, ”dårlig” eller ”kontaminert” (Unisensor GmbH, 2000). Figur 17 viser USM-sensoren uten flasker i gripestjerne.



Figur 18 USM-sensor

USM-systemet er nødvendig for analyse av substanser med lavt damptrykk, det vil si væsker som ikke fordamper lett. USM er godt egnet for deteksjon av mineralvann, sirup eller andre fargede substanser, samt væsker som absorberer lys som ligger nært det infrarøde området. Eksempler på substanser som identifiseres av USM er:

- Planteoljer
- Blekk
- Såpeløsninger
- Tungoljer
- Rensemiddel
- Malingsrester
- Gjødsel

#### 8.2.4.6.5 Datamaskiner, PLS og software

Dette er naturligvis viktige komponenter i snifferen da de styrer selve utskillelsen av kontaminerte flasker, samt sørger for et brukervennlig grensesnitt. I denne oppgaven er det dog ikke funnet behov for en detaljert beskrivelse av disse systemene da de kun utøver støttefunksjoner som ikke trenger nærmere introduksjon.

### 8.3 Presentasjon av dagens situasjon (sniffer)

#### 8.3.1 Vedlikeholdsrutiner

##### 8.3.1.1 Preventivt vedlikehold

Ifølge ”Training Manual” fra Unisensor (Unisensor GmbH, 2000) er tilfredsstillende drift på snifferen først og fremst avhenging av renheten på injeksjonsslanger og kyvette, samt på renheten i omliggende medium som injeksjonsluft, etc. Det påpekes også at ikke alltid er mulighet for å observere urenheter som kan påvirke driften i stor grad (f.eks. oljefilm på optiske elementer). Kontinuerlig renhold og rydding av maskinen er derfor et viktig preventivt tiltak for å hindre maskinstopper. Det er i stor grad operatører som har ansvar for renhold og vasking på snifferen.

Maskinen som helhet skal naturligvis vaskes å ryddes ved behov. Dette er først og fremst når skitt og urenheter, særlig på måleceller, hindrer produksjon og fører til høy frekvens av falske utkast (avvisning av ”gode” flasker). I tilfeller hvor andre faktorer fører til at snifferen er inaktiv i perioder er også operatører er instruert til å benytte slik dødtid renhold I tillegg til ovennevnte rengjøring skal rutinemessig rengjøring utføres på målecellene etter 40 timer (E. Pedersen, 1999). Det gjennomføres også en grundigere ”ukevask” som rapporteres i eget registreringsskjema for å sikre korrekt gjennomføring (Triggs, 2006b) Det er spesifisert i manualen (Unisensor GmbH, 2000) at behov for rengjøring vil variere fra tilfelle til tilfelle på grunn av ulike driftsforhold.

Vedlikeholdsorganisasjonen utfører preventivt vedlikehold på snifferen som på de fleste andre maskiner i produksjonsanlegget. Dette vedlikeholdet er tidsplanlagt og baserer seg på anbefalinger fra leverandør samt erfaringer og erfaringsdata (Vedlikeholdsplanlegger CCD, 2010). Eksempler på preventivt vedlikehold er utskiftning av komponenter som er utsatt for stor slitasje som lamper, lager og lignende. Dette gjøres ved bestemte stopp hvor flere deler byttes samtidig. En slik gruppering av vedlikeholdsoppgaver er normalt og kan bidra til å optimalisere vedlikeholdet (Vatn, 2007). Dette er sammen med renhold utført av operatører eksempler på direkte preventivt vedlikehold (Wilson, 2002). Innebygd i sniffersystemet er det også en tilstandsovervåking (indirekte preventivt vedlikehold) som hovedsaklig dekker feil inne i analysesystemene. Denne overvåkingen gjør at mange maskinstopp vil føre til feilmeldinger på maskindisplayet. Dette gjør at problemer kan identifiseres før de leder til alvorlige maskinstopp og letter også i stor grad arbeidet med å lokalisere/identifisere problemer som allerede har oppstått. En annen form for tilstandskontroll er en oljeanalyse som gjennomføres en gang i året for å kontrollere slitasje på girsystemer og lager (Vedlikeholdssjef CCD, 2010).

Det preventive vedlikeholdet på snifferen er dog noe mangelfullt og mesteparten av det vedlikeholdet som utføres av vedlikeholdsorganisasjonen er korrektivt.

##### 8.3.1.2 Korrektivt vedlikehold

Ved maskinstopp på snifferen utføres det naturligvis korrektivt vedlikehold for å gjenopprette maskinens funksjonsevne. Dette utføres av mekanikere eller automatikere fra vedlikeholdsorganisasjonen. En ordre for korrektivt vedlikehold på snifferen oppstår når operatøren melder fra om et problem som han/hun ikke kan løse på egenhånd.

Som nevnt i avsnitt 8.1.3 er snifferens funksjonsevne essensiell for at produksjonssystemet skal fungere, og alle stopp på snifferen fører derfor til at hele produksjonssystemet blir satt ut av funksjon (buffere gjør naturligvis at produksjonen kan fortsette nedstrøms for snifferen til bufferlagrene er tomme). Arbeidsordre om korrektivt vedlikehold på snifferen har derfor høyeste prioritet i vedlikeholdsorganisasjonen.

### 8.3.1.3 Service/ Outsourcing

Wilson (Wilson, 2002) påpeker at produksjonsbedrifter i større og større grad baserer seg på outsourcing av gitte vedlikeholdsoppgaver. Å inngå serviceavtaler med leverandører kan redusere vedlikeholdskostnader da man oppnår en fleksibilitet i arbeidsstyrken, samt at man kan dra nytte av leverandørens inngående kjennskap til utstyret.

CCD har serviceavtaler med tre ulike firma angående vedlikehold på snifferen. Krones AG har ansvar for flaskebaner og transportbånd i produksjonen hos CCD. Selv om ansvaret for det daglige vedlikeholdet ligger hos CCD benyttes det eksperthjelp fra Krones for konsultasjon ved problemer som vedlikeholdsorganisasjonen selv ikke klarer å løse, eller ved revisjoner og oppgradering av anlegget. Analysesystemer i snifferen som har behov for vedlikehold sendes til Unisensor GmbH i Tyskland for vedlikehold når det oppstår problemer inne i selve målesystemene (E. Pedersen, 1999). Leise benyttes for mekanisk vedlikehold på både decapper og sniffer (Vedlikeholdssjef CCD, 2010).

### 8.3.1.4 Reservedeler

Reservedelslageret hos CCD inneholder de fleste kritiske reservedeler til snifferen. Snifferen har ingen særegen posisjon når det gjelder reservedelsstyring og den blir behandlet på samme måte som annet produksjonsutstyr i så måte. Skulle det oppstå situasjoner hvor nødvendige reservedeler ikke er tilgjengelige på lager er det mulig å få tilsendt hastepakker som ankommer senest dagen etter, noe som naturligvis medfører ekstrakostnader (Innkjøpsansvarlig vedlikehold CCD, 2010)

### 8.3.2 Drift

Snifferne har følgende maksimale tillatte driftshastigheter (Triggs, 2006a)

- N1 – 42000 flasker/time
- N2 – 48000 flasker/time

Grunnet hyppige maskinstopp blir snifferen som beskrevet i avsnitt (TODO) det begrensende leddet i produksjonskjeden. Dette gjør at driftshastigheten som regel settes så høyt som mulig i normal drift for å opprettholde fulle buffere etter snifferen. Det kan sågar skje at snifferen kjøres under omstilling på andre maskiner for å bygge opp bufferne.

### 8.3.3 Sniffertest

Grunnet strenge kvalitetskrav til returflaskene som skal benyttes i produksjonen må det utføres en såkalt sniffertest for å sikre at alle snifferens analysesystemer fungerer som de skal. En slik test kjøres i følgende tilfeller

- Ved oppstart
- Hver 4. Driftstime
- Etter vedlikeholdsoperasjoner

En sniffertest består av følgende to deler

- En gasstest som består i å kjøre en kjent spesialgass inn i systemet som kontrollerer at den klarer å identifisere denne, samt at alle måleverdier er korrekte. Denne testen sjekker alle 24 plassene i stjernehjulet som hvor snifferrøren tar gassprøver. For å kjøre gasstest må produksjonen stoppes. Det brukes to ulike gasstyper i testen (Operatør CCD, 2010).
- En flasketest som består i å kjøre testflasker gjennom systemet. En egen lab forbereder 6 flasker for hvert system (som inneholder væske som systemet bør gjenkjenne). Flaskene kjøres for å



sjekke at snifferen klarer å identifisere flaskene og at alle måleverdier er korrekte. Flasketest kan kjøres samtidig med normal produksjon.

Ved normal gjennomføring uten problemer skal en sniffertest ta omtrent 5 minutter (Operatør CCD, 2010). Til tross for at det er krav om at sniffertesten må gjennomføres med gitte tidsintervaller regnes ikke dette som planlagte produksjonsstopp (Forbedringsteam CCD, 2010). Stopp som følge av sniffertest vil derfor påvirke SLE-verdien for linjen. Argumentasjonen for denne ordningen er at det ved gjennomføring av test på optimalt tidspunkt (full buffer etter sniffer) vil ikke produksjonssystemet som helhet påvirkes og SLE-verdien vil ikke reduseres.

### 8.3.4 Trening/kursning

Vareproduserende industri utvikler seg kontinuerlig i retning av større og større grad av automasjon og bruk av avansert utstyr. Dette øker kompetansekravene som stilles både til operatører og vedlikeholdspersonell (Wilson, 2002). Til tross for at maskiner og utstyr hos CCD er skal være designet med tanke på brukervennlighet og et godt brukergrensesnitt kreves det naturligvis opplæring av operatører for man kan forvente korrekt gjennomføring av operatøroppgaver.

Personer både i vedlikeholds- og produksjonsavdelingen beskriver opplæring og kursing av operatører som mangelfull. Det gjennomføres sjelden formelle opplæringstiltak og til tross for at opplæringsinstrukser eksisterer blir disse ikke fulgt. Dokumentet "Sniffer – drift og renhold" (Triggs, 2007) er en driftsinstruks som angir prosedyrer for både renhold, drift og testing av maskinen, men uten opplæring i disse prosedyrene blir dokumentet verdiløst. Opplæringen vil i mange tilfeller bestå av å følge en mer erfaren operatør en gitt tidsperiode. En potensiell ulempe ved et slikt system er at operatører blir opplært til å følge erfarne operatørers arbeidsmetoder. Hvis disse avviker fra de korrekte arbeidsprosessene for de operasjonene som skal utføres vil uvaner og mangel på kompetanse forplante seg også hos nye operatører. Ifølge vedlikeholdssjef er det satt i verk tiltak for å rette på dette og opplæringsvideoer som går igjennom nødvendige arbeidsoppgaver og ulike situasjoner for maskinene i produksjonsanlegget er under utvikling.

Når det gjelder vedlikeholdspersonell er opplæringsprosedyrene vesentlig bedre. Ansatte har fått opplæring hos Unisensor i Tyskland. Det eksisterer også omfattende dokumentasjon angående snifferen tilgjengelig for vedlikeholdspersonalet.

## 9 RCA for kritiske hendelser på sniffere

Som en del av arbeidet med denne rapporten er det utført en rotårsaksanalyse for de viktigste problemene/hendelse på snifferen. I det følgende er det gitt en oversikt over denne prosessen inkludert de resultater som har fremkommet.

### 9.1 Bakgrunn for valg av sniffer

I avsnitt 8.1.3 ble effekten av snifferstans diskutert. Utvelgelsen av snifferen som det systemet som undersøkes i rotårsaksanalysen er et resultat av det faktum at dette er det leddet i produksjonskjeden som opplever mest stopptid for både N1 og N2 (Produksjonssjefer CCD, 2009). I følge produksjonssjef for N2 (Produksjonssjef CCD, 2010) fører dette til at snifferen er den maskinen som har størst negativ påvirkning på produksjonssystemets ytelse da dette er den maskinen som har lavest gjennomsnittlig gjennomstrømning av flasker.

Både Chiang (Chiang, 2000) og Yongcai (Yongcai, 2005) definerer en flaskehals som det leddet i en prosess som hemmer prosessens ytelse i størst grad. Gitt denne definisjonen følger det altså at snifferen er flaskehalsen i produksjonssystemet til CCD, grunnet mye stopptid som naturligvis reduserer maskinens ytelse. Pegels (Pegels, 2005) stadfester at ressurser forbedringstiltak og første rekke bør rettes mot forbedring av flaskehals og at eliminasjon av en flaskehals i de fleste tilfeller vil føre til betydelig økning av et systems yteevne.

### 9.2 Utvelgelse av hendelser/problemer for analyse

Første del av rotårsaksanalysen for snifferen er utvelgelse av de problemer/symptomer som skal undersøkes nærmere. Naturlig nok ønskes det at analysen skal ta for seg de problemene som gir størst negative konsekvenser for produksjonssystemet. Maskinstopper logges manuelt av linjeledere som ulike feiltyper. Dataene lagres i pivotdiagrammer i MS Excel hvor man enkelt kan hente ut en oversikt over de ulike feiltypene med tilhørende stopptid for gitte tidsperioder. Utvelgelsen av de mest kritiske hendelsene baserer seg på stopptidsloggene for snifferne fra 4.4.2009 til 31.12.2009. Et såpass stort datagrunnlag brukes for å minimere effekten av tilfeldige avvik og for å gi et mest mulig helhetlig bilde av stopptidene på snifferne.

Som et supplement til de harde dataene i stopptidsloggen for snifferen intervjues en erfaren linjeleder fra både N1 og N2 (Linjeleder N2, 2010) for å verifisere at loggen representerer et godt bilde på problemene som oppstår ved snifferne. Dette intervjuet benyttes naturligvis også til å innhente informasjon om de ulike feilene/problemene. I tillegg benyttes erfaringen til forbedringsteamet ved CCD når de mest kritiske hendelsene skal identifiseres.

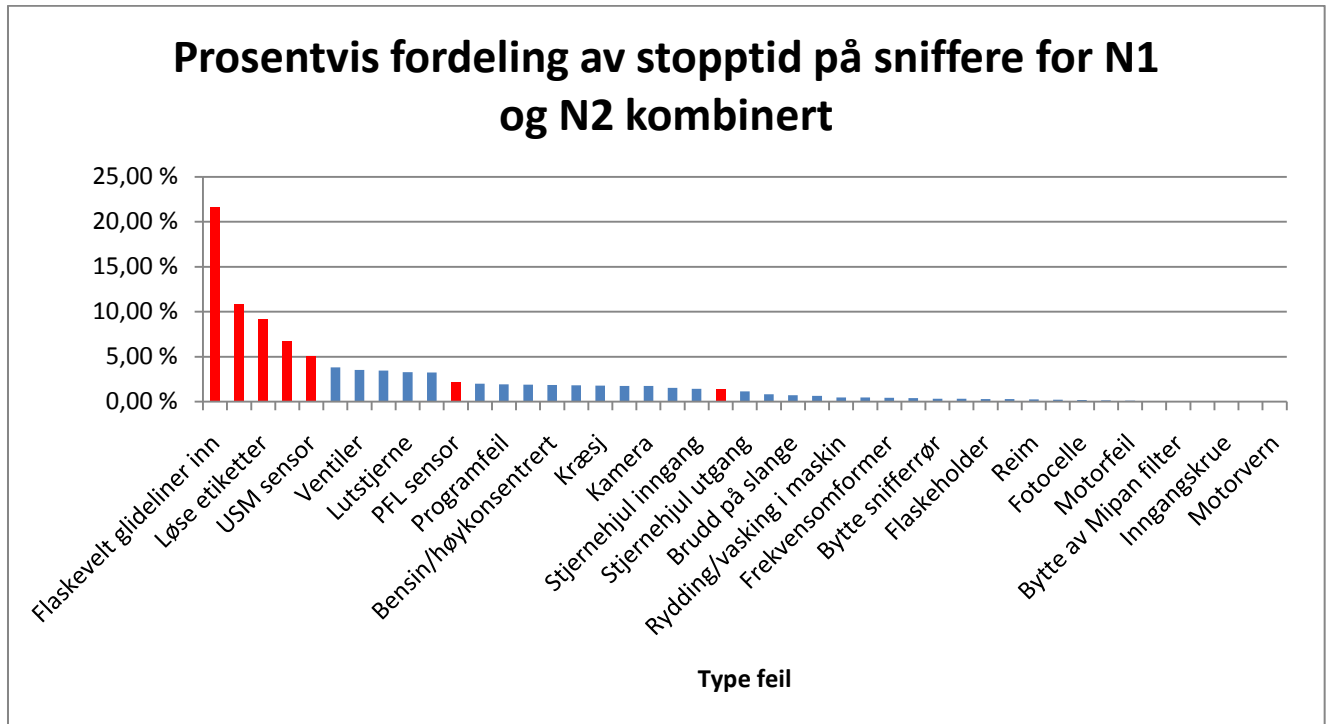
Etter dette møtet/intervjuet ble det besluttet at følgende feiltyper skal undersøkes i rotårsaksanalysen:

- Flaskevelt glideliner inn
- Sniffertest
- USM sensor + Løse etiketter
- Motinnblåsning + MIPAN + PFL

Dette er i utgangspunktet 7 ulike feiltyper, men som indikert over er noen av disse slått sammen slik at det vil være 4 ”hendelsesgrupper” som det fokuseres på. Bakgrunnen for å slå sammen flere feiltyper og undersøke disse samlet er at de er tett knyttet til hverandre (Forbedringsteam CCD, 2010) og at samme feil ofte kan loggføres som alle de sammenkoblede feiltypene.

Under analysen av stopptidene ble den totale stopptiden for begge linjene (N1 og N2) betraktet. Bakgrunnen for dette er ønsket om at resultatene av RCAen skal ha størst mulig totaleffekt for

produksjonen og ved å undersøke hendelser som gir stor nedetid for begge linjer kan resultatene også benyttes til forbedringer på både N1 og N2. Analyse av stopptidsloggene for snifferen viser at de tilnærmet følger Paretoprinsippet som sier at en stor del av problemene (ofte så mye som 80 %) skyldes en liten andel av feiltypene (ofte så liten som 20 %) (Andersen, 1999). De syv feiltypene som blir plukket ut utgjør 15,56 % av de totalt 45 feiltypene som er registrert i løpet av 2009. Totalt førte disse til 57,08 % av den registrerte stopptiden (31652 minutter stopptid av totalt 55450 minutter registrert stopptid for snifferene). I Figur 18 vises en oversikt over den prosentvise fordelingen av stopptid for de ulike feiltypene på N1 og N2 kombinert. De feilene som undersøkes i rotårsaksanalysen er markert med rødt.



Figur 19 Feiltyper og stopptid sniffer

### 9.3 Rotårsaksanalysen(e)

I gjennomførelsen av rotårsaksanalysen ble det arbeidet med alle de ulike feiltypene parallelt, men i den følgende beskrivelsen diskuteres disse hver for seg for å skape en enkel og oversiktlig fremstilling av prosessen. I følge Andersen og Fagerhaug (Andersen and Fagerhaug, 2006) bør ressursbruk på enhver rotårsaksanalyse avveies i forhold til viktigheten av problemene som undersøkes. I arbeidet med analysen har det derfor blitt lagt størst vekt på de viktigste feiltypene som utvilsomt er flaskevelt og sniffertest. Allikevel har de andre hendelsesgruppene blitt undersøkt i en tilstrekkelig grad til at tilfredsstillende resultater kan oppnås.

For alle hendelsesgruppene blir hvert steg i rotårsaksanalyseprosessen beskrevet stegvis, og disse stegene er beskrevet generelt under. Til slutt gis en oppsummering av analysen hvor resultatene diskuteres og presenteres. Her blir potensielle korrektive tiltak utpekt for alle problemene og det pekes også på muligheter for generelle forbedringer, samt retningslinjer for implementering av tiltak og eventuelle videre undersøkelser

### 9.3.1 Beskrivelse av problemet

Ammerman (Ammerman, 1998) angir beskrivelse og definisjon av problemet som det første steget i enhver rotårsaksanalyse. For hver feiltype/hendelsesgruppe blir det gitt en kort beskrivelse av problemet og annen relevant informasjon knyttet til hendelsene. Det blir også foretatt nødvendige avgrensninger og det gis en oversikt over hvilke faktorer som blir gjenstand for nærmere undersøkelser.

### 9.3.2 Analyse av stopptidslogger

Stopptidsloggene som ble brukt som datagrunnlag i denne analysen er hentet fra CCDs interne nettverk og strekker seg som nevnt ovenfor fra 4.4.2009 til 31.1.2009. I perioden ble det kjørt 570 skift på N1-linjen og 609 skift på N2-linjen.

I tillegg til å danne grunnlag for utvelgelse av feiltyper for undersøkelsen benyttes også stopptidsloggene til å innhente informasjon om feilene og potensielle årsaker. Gjennom studie av loggene får man et bedre innblikk i feiltypenes karakter (stoppfrekvenser, gjennomsnittlig stopptid per skift, etc.). Samtidig undersøkes det også om det er informasjon i loggene som kan indikere hva årsaken til stopptiden er. En slik gjennomgang kan sees på som en form for "change analysis" (endringsanalyse) (Ammerman, 1998) da man undersøker loggene for å avdekke eventuelle sammenhenger mellom stopptider/frekvenser og variabler som skift tid (dag/kveld/natt), skift, og linje. Skulle noen slike faktorer skille seg ut som særskilt gode eller dårlige med tanke på stopptider eller stoppfrekvenser kan disse undersøkes nærmere for å bestemme rotårsaken bak problemene.

Samtale med operatører indikerer at et problem kun loggføres når det fører til at maskinen stopper opp og det tar mer enn omtrent 5 min før drift kan gjenopptas (Operatør CCD, 2010). Dette er verdt å merke seg da dette fører til at stopptidsloggene gir noe ufullstendig informasjon om problemenes faktiske omfang.

En annen faktor som er verdt å merke seg er at det ikke eksisterer noen gitt prosedyre eller instruks når det gjelder logging av maskinstopper som følges av alle operatører. Dette medfører at en gitt hendelse i noen tilfeller vil loggføres som ulike feiltyper av forskjellige operatører.

### 9.3.3 Innhenting av annen informasjon

Naturligvis trengs det mer informasjon enn kun stopptids- og produksjonslogger for å bestemme rotårsakene bak de ulike feiltyperne. En del av den innhentede informasjonen er allerede presentert som en introduksjon til denne analysen i kapittel 8, men også annen informasjon er hentet inn og analysert i prosessen med bestemmelse av rotårsaker. I arbeidet med analysen har informasjon i hovedsak blitt hentet fra følgende kilder:

#### 9.3.3.1 Observasjon

Snifferne observeres både i drift og under stans. Det tas bilder av relevante situasjoner og hendelser. I tillegg observeres produksjonsprosessen helt fra lagring av returflasker til ferdigvarelager, og relevante erfaringer fra dette benyttes i analysen.

#### 9.3.3.2 Studie av dokumentasjon

Gjennomgang av brukermanualer, vedlikeholdsinstruks, driftsinstruks og annen skriftlig dokumentasjon som eksisterer i vedlikeholdsorganisasjonen angående produksjonsanlegget generelt og snifferne spesielt.

#### 9.3.3.3 Samtaler/intervju

Informasjon om snifferne og de ulike feiltyperne finnes også gjennom samtaler med operatører, vedlikeholdspersonell og produksjonsledelse.

### 9.3.4 Årsaker til problemet

For hver enkelt hendelsesgruppe forsøkes det, på bakgrunn av innhentet informasjon, å bestemme rotårsakene bak problemene. Dette gjøres ved hjelp av relevante metoder og verktøy som endringsanalyser, frekvensdiagrammer, 5-why, feiltreanalyser, samt årsaks- og effektanalyser. På grunn av rapportens tiltenkte omfang fokuseres det på å presentere de oppnådde resultatene på en kortfattet og enkel måte. Beskriveleser av selve den iterative prosessen hvor man har jobbet seg steg for steg bakover i årsaksrekker er derfor utelatt.

## 9.4 Flaskevelt glideliner inn

### 9.4.1 Beskrivelse av problemet

Denne feiltypen er strengt tatt ikke en feil i sniffermaskinen i seg selv, men loggføres som en snifferfeil da slike flaskevelt fører til at snifferen stopper opp. Etter at returflaskene tas ut av kassene av depalleteringsroboten fraktes de til snifferen på transportbånd. Returflaskene ledes inn i snifferen på et samleband i singlestrøm (kun 1 flaske i bredden). Figur 19 viser flasker på transportbåndet ved overgang til singlestrøm. Ved inngangen til snifferen (og flere steder langs samlebandet) er det plassert en fotocelle som kontrollerer at alle flaskene står oppreist. Dette gjøres ved å registrere mellomrommet mellom enhetene i flaskestrømmen. En liggende flaske vil naturligvis føre til en større glippe enn normalt mellom to etterfølgende flasker som registreres av fotocellen (illustrert i Figur 20 og Figur 21). Registrerer fotocellen en liggende flaske stoppes automatisk flaskestrømmen og operatøren må sette flasken på plass før produksjonen kan fortsette (Operatør CCD, 2010). Dette medfører naturligvis at snifferen stopper som følge av mangel på innkommende flasker. I undersøkelsen behandles flaskevelt langs hele transportbåndet mellom depalleteringsrobot og inngang til sniffer.

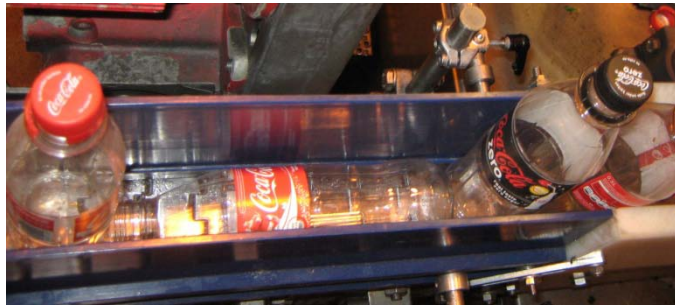


Figur 20 Overgang til singlestrøm



Figur 21 Gap i flaskestrøm





Figur 22 Veltet flaske på glideliner

#### 9.4.2 Analyse av stopptidslogg

Gjennomgang av stopptidsloggene for snifferen viser at feiltypen ”flaskevelt glideliner inn” er den feiltypen som desidert leder til mest nedetid på snifferne på både N1 og N2. Under er vist en oppsummering av tallene som finnes i stopptidsloggen.

##### *Total stopptid:*

Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	5345	22,2 %
N2	6683	21,3 %
N1 & N2	12028	21,7 %

Tallene ovenfor viser at N2 opplever mer stopptid grunnet flaskevelt enn N1. Til tross for dette utgjør denne feiltypen en større andel av stopptiden på N1 da denne linjen har lavere total stopptid enn N2. Videre ser vi at begge linjene har betydelig stopptid grunnet flaskevelt, og at dette er et område hvor forbedring kan gi store utslag på tilgjengeligheten til sniffere på begge linjer.

##### *Antall rapporterte stopp:*

Linje	Antall rapporterte stopp
N1	366
N2	373
Totalt	739

En viktig faktor å merke seg her er at en rapportert stopp ikke korresponderer til en gitt hendelse, men snarere til et skift som har opplevd driftsstans på grunn av flaskevelt. Dette fordi stopptidsrapportering skjer etter hvert skift og ikke kontinuerlig under driften. I tilfeller hvor flere stopp inntreffer under et skift vil det kun fremkomme som én hendelse i stopptidsloggen, og den rapporterte stopptiden blir derfor summen av all stopptid under et skift. Dette gjelder særlig flaskevelt da denne feiltypen ofte inntreffer flere ganger i løpet av et skift (Operator CCD, 2010).

##### *Andel skift med rapportert stopp*

Linje	Andel skift med stopp
N1	63,2 %
N2	61,2 %
N1 & N2	62,2 %

Som det fremgår av tallene ovenfor er flaskevelt et problem som gjentar seg meget hyppig og forekommer på over 60 % av alle skift på begge produksjonslinjer i perioden den aktuelle stopptidsloggen dekker. Det er kun marginale forskjeller på linjene når det gjelder hvor ofte det rapporteres om flaskevelt.

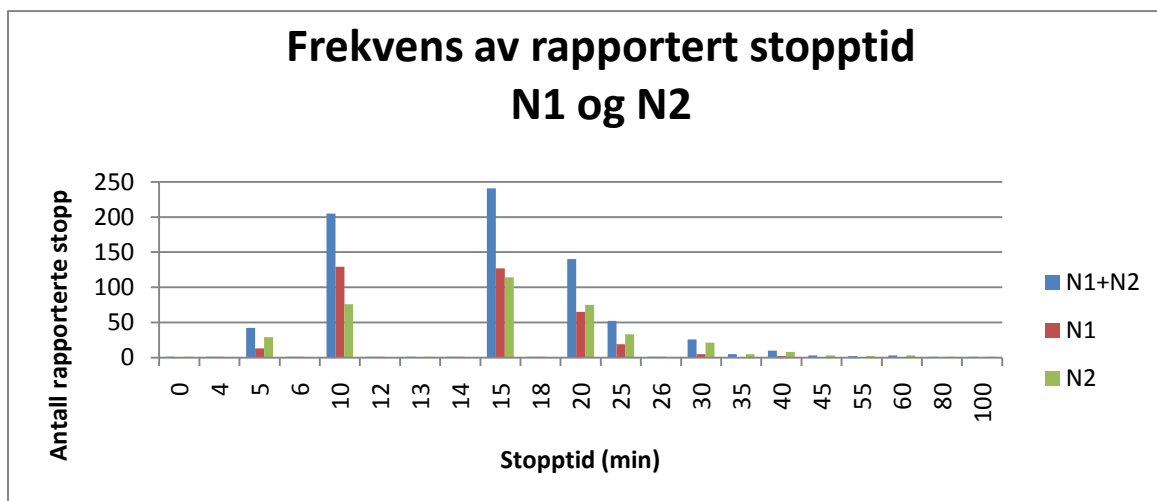
*Gjennomsnittlig stopptid ved rapportert stopp (Mean Down Time, MDT):*

Linje	MDT (min)
N1	14,6
N2	17,9
N1 & N2	16,3

Som nevnt ovenfor refererer ikke en rapportert stopp til en gitt hendelse hvor flaskene har veltet, men til summen av stopptid på grunn av flaskevelt i løpet av et skift. Å benytte et mål som MDT i forbindelse med flaskevelt kan derfor være noe misvisende da den beregnede MDT ikke refererer til tiden det tar å gjenopprette funksjonsevnen ved en gitt stopp, men til den gjennomsnittlige stopptiden for et skift hvor det er rapportert stopp på grunn av den aktuelle feiltypen.

Vi ser at flaskevelt er en type feil som gir relativt kort gjennomsnittlig stopptid når det inntreffer. Man kan derfor konkludere med at det er den høye frekvensen av flaskevelt som fører til mye stopptid. Verdt å merke seg er også at det på N2-linjen er noe lengre stopptid når flaskevelt først inntreffer på et skift.

Figuren under viser hvor ofte en gitt stopptid rapporteres. Vi ser majoriteten av rapportert stopptid er på 20 min eller mindre for begge linjer, men at det på N2 i noen tilfeller rapporteres om relativt høy stopptid på grunn av flaskevelt og det er disse tilfellene som gjør at gjennomsnittlig stopptid per skift er noe høyere for N2 enn for N1.



Figur 23 Frekvens av rapporterte stopptider Flaskevelt

*Annen informasjon*

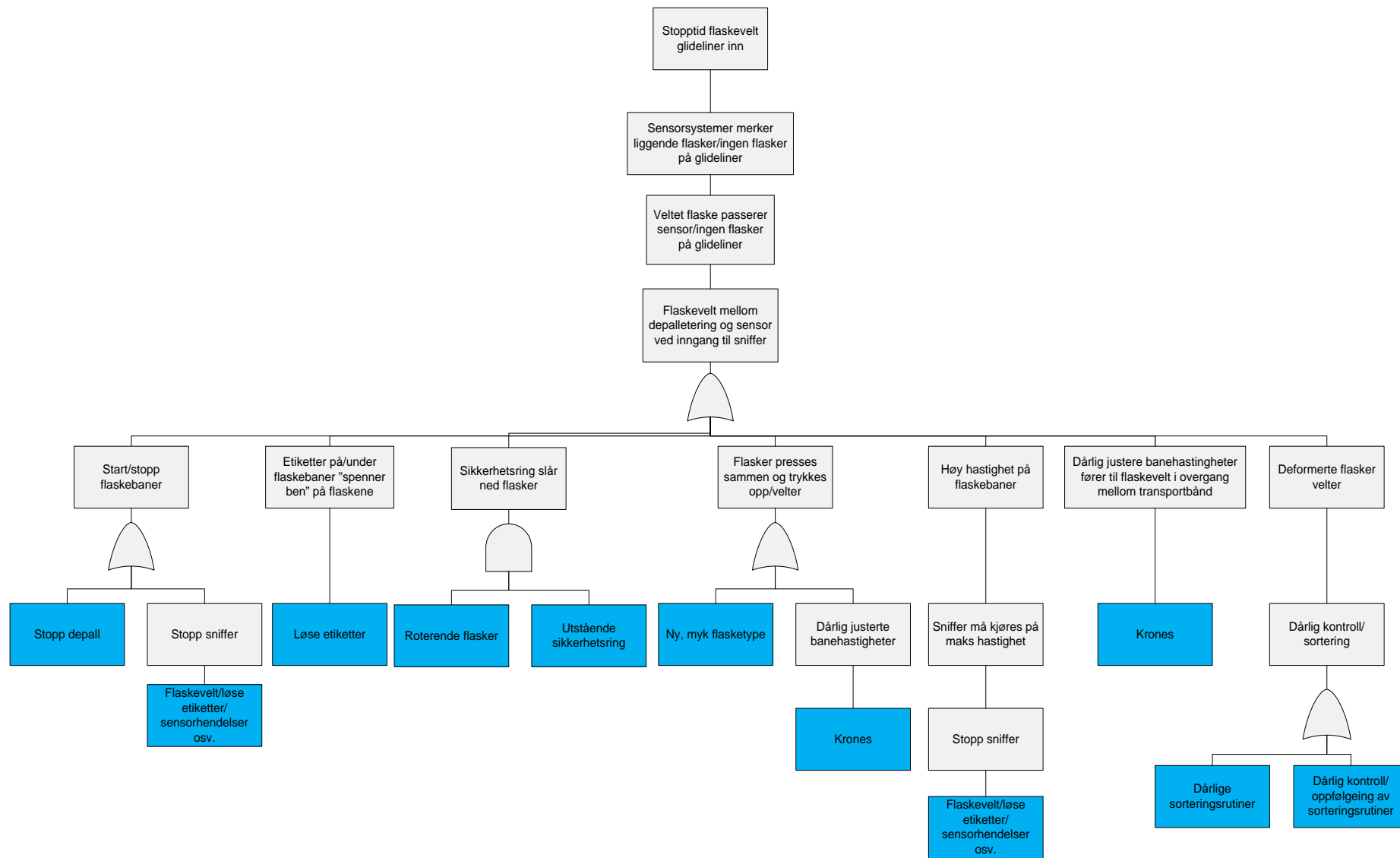


Samtaler med operatører avdekker at flaskevelt er et meget hyppig gjentakende problem. I følge en operatør utgjør reising av velte flasker en meget stor del av de daglige arbeidsoppgavene for snifferen (Operatør CCD, 2010)

### 9.4.3 Årsaker til flaskevelt glideliner inn

Som nevnt i avsnitt 9.3.4 presenteres hovedsakelig resultatene av RCAen med tilhørende diskusjon i dette avsnittet da en gjengivelse av hele RCA-prosessen ville gjort rapporten meget omfattende.

En oversikt over funnene er gjengitt i en hierarkisk struktur (feiltre) nedenfor (Figur 23). De bakenforliggende årsakene er markert med blått. De mest sentrale presenteres og diskuteres mer utførlig nedenfor.



Figur 24 Feiltre flaskevelt

#### 9.4.3.1 Løse etiketter

At etiketter løsner fra flasker og legger seg på eller under transportbåndet er en årsak til flaskevelt. Etikettene skaper ”humper” som får flere flasker til å falle (Operatør CCD, 2010). Et tilfelle av løs etikett på transportbånd er vist i Figur 24.



Figur 25 Løs etikett på transportbånd

Løse etiketter er diskutert som et eget problem i avsnitt 9.6, og er derfor ikke beskrevet i videre detalj her. Det stadfestes dog at løse etiketter er en hyppig årsak til at flasker velter på transportbånd.

#### 9.4.3.2 Stopp på sniffer

Det kan høres rart ut at stopp på sniffer kan være en bakenforliggende årsak til stopptid på snifferen, men faktum er at undersøkelser og observasjon indikerer at følgende to faktorer øker frekvensen på problemet flaskevelt:

- Gjentatt start og stopp av transportbånd
- Kjøring av transportbånd på høy hastighet

Gjentatt start og stopp av transportbånd skjer som følge av at enten depalleteringsrobot stopper eller at sniffer stopper. Kjøring av transportbånd på høy hastighet kommer ofte som en følge av at snifferen må kjøres opp mot maksimal hastighet for å fylle buffere etter småstopper. Begge disse faktorene kan relateres til småstopp på snifferen som fører til en ”hakkete” drift fremfor produksjon i jevnt tempo. Dette fører ofte til at flasker velter på transportbåndet mellom depalleteringsrobot og overgang til singlestrøm. Et slikt tilfelle er vist i Figur 25.



Figur 26 Flaskevelt overgang til singlestrøm

#### 9.4.3.3 Dårlig sortering av tomgods

Denne årsaken går enkelt fortalt ut på at skadet tomgods, eller tomgods av feil type entrer produksjonen. Eksempler kan være flasker der bunnen har blitt brent av med lighter noe som gjør at den står ustødig, eller at flakser av helt feil type får lov til å entre produksjonen. Disse problemene kan trekkes helt tilbake til den manuelle sorteringen av tomgods. Den bakenforliggende årsaken til denne typen flaskevelt er enten dårlige sorteringsrutiner eller at rutinene ikke følges skikkelig.

#### 9.4.3.4 Utstående sikkerhetsring

En vanlig årsak til flaskevelt i overgangsområdet mellom depalleteringsrobot og singlestrøm er at en utstående sikkerhetsring på korkene velter flasker som står inntil den aktuelle flasken (Forbedringsteam CCD, 2010). Hva en ”utstående sikkerhetsring” innebærer er vis i Figur 27 og Figur 26.



Figur 28 Utstående sikkerhetsring 1



Figur 27 Utstående sikkerhetsring 2



#### 9.4.3.5 Flasker presses sammen og velter

En annen årsak til at flasker velter er at de presses sammen på transportbåndet og dermed trykkes oppover og velter. Dette skyldes i hovedsak start og stopp på transportbåndet, høy båndhastighet eller feil innstilte båndhastigheter. I tillegg har introduksjon av en ny, mykere flasketype økt omfanget av dette problemet da disse flaskene har lettere for å bli presset sammen. Et bilde på denne årsaken er gitt i Figur 28.



Figur 29 Sammenpresset flaske

#### 9.4.3.6 Dårlig justering av båndhastigheter

En faktor som helt åpenbart forårsaker flaskevelt er hvis hastigheten på transportbånd er dårlig avstemt i forhold til hverandre. På veien fra depalletering til sniffer passerer en flaske flere overganger mellom ulike transportbånd og en kraftig akselerasjon eller nedbremsing i disse punktene vil få flasker til å velte. Justering og avstemming av banehastigheter er dog Kronens ansvar, og denne årsaken diskuteres derfor ikke i videre detalj da innblanding av problemstillinger rundt Krones arbeid vil gjøre denne rapporten for omfattende.

## 9.5 Sniffertest

### 9.5.1 Beskrivelse av problemet

Som beskrevet i avsnitt 8.3.3 er det et krav om at snifferen testes hver 4.driftstime for å sikre at analysesystemene fungerer korrekt slik at flaskene som fortsetter til videre produksjon holder ønsket kvalitet. Feiltypen ”sniffertest” blir registrert når denne testen påvirker normal drift gjennom å hindre drift på snifferen i mer en ca. 5 min. Som nevnt i avsnitt 8.3.3 skal sniffertesten i henhold til prosedyrene ikke ta mer omtrent 5 min, og gjennomføres denne på et gunstig tidspunkt (fulle buffere før og etter sniffer) skal ikke normal drift på linjene påvirkes. Dette er bakgrunnen for at tiden som benyttes på de pålagte og planlagte sniffertestene regnes som normal driftstid i beregning av SLE. Samtaler med operatører (Linjeleder N2, 2010) indikerer at sniffertest ikke føres som stopptid med mindre testen tar unormalt lang tid (mer enn 5 min), eller at testen avslører feil på snifferen. Denne undersøkelsen vil derfor ta for seg forhold som fører til disse situasjonene. Figur 29 viser en operatør under gjennomføring av flasketestdelen av en sniffertest.



Figur 30 Sniffertest



### 9.5.2 Analyse av stopptidslogger

#### *Total stopptid*

Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	2308	9,6 %
N2	3733	11,9 %
N1 & N2	6041	10,9 %

Loggene viser at sniffertest er en feiltype med stor påvirkning på snifferens tilgjengelighet på både N1 og N2. Loggene avdekker allikevel at denne feiltypen utgjør en større andel av stopptiden på N2 linjen enn på N1.

#### *Antall rapporterte stopp*

Linje	Antall registrerte stopp
N1	165
N2	250
Totalt	415

Tallene viser at feiltypen ”sniffertest” forekommer oftere på N2 enn på N1.

#### *Andel skift med rapportert stopp*

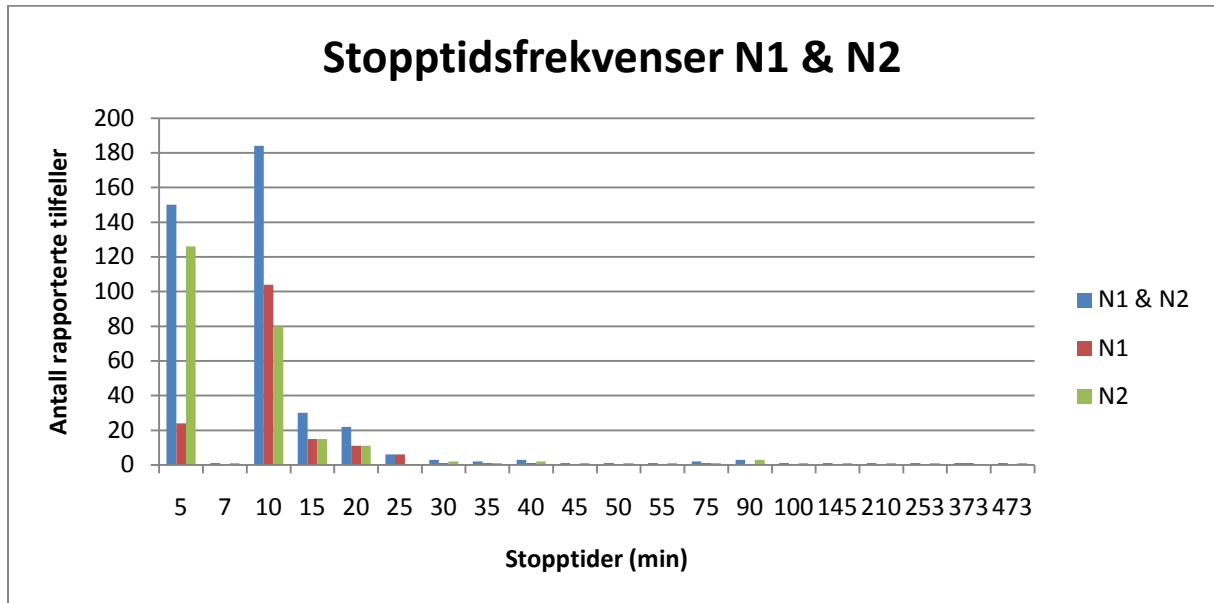
Linje	Andel skift med stopp
N1	28,5 %
N2	41,1 %
N1 & N2	34,9 %

Vi ser at sniffertest er en feiltype som gjentar seg meget hyppig og som forekommer på en stor andel av skiftene for begge produksjonslinjer. Igjen ser vi at denne feiltypen er mer kritisk for N2 enn for N1

#### *Gjennomsnittlig stopptid ved rapportert stopp (Mean Down Time, MDT):*

Linje	MDT (min)
N1	14,0
N2	14,9
N1 & N2	14,6

Gjennomsnittlig stopptid for hvert rapporterte tilfelle av sniffertest er omtrent lik for begge linjer. Loggene viser at denne feiltypen ikke tar lang tid å utbedre når den først inntreffer da gjennomsnittlig stopptid ligger på under 15 minutter for både N1 og N2.

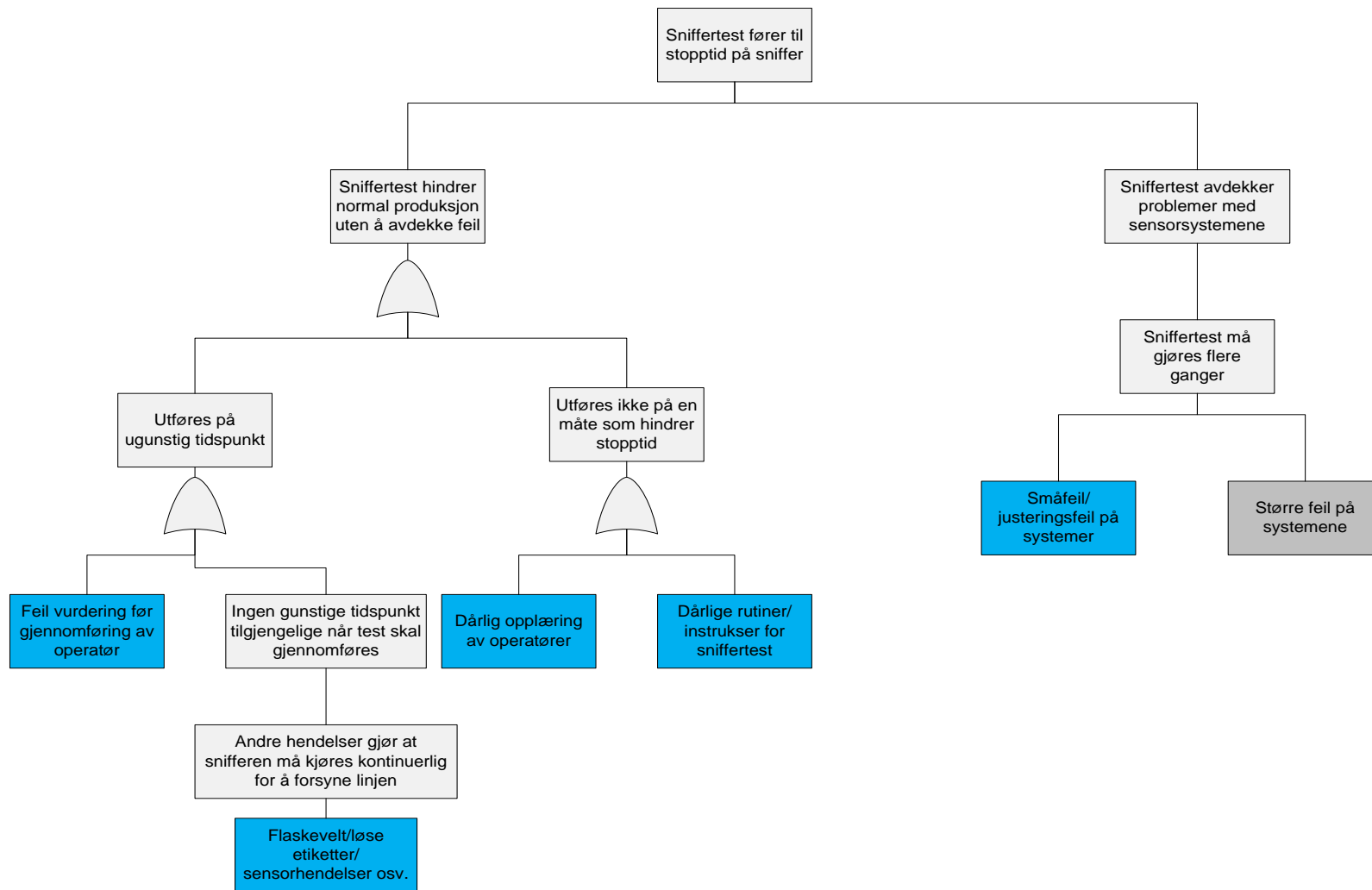


Figur 31 Rapporterte stopptidsfrekvenser sniffertest

Vi ser at majoriteten av de rapporterte stoppene er småstopp hvor drift gjenopptas etter 10 min eller mindre. Det forekommer dog en del tilfeller hvor sniffertest leder til lang nedetid, og dette gjelder særlig for N2.

### 9.5.3 Årsaker Sniffertest

Også her presenteres de ulike bakenforliggende årsakene presentert gjennom et feiltre (Figur 31) for de diskuteres og utdypes.



Figur 32 Feiltre sniffertest

### *9.5.3.1 Småfeil/justeringsfeil på systemer*

En del av feilene som blir registrert som ”sniffertest” er kun småfeil eller justeringsfeil på systemene. Dette gjør at de vil avvise testflasker eller finne feil i gasstesten. Ofte blir feilen utbedret gjennom en ny kalibrering. Dette er en relativt uviktig årsak til stopptid da identifisering av slike feil er noe av hensikten bak sniffertestene.

### *9.5.3.2 Stopp på snifferen*

For å unngå at sniffertesten fører til stopp i produksjonssystemet er man avhengig av at gasstesten som stopper snifferen utføres på et gunstig tidspunkt. Dette vil i praksis si når bufferen etter snifferen er full. Det er dog strenge krav til når testen kan gjennomføres, noe som gir et relativt lite slingsmonn. Stopp på snifferen vil ytterligere redusere muligheten for gjennomføring av tester uten at det påvirker systemet, da stopp vil føre til at buffer etter snifferen ikke vil være full.

### *9.5.3.3 Dårlig opplæring av operatører*

Sniffertesten er en manuell operasjon og optimal gjennomføring er derfor avhengig av operatørene på linjene. Operatører kan bidra til stopptid som følge av sniffertest på to måter. For de første finnes det som nevnt over gunstige tidspunkt å gjennomføre testen på. Hvis operatørene ikke er opplært til å utnytte slike muligheter og ikke har en holdning som sier at testen skal forsøkes gjennomført uten at den fører til stans på linjen vil dette øke nedetid på grunn av testing. For det andre er selve gjennomføringen av testen viktig. Utføres ikke arbeidsoppgavene i tråd med instruksjoner vil testen ta unødvendig lang tid. Generelt sett er mangel på opplæring og holdningsskapende arbeid bakenforliggende årsak når operatører ikke utfører arbeidsoppgaver optimalt.

### *9.5.3.4 Dårlige rutiner og instruksjoner for gjennomføring av sniffertest*

Dette kan sees på som en rotårsak bak mye av stopptiden som blir registrert som ”sniffertest”. Dette fordi rutine og instruksjoner for testing gjør det veldig vanskelig å unngå noen form for stans i systemet som følge av sniffertest. Man kan derfor argumentere for at sniffertest burde regnes som planlagt produksjonsstopp da man selv med gjennomføring etter rutiner og instruksjoner uten øvrige feil på systemet kan ende med å måtte registrere stopptid som følge av testen.

### *9.5.3.5 Større feil på analysesystemer*

Interne feil på analysesystemer har ikke blitt betraktet i denne RCAen. Det ville både gjort analysen for omfattende og går ut over forfatterens tekniske innsikt.

## 9.6 Løse etiketter (inkl. USM)

### 9.6.1 Beskrivelse av problemet

Løse etiketter er en feiltype som i korte trekk går ut på at det løsner så mange etiketter fra returflaskene at snifferen må stoppes og etikettene fjernes før drift kan gjenopptas. I denne undersøkelsen inkluderes også USM-feil da en stor andel av disse skyldes nettopp løse etiketter som blokkerer USM-sensoren.

Løse etiketter er et problem som også dekker en del andre feiltyper da etikettproblemer i flere tilfeller ikke blir registrert som en egen hendelse, men fortsatt er den direkte årsaken til de registrerte stoppene. På den andre siden registreres et problem i noen tilfeller som løse etiketter hvis det er åpenbart at det er dette som er den direkte årsaken til hendelsen, til tross for at hovedproblemet egentlig er flaskevelt, etc.

Denne feilgruppen er heller ikke knyttet til direkte feil på snifferen, men er heller feiltyper som hindrer snifferen i å utføre sine funksjoner.

### 9.6.2 Analyse av stopptidslogger

Under er vist et sammendrag av informasjonen om løse etiketter og USM-feil som finnes i stopptidsloggene.

#### Total stopptid

USM-sensor		
Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	1730	7,2 %
N2	1075	3,4 %
N1 & N2	2805	5,1 %

Løse etiketter		
Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	1530	6,4 %
N2	3540	11,3 %
N1 & N2	5070	9,1 %

Tallene viser at USM-sensor og løse etiketter gir betraktelig stopptid på snifferne på begge linjer. Verdt å merke seg er dog at feiltypen USM-sensor utgjør en vesentlig større andel av stopptiden på N1 enn på N2. På samme måte utgjør løse etiketter en mye større andel av stopptiden på N2 enn på N1.

#### Antall rapporterte stopp

USM-sensor	
Linje	Antall
N1	31
N2	54

Totalt	85
--------	----

<b>Løse etiketter</b>	
Linje	Antall registrerte stopp
N1	77
N2	152
Totalt	229

For både USM-sensor og løse etiketter er det rapportert betraktelig flere tilfeller på N2 enn på N1.

### *Andel skift med rapportert stopp*

<b>USM-sensor</b>	
Linje	Andel skift med stopp
N1	5,4 %
N2	8,9 %
N1 & N2	7,2 %

<b>Løse etiketter</b>	
Linje	Andel skift med stopp
N1	13,3 %
N2	25,0 %
N1 & N2	19,3 %

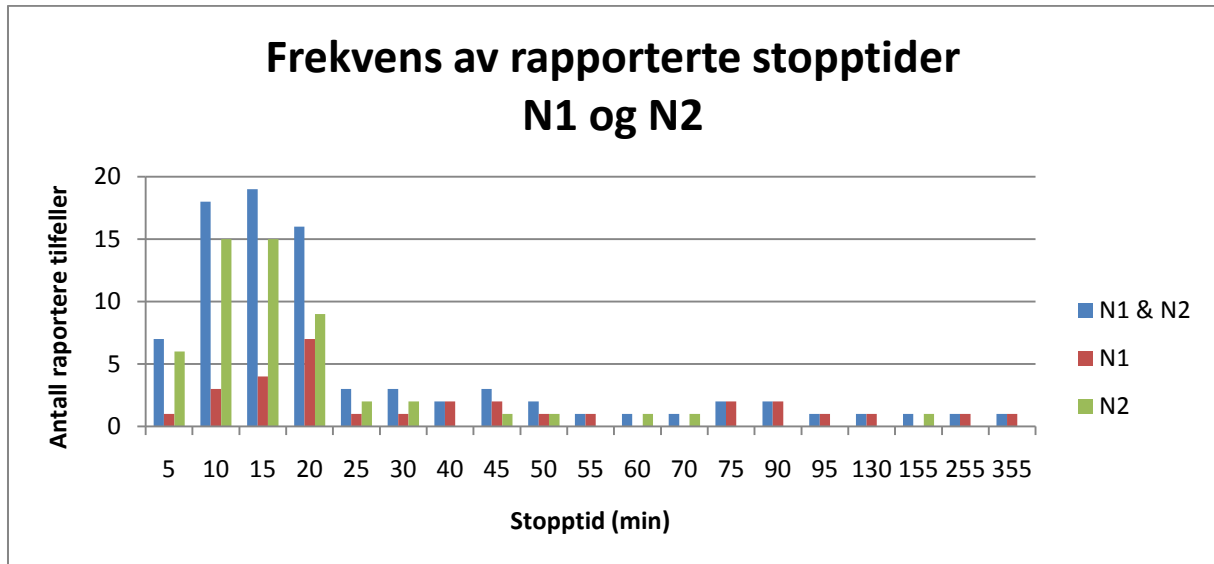
De omtalte feiltypene gjentar seg relativt ofte og felles for begge er at det rapporteres om stopptid på en større andel av skiftene på N2 enn på N1.

### *Gjennomsnittlig stopptid ved rapportert stopp (Mean Down Time, MDT):*

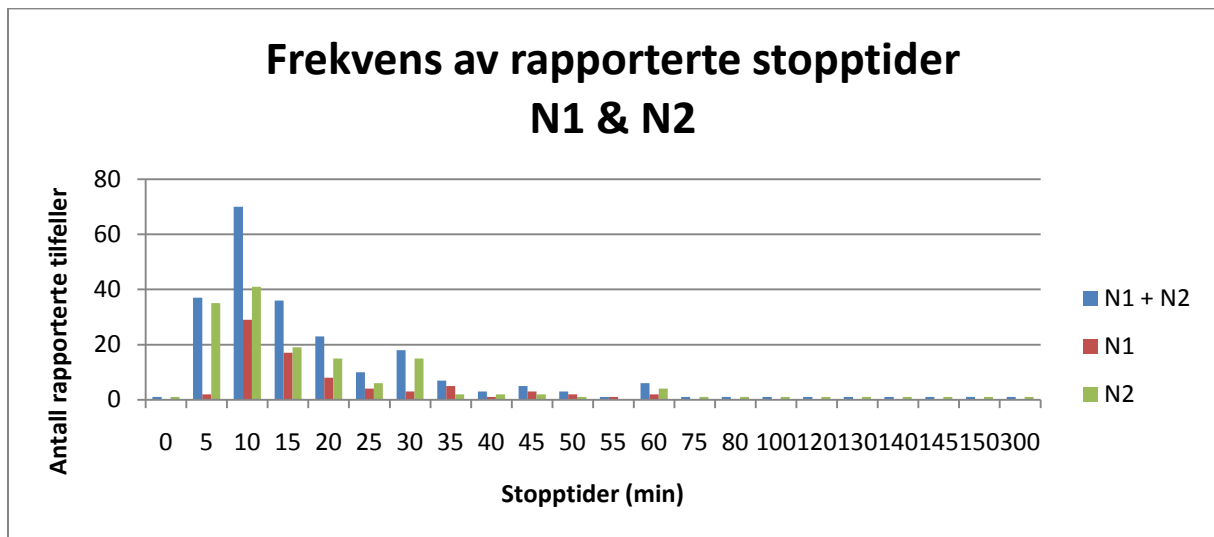
<b>USM-sensor</b>	
Linje	MDT (min)
N1	55,8
N2	19,9
N1 & N2	33,0

<b>Løse etiketter</b>	
Linje	MDT (min)
N1	19,9
N2	23,3
N1 & N2	22,1

Gjennomsnittlig stopptid for begge feiltypene er noe høyere enn de andre feiltypene som hittil har blitt gjennomgått i analysen. For løse etiketter er det ingen store avvik mellom gjennomsnittlig stopptid for linjene, mens det for USM-sensor tar betraktelig lenger tid å utbedre en stopp på N1 enn på N2. Dette fremkommer også av grafen vist under (Figur 32) Det må dog bemerkes at med såpass få rapporterte stopp (31 tilfeller for N1) kan enkelthendelser som avviker fra normalen i form av lang stopptid som følge av ekstraordinære forhold påvirke den gjennomsnittlige stopptiden i stor grad.



Figur 33 Frekvens av rapporterte stopptider USM-sensor



Figur 34 Frekvens av rapporterte stopptider løse etiketter

### 9.6.2.1 Annen informasjon

Observasjon av sniffer i drift bekrefter dataene ovenfor da det ble observert betraktelig større ansamlinger av etiketter på N2 enn på N1. Dette virker å ha en logisk forklaring i at flaskene på N2 er mindre enn på N1, noe som gjør at blant annet gripere og ledeskrue kommer i direkte kontakt med etikettene og at disse derfor rives av lettere. Dette er vist i Figur 34 og i Figur 35





Figur 35 Etikettansamlig griper



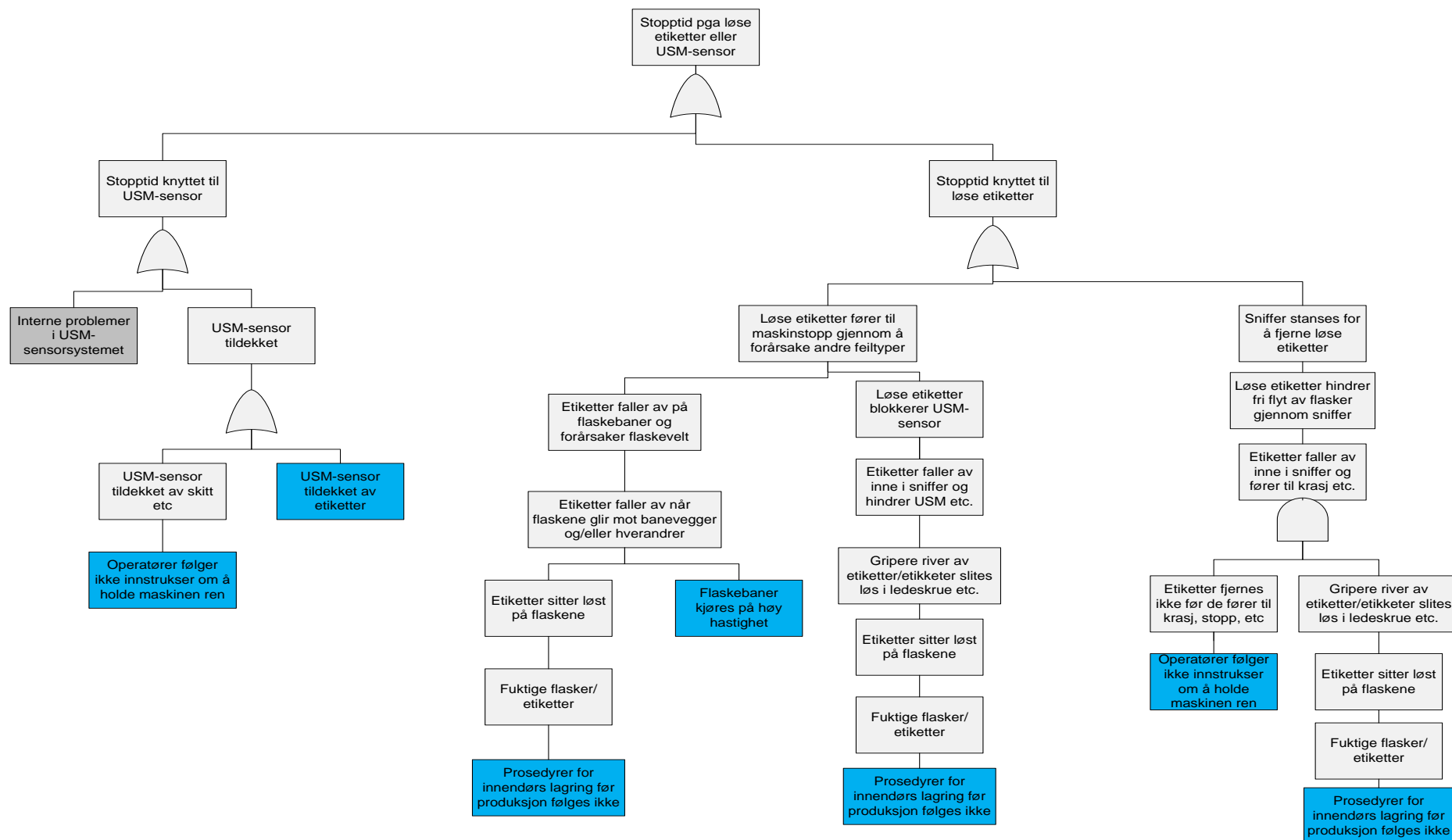
Figur 36 Etikettansamling ledeskrue

Samtidig er etiketter på N1 større enn N2. Dette kan føre til at det lettere blir opphopning og etikettene vil ha større sannsynlighet for å lede til problemer når de først detter av. Siden stopptid ofte akkumuleres over skiftet før den registreres kan dette være bakgrunnen for N1 har lengre stopptid for USM-sensor når problemet inntreffer.

### 9.6.3 Årsaker løse etiketter og USM-sensor

Som for flaskevelt er identifiserte årsaker presentert ved hjelp av et feiltre (Figur 36). De ulike årsakene diskuteres under.





Figur 37 Feiltre USM-sensor og løse etiketter

### 9.6.3.1 USM-sensor tildekket av etiketter

USM-sensoren fungerer som beskrevet i kapittel 8.2 ved gjennomlysning av restflaskene. Det er derfor åpenbart at dette systemet mister funksjonsevnen hvis det dekkes til med etiketter. Som nevnt ovenfor har etiketter lett for å falle av når de holdes av gripere inne i sniffere og kan derfor lett legge seg slik at USM-sensoren blir hindret. Et eksempel på dette er vist i Figur 37.



Figur 38 USM-sensor etikett

### 9.6.3.2 Prosedyrer/instrukser for rydding og renhold følges ikke

Når etiketter faller av er det behov for å fjerne disse med jevne mellomrom for å hindre opphoping og maskinstans. Flere kilder (Operator CCD, 2010) påpeker at renholds- og ryddeinstrukser kun følges sporadisk og at det som regel er mye skitt og rot inne i snifferen. Dette fører enten til at systemet stopper fordi etiketter blokkerer sensorsystemer eller til at operatører må stoppe maskinen på ugunstige tidspunk for å rydde for å unngå krasj.

### 9.6.3.3 Prosedyrer for innendørs lagring av tomgods følges ikke

En av de viktigste rotårsakene bak problemet løse etiketter er at returflaskene lagres utendørs før de benyttes i produksjonen. Dette fører til at etiketter blir våte og dermed løsner lettere enn de ellers ville ha gjort. Som nevnt i avsnitt 8.1.1.1 følges ikke instruksjonen om 48 timers innendørs lagring før flaskene benyttes. Mange av de andre årsakene som nevnes i denne analysen forsterker sin effekt fordi disse prosedyrene ikke følges.

### 9.6.3.4 Flaskebaner og sniffer kjøres på høy hastighet

Dette kan relateres til stopp på snifferen da de gjentatte stoppene fører til at sniffer og transportbånd må kjøres opp mot maksimal kapasitet fordi snifferen blir flaskehalsen i produksjonssystemet. Undersøkelsen viser at det er klar sammenheng mellom problemet løse etiketter og hastigheten sniffersystemet kjøres på.

## 9.7 Sensorhendelser

### 9.7.1 Beskrivelse av problemet

Disse uønskede hendelsene er som nevnt ovenfor en sammenslutning av feiltypene ”MIPAN-sensor”, ”PFL-sensor” og ”Motinnblåsning” fra stopptidsloggene for snifferen. Til tross for at disse omtales som ”sensorhendelser” vil denne oppgaven i liten grad fokusere på feil på selve sensorsystemene. Dette gjøres rett og slett fordi kun en neglisjerbar del av nedetiden skyldes feil som direkte knyttes til sensorene (Forbedringsteam CCD, 2010). Hovedandelen av stopptiden skyldes heller ulike forhold som fører til at sensorsystemene settes ut av spill ikke kan registrere kontaminerte flasker til tross for at disse fortsatt har opprettholdt sin funksjonsevne. Eksempler på et slikt forhold kan være høy konsentrasjon av ønskede stoffer i luften inne i snifferen slik at de relevante sensorsystemene vil oppfatte dette som om alle flaskene inneholder denne substansen, eller at restvæske trekkes inn i systemet og paralysere analyseenhetene. På bakgrunn av dette vil den videre årsaksanalysen ikke gå inn på feil som direkte knyttes til sensorsystemene isolert sett, men på utenforliggende forhold som at hindrer systemene i å oppfylle sine hovedfunksjoner.

#### 9.7.1.1 Motinnblåsning

Denne feiltypen går kort fortalt ut på at snifferens prøvetakingssystem har en sikkerhetsanordning som går ut på at det gjøres en ”motinnblåsning” når det detekteres at væske er på vei inn i systemet. Skulle dette skje vil det potensielt gjøre stor skade på sensorsystemene, og motinnblåsningsmekanismen er utformet slik at systemet umiddelbart blåser en prøve som er sugd inn i snifferrøret tilbake hvis denne inneholder væske. Motinnblåsning fører til at snifferen stopper og alle flaskene som befinner seg inne i sniffer på det aktuelle tidspunktet blir avvist av snifferen som kontaminerte.

Dette er i seg selv ikke en feil på snifferen, men er likefullt en feiltype som registreres separat i stopptidslogger.

#### 9.7.1.2 MIPAN-sensor

Feil registreres som MIPAN-sensor hvis snifferen avviser en urimelig høy andel av flaskene på grunn av MIPAN-sensoren, noe som indikerer at denne ikke fungerer som den skal, eller at det foreligger faktorer som setter den ut av spill. I tillegg viser samtaler med operatører at denne feiltypen ofte registreres i forbindelse med sniffertester der testflasker ikke blir gjenkjent av MIPAN-systemet. I mange tilfeller blir da mekaniker tilkalt og disse registrerer stopptiden som MIPAN-sensor.

#### 9.7.1.3 PFL-sensor

Feiltypen PFL-sensor kan beskrives på samme måte som for MIPAN-sensor ovenfor.

## 9.7.2 Analyse av stopptidslogger

*Total stopptid***PFL**

Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	575	2,4 %
N2	635	2,0 %
N1 & N2	1210	2,2 %

**MIPAN-sensor**

Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	821	3,4 %
N2	2902	9,2 %
N1 & N2	3723	6,7 %

**Motinnblåsning**

Linje	Total stopptid (min)	% av total nedetid alle feiltyper
N1	0	0 %
N2	775	2,5 %
N1 & N2	775	1,4 %

Loggene viser at sensorhendelser står for en relativt liten andel av den totale stopptiden hver for seg, men at de samlet utgjør en betydelig stopptidsårsak. Feiltypen PFL-sensor gir omtrentlig like mye stopptid på N1 og N2. Mipan-sensor gir vesentlig mer stopptid på N2 enn på N1. Motinnblåsning er et problem som kun gjelder N2.

*Antall rapporterte stopp*

---

<b>PFL</b>	
Linje	Antall registrerte stopp
N1	8
N2	21
Totalt	29

---

---

<b>MIPAN-sensor</b>	
Linje	Antall registrerte stopp
N1	12
N2	56
Totalt	68

---

---

<b>Motinnblåsning</b>	
Linje	Antall registrerte stopp
N1	0
N2	48
Totalt	48

---

For alle feiltypene i denne hendelsesgruppen blir det rapportert om betydelig flere tilfeller på N2 enn på N1.



*Andel skift med rapportert stopp*

---

<b>PFL</b>	
Linje	Andel skift med stopp
N1	1,4 %
N2	3,4 %
N1 & N2	2,4 %

---

<b>MIPAN-sensor</b>	
Linje	Andel skift med stopp
N1	2,1 %
N2	9,2 %
N1 & N2	5,7 %

---

---

<b>Motinnblåsning</b>	
Linje	Andel skift med stopp
N1	0,0 %
N2	7,9 %
N1 & N2	4,0 %

---

For alle feiltypene er det tydelig at disse gjentar seg hyppigere på N2 enn på N1. Allikevel er gjentakelsesfrekvensen for disse hendelsene lavere enn for de andre feiltypene som undersøkes i denne analysen, selv for N2.

*Gjennomsnittlig stopptid ved rapportert stopp (Mean Down Time, MDT):*

<b>PFL</b>	
Linje	MDT (min)
N1	71,9
N2	30,2
N1 & N2	41,7

<b>MIPAN-sensor</b>	
Linje	MDT (min)
N1	68,4
N2	51,8
N1 & N2	54,8

<b>Motinnblåsning</b>	
Linje	MDT (min)
N1	N/A
N2	16,1
N1 & N2	16,1

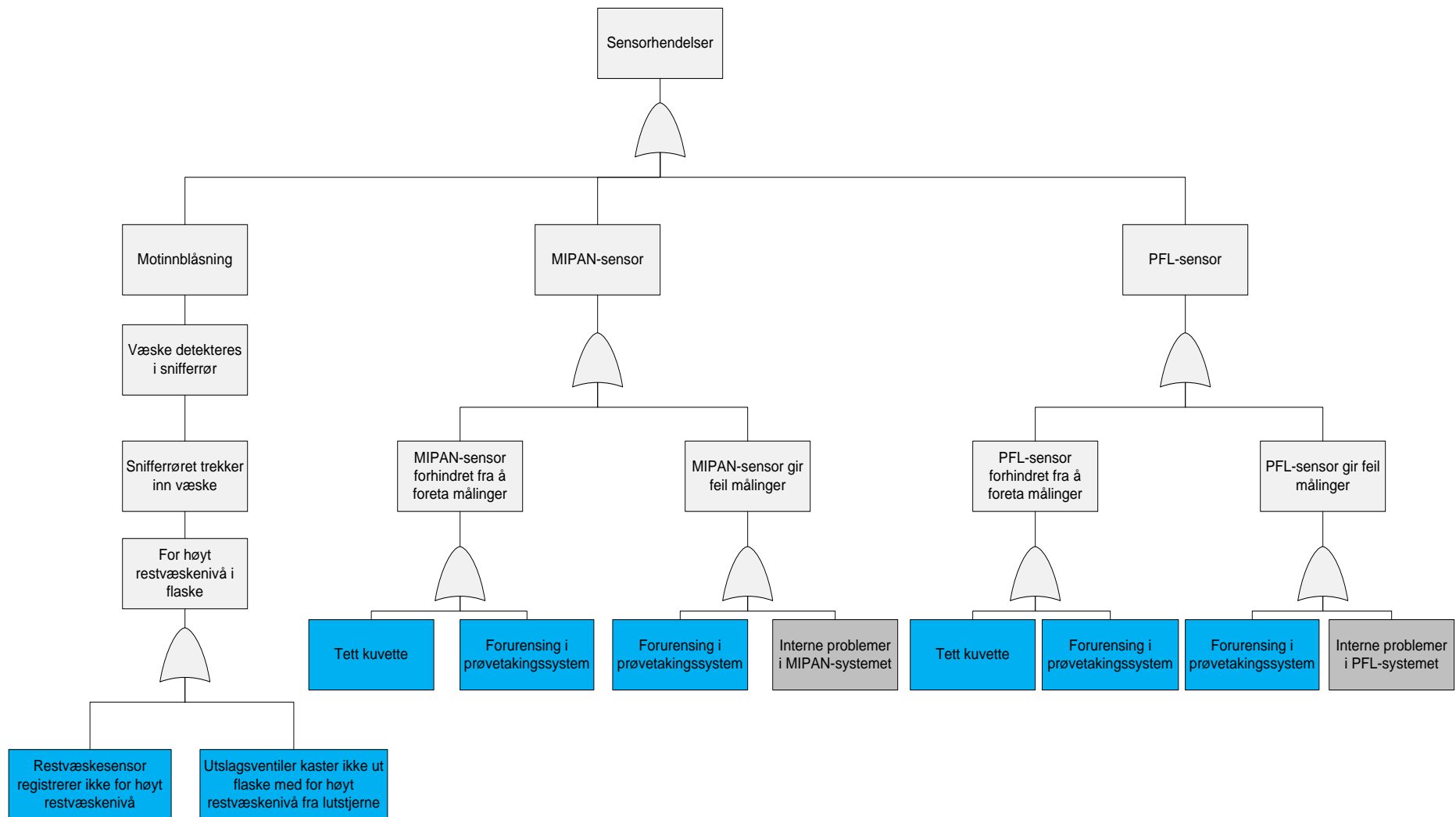
Vi ser at sensorhendelser i motsetning til de andre hendelsene som undersøkes fører til relativt lang stopptid når de først inntreffer. Unntaket er motinnblåsning som fører til en relativt lav gjennomsnittlig stopptid. Verdt å merke seg er at for både PFL- og MIPAN-sensor er den gjennomsnittlige stopptiden ved en rapportert hendelse betraktelig høyere på N1-linjen enn på N2-linjen.

#### *9.7.2.1 Annen informasjon*

I følge stopptidsanalysen er dette et problem som er av mye større betydning på N2 enn på N1. Dette kan enkelt forklares med flaskenes størrelse da en relativt stor andel av disse problemene består i at sensorsystemet blir ”forurenset” med innholdet i flaskene. Det er bare naturlig at dette skjer oftere med 0,5L flasker der avstanden fra snifferrør til restvæske er mye mindre enn den er på 1,5L flasker.



## 9.7.3 Årsaker sensorhendelser



Figur 39 Feiltre sensorhendelser

### 9.7.3.1 Restvæskesensorer registrer ikke for høyt restvæsknivå

Dette problemet er en årsak bak hendelser for sensorsystemene fordi en god del av stopptiden knyttet til disse skyldes inntak av restvæske i systemene. Feil på restvæskesensorer gjør at flasker som skulle blitt skilt ut får fortsette inn i snifferen, noe som gjør at prøvetakingssystemet kan trekke dette inn. En grundigere analyse av dette problemet er ikke gjort i denne RCAen.

### 9.7.3.2 Utslagsventiler kaster ikke ut flasker med høyt restvæsknivå

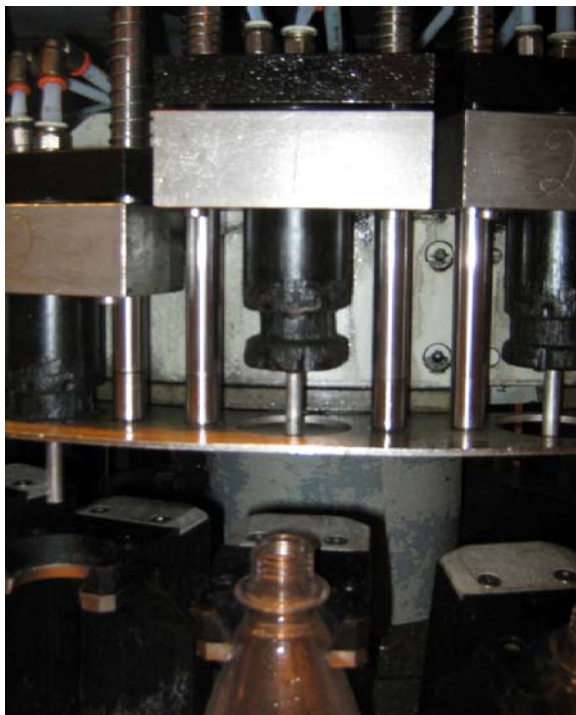
Dette er også et problem som får samme konsekvenser som restvæskesensorproblemene beskrevet ovenfor. Hvis utslagsventiler ikke klarer å kaste ut de flaskene som er identifisert med for høyt restvæsknivå kan dette føre til at prøvetakingssystemet trekker inn restvæske. Problemer med utslagsventiler har ofte sammenheng med høy driftshastighet og at flere flasker med høyt restvæsknivå kommer etter hverandre (Vedlikeholdsplanlegger CCD, 2010).

### 9.7.3.3 Tett kyvette

Gassprøvene som tas fra flaskene passerer gjennom en meget trang kyvette. Denne har lett for å tettes ved utilstrekkelig renhold, noe som setter sensorsystemene ut av spill.

### 9.7.3.4 Forurensing i prøvetakingssystem/manglende renhold

I opplæringsdokumenter for snifferen (Unisensor GmbH, 2000) påpekes viktigheten av renhold for at analysesystemene skal fungere optimalt. Analysesystemene er meget sensitive for skitt og forurensing og kan fort settes ut av spill hvis dette trekkes inn i snifferrøret. Illustrasjoner av prøvetakingssystem og snifferrør er vist i Figur 39, Figur 40 og Figur 41.



Figur 40 Gassprøvetaking 1



Figur 41 Gassprøvetaking 2



Figur 42 Prøvetakingssystem

I mange tilfeller kan forurensing av prøvetakingssystem relateres til manglende utført renhold.

#### *9.7.3.5 Interne problemer i analysesystemene*

Interne feil på analysesystemer har ikke blitt betraktet i denne RCAen. Det ville både gjort analysen for omfattende og går ut over forfatterens tekniske innsikt.

## 9.8 Korrektive tiltak

I dette avsnittet presenteres potensielle korrektive tiltak som kan bidra til å eliminere eller redusere de problemene som har blitt undersøkt. Tiltakene blir diskutert og det indikeres hvilke rotårsaker de kan bidra til å eliminere. Verdt å merke seg er at CCD allerede planlegger, eller i noen tilfeller allerede har iverksatt de foreslåtte tiltak. Disse var ikke iverksatt når dette prosjektet startet og er derfor ikke en del av grunnlaget for analysen.

### 9.8.1 Innføring av redundant sniffer

Våren 2010 ble det innført en redundant sniffer på linje N2. Den nye sniffere opererer i parallell med det opprinnelige systemet, noe som kalles aktiv redundans (Rausand, 2004). Innføring av redundans har mange åpenbare fordeler.

For det første gjør en ekstra sniffer at stopp på en sniffer ikke lenger gjør at systemet stopper opp da drift kan fortsette på den andre sniffere. Som det ble poengtert i analysen ovenfor er en meget stor andel av snifferstoppene korte stopp på mindre enn 10 min. I slike tilfeller vil oppspart buffer og drift på en sniffer være nok til å eliminere konsekvensene av stoppen.

Videre kan det ved normal drift på begge sniffere kjøres på lavere hastigheter enn hva som var tilfellet med kun en sniffer. Som det har blitt poengtert ovenfor har driftshastighet en klar sammenheng med mange av feilårsakene slik at redusert hastighet kan bidra til å redusere disse. For eksempel har problemet med løse etiketter blitt kraftig redusert som følge av redusert driftshastighet (Vedlikeholdssjef CCD, 2010).

### 9.8.2 Utendørs lagertelt for tomgods

Et gigantisk utendørs telt med innlagt varme for lagring av tomgods er under planlegging (Vedlikeholdssjef CCD, 2010). Dette er et tiltak som har eksistert tidligere med gode resultater, men som måtte fjernes av byggetekniske årsaker. Det er knyttet store forventninger til at dette lageret skal redusere problemer med løse etiketter og flaskevelt i stor grad.

### 9.8.3 Endring av prosedyrer for sniffertest

Prosedylene for sniffertesten bør gjennomgås med tanke på å utvikle en instruks som gjør at testen kan gjennomføres uten at det fører til reduksjon i SLE. Dette fordi sniffertesten er pålagt og derfor ikke kan sees på som tilgjengelig produksjonstid. Et alternativ er å se på muligheter for å utvikle en prosedyre der man gjør en så liten inngripen som mulig i normal produksjon.

### 9.8.4 Luftkniver for fjerning av etiketter fra transportbånd

For å eliminere problemet med løse etiketter som legger seg på transportbånd og forårsaker flaskevelt har det på N1 linjen blitt installert 10 stk luftkniver som blåser luft langs transportbåndet og fjerner eventuelle



etiketter. En slik luftkniv er vist i Figur 42



Figur 43 Luftkniv etiketter på transportbånd

Dette tiltaket har hittil vist gode resultater.

#### 9.8.5 Innføring av 5S i snifferområdet

Rotårsaksanalysen avslører at en meget stor del av feilene på en eller annen måte kan knyttes til manglende renhold og rydding i og rundt snifferen. Innføring av 5S i dette området kan bidra til å redusere disse faktorene. I dette arbeidet bør det legges stor vekt på å utvikle en 5S-holdning blant operatører ved å fremvise de åpenbare fordelene ved innføring av 5S.

#### 9.8.6 Kjøring med NY-PET for å begrense virkning av snifferstopp

Som nevnt i kapittel 8 er produksjon med NY-PET et alternativ til å benytte REF-PET som må gjennom snifferen. Det ble nevnt en del ulemper med bruk av NY-PET, men samtidig påpekt at det var et behov for å "fylle på" med slike flasker med jevne mellomrom for å opprettholde antallet flasker i omløp. Dette fordi om lag 20% av flaskene forsvinner per omløp (Produksjonssjef CCD, 2010). Et tettere samarbeid mellom vedlikeholds- og produksjonsavdeling kan føre til at dette alternativet i samkjøres med planlagte stopp på sniffere i enda større grad enn det som gjøres i dag. På denne måten kan produksjonene opprettholdes selv om sniffer(e) er ute av drift.

#### 9.8.7 Bedre opplæring av operatører

Som nevnt i avsnitt 8.3.4 er det allerede tiltak underveis for å bedre opplæringsprosedyrene for operatører. RCAen viser at til tross for at prosessen som har blitt undersøkt i utgangspunktet er helautomatisert har fortsatt operatørene meget stor påvirkning på effektiviteten snifferen kan kjøres med. Et nytt opplæringsystem bør også fokusere på holdninger og eierskap til prosessen. God kunnskap kan ikke gjøre opp for manglene vilje til å gjøre en god jobb.

## 10 Oppsummering og konklusjoner

I denne rapporten har forfatteren etter beste evne forsøkt å svare på problemstillingene stilt i oppgaveteksten. Vedlikeholdsstyringen ved CCD har blitt evaluert og status har blitt presentert. Vedlikeholdsorganisasjonen har naturligvis mange forbedringsområder, men den største styrken kan sies å være viljen til å utvikle seg og ta nye steg på veien mot WCM (World Class Maintenance).

Deretter blir det presentert et utkast til et fremtidig dashboard som kan fungere som inspirasjon og idégrunnlag i arbeidet med inkludere KPIer i den daglige styringen av vedlikeholdsprosesser. Det blir presisert viktige holdepunkter som bør følges når KPIer skal utvikles og presenteres. Bruk av CMMS i arbeidet med KPIer og dashboards anses som mulighet som bør forfølges videre.

Videre har det blitt tegnet en skisse til utvikling av en formalisert og standardisert RCA-metodikk til bruk i bedriften. En slik metodikk bør bygge videre på teorigrunnlaget som er lagt i håndboken ”Rotårsaksanalyse” som ble utformet som en del av en prosjektoppgave høsten 2009 av denne forfatteren. Dette fundamentet kan bygges ut ved å opprette klare prosedyrer og standarder for gjennomføringen. Et viktig punkt er at mest mulig av rapporter, maler, standarder og prosedyrer bør gjøres elektroniske med tanke på enkel lagring, analyse og presentasjon av resultater og informasjon.

Rapporten avrundes med en presentasjon av sniffersystemet og en påfølgende rotårsaksanalyse for utvalgte uønskede hendelser for dette systemet. Det identifiseres flere bakenforliggende årsaker som kan forklarer hvorfor snifferen opplever så høy stopptid at den blir en flaskehals i produksjonssystemet. Tilslutt blir et utvalg tiltak som kan bidra til eliminasjon av disse årsakene presentert og diskutert.

Det er dog verdt å merke seg at rapporten har en del klare begrensninger da ikke alle temaer kan presenteres i like stor detalj. Det har blitt lagt vekt på en oversiktlig, logisk og klar fremstilling fremfor inngående teoretiske diskusjoner.

Opgaveteksten åpner ikke for at det skal trekkes noen bastante konklusjoner i denne rapporten. Skal man allikevel trekke ut noen hovedpunkter må det være at målstyring av vedlikehold er veien å gå for å oppnå kontinuerlig forbedring. Videre er strukturerte rotårsaksanalyser en del av ethvert moderne vedlikeholdskonsept. Rotårsaksanalysen utført på et kritisk system i produksjonen hos CCD avslørte at det finnes store rom for forbedring gjennom eliminasjon av de mest kritiske hendelsene. En slik eliminasjon kan oppnås ved utvikling og implementering av korrektive tiltak, noe som allerede er bevist når det gjelder snifferen.

## 11 Ordliste:

### A

*ASEBI* – "All Surface Empty Bottle Inspector". Flaskekontroll for utskillelse av slitte/defekte flasker, eller flasker som inneholder uønskede gjenstander

### B

*BEC* – Basic Equipment Care

*BIB* – Bag in Boks, produkt brukt i dispensere o.l.

*BIG* – Bottling investment group

### C

*CCC* – The Coca-Cola Company

*CCD* – Coca-Cola Drikker AS

### D

*Datastream (MP2)* – CMMS i bruk i vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD

*Direkte årsak* – Den årsaken som forårsaker en uønsket hendelse eller problem. Kan være den første årsaken i en årsaksrekke

### E

*Etikettmaskin* – Maskin i produksjonssystemet ved CCD. Setter etiketter på ferdige produkter.

*ExiM* – Excellence in Maintenance. Elektronisk vedlikeholdsstyringsverktøy i bruk ved CCD

### F

*Forebyggende vedlikehold* – Vedlikehold utført før svikt med formål å holde en gjenstand i funksjonell tilstand

*Fiskebensdiagram* – Verktøy brukt i rotårsaksanalyser

### G

*GAP-analyse* – Tilstandsanalyse som baserer seg på å sammenligne status med ønsket tilstand

*GMP* – Good Manufacturing Practice

### H

*HF-sensor* – Sensorsystem som kontrollerer restvæsknivået i returflasker på vei inn i sniffer

*HMS* – Helse, miljø og sikkerhet

## J

*JIT* – Just In Time, japansk produksjonsfilosofi som i korte trekk går ut på produsere nøyaktig det antall deler som trengs akkurat til det tidspunktet der er behov for dem og dermed eliminere sløsing og mellomlagring.

## K

*Kanban* – Produksjonsstyringssystem basert på sugprinsippet. Det vil si at forbrukes en komponent/del utløser dette en ”produksjonsordre” bakover i til foregående stasjon i produksjonslinjen

*Kontaminert* – Forurenset. I denne oppgaven brukt om flasker som har/har hatt et innhold som gjør den uegnet til gjenbruk.

*Konturkamera* – Sensorsystem som kontrollerer flasker på vei inn i snifferen

*Korrektivt vedlikehold* – Vedlikehold utført etter en svikt for å gjenopprette funksjonsevnen til en gjenstand

*KPI* – Key Performance Indicators

*Krones* – Firma brukt til outsourcing av vedlikehold på flaskebaner

## L

*Lean Manufacturing* – Produksjonsfilosofi som går ut på å eliminere alle former for ”sløsing” i produksjonen.

*Liese* – Firma brukt til delvis outsourcing av mekanisk vedlikehold på sniffer

## M

*MDT* – Mean Down Time

*MIPAN* – Analysesystem i sniffer. Analyserer gassprøve tatt fra returflaskene.

*MTTR* – Mean Time To Repair

## N

*N1* – Produksjonslinje for mineralvann på 1,5L flasker

*N2* – Produksjonslinje for mineralvann på 0,5L flasker

*Nedetid* – Ekvivalent med stopptid

*NY PET* – Ubrukte PET-flasker

## O

*OPT* – Optimized Production Technology

## P

*PFL* – Analysesystem i sniffer. Analyserer innholdet i returflasker i gassfase

## Q

*Q-doc* – Kvalitet- og dokumenthåndteringssystem brukt ved CCD.

## R

*RCA* - Rotårsaksanalyse

*RCM* – Reliability Centred Mainenance

*REF PET* - Returflasker

*Restvæske* – Fellesbetegnelse på gjenværende væske i returflasker

*Rotårsak* - En årsak som, hvis den blir utbedret, forhindrer gjentakelse av den aktuelle og lignende hendelser.

*Rotårsaksanalyse* – En strukturert analyse som har som formål å identifisere de virkelige bakenforliggende årsakene bak uønskede problemer og hendelser, samt tiltak for å eliminere disse

## S

*Skumming/ oppskumming* – Høyfrekvent lyd som aktiverer kullsyre i mineralvannet. Brukes å kontrollere tette flasker

*SLE* – Effektivitetsmål brukt i produksjonen ved CCD. Angir faktisk produksjon i forhold til teoretisk produksjon

*Sniffer* – Maskin i produksjonssystemet ved CCD. Hovedfunksjon å identifisere og fjerne kontaminerte returflasker fra videre produksjon

*Snifferrør* – Rør som senkes ned i returflaskene og suger ut en gassprøve

*Sniffertest* – Påkrevd testing av snifferens funksjonsevne. Består av en gasstest og en test v.h.a. testflasker

*Spektralanalyse* - kjemisk analyse av et stoff ved hjelp av de lysstråler stoffet sender ut (emisjonsspektrum) eller absorberer (absorpsjonsspektrum)

*Stopptid* – Ekvivalent med nedetid. Tid hvor en gitt installasjon er ute av funksjon

*Symptomer* – de åpenbare tegnene på en feil eller et problem

## T

*Tapper* – Maskin i produksjonssystemet ved CCD. Fyller mineralvann på PET-flasker

## U

*Unisensor GmbH* – Leverandør av sensorssystemer til snifferen

*USM* – Analysesystem i sniffer. Analyserer innhold i REF-PET-flasker i væskefase ved hjelp av gjennomlysning

*USP* – Analysesystem i sniffer. Analyserer gassprøve tatt fra REF-PET-flasker ved hjelp av spektralanalyse

V

*Vedlikehold* - En kombinasjon av all 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

*Vedlikeholdsstyring* - Alle ledelsesaktiviteter som fastsetter vedlikeholdsmålsetninger, strategier og ansvarsfordelinger, samt implementerer disse gjennom vedlikeholdsplanlegging, kontroll og overvåking, forbedring av metoder i organisasjonen, inkludert økonomiske aspekter.

X

*X-ray* – Analysesystem i sniffer som måler restvæskennivå i returflaskene

5

*5-why* – Metode brukt i rotårsakanalyser. Brukes for å arbeide seg steg for steg bakover i en årsaksrekke ved stille spørsmålet ”hvorfors?” gjentatte ganger til man har identifisert rotårsaken bak et problem/hendelse

## 12 Referanser

- AMMERMAN, M. (1998) *The Root Cause Analysis Handbook: A Simplified Approach to Identifying, Correcting, and Reporting Workplace Errors*.
- ANDERSEN, B. (1999) *Business process improvement toolbox*, Milwaukee, Wis., ASQ Quality Press.
- ANDERSEN, B. & FAGERHAUG, T. (2002) *Performance measurement explained: designing and implementing your state-of-the-art system*, Milwaukee, Wis., ASQ Quality Press.
- ANDERSEN, B. & FAGERHAUG, T. (2006) *Root cause analysis: simplified tools and techniques*, Milwaukee, Wis., ASQ Quality Press.
- CATO, W. W. & KEITH MOBLEY, R. (2002a) CMMS Justification. *Computer-Managed Maintenance Systems (Second Edition)*. Woburn, Butterworth-Heinemann.
- CATO, W. W. & KEITH MOBLEY, R. (2002b) Definition of a CMMS. *Computer-Managed Maintenance Systems (Second Edition)*. Woburn, Butterworth-Heinemann.
- CCD (2010) Interne nettverkssider, generell informasjon.
- CEN (2001) Maintenance Terminology. *EN 13306*.
- CEN (2005) Maintenance Key Performance Indicators. *prEN 15341*.
- CHIANG, S. Y. (2000) DT-bottlenecks in serial production lines: theory and application. *IEEE transactions on robotics and automation*, 16, 567.
- E. PEDERSEN (1999) Vedlikeholdskurs Sniffer.
- EXIM STYRINGSGRUPPE (2009) ExiM styringsgruppe.
- FORBEDRINGSTEAM CCD (2010) Produksjon, vedlikehold og sniffer. Lørenskog.
- INNKJØPSANSVARLIG VEDLIKEHOLD CCD (2010) Innkjøp og reservedeler CCD. Lørenskog.
- KJENSBEKK, D. M. RCM-beslutningsmatrise.
- KJENSBEKK, D. M. (2010a) Line Stop and Call Process Flow.
- KJENSBEKK, D. M. (2010b) Moderne vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsplanlegging ved Coca-Cola Drikker AS (CCD).
- KJENSBEKK, D. M. (2010c) Organisasjon CCDN7800.
- KJENSBEKK, D. M. & FUGLESANG, S. J. (2009) Exim assessment v/5.
- KOCH, A. (2003) OEE Industry Standard.
- LINJELEDER N2 (2010) Produksjon og sniffer. Lørenskog.
- MOUBRAY, J. (1997) *Reliability-centered maintenance*.
- MURTHY, D. N. P. (2008) Maintenance. Trondheim.
- OLSZEWSKI, R. RCM Success starts with CMMS.
- OPERATØR CCD (2010) Produksjon og sniffersystem. Lørenskog.
- PEGELS, C. C. (2005) Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16, 302.
- PRODUKSJONSSJEF CCD (2010) Produksjon og sniffersystem. Lørenskog.
- PRODUKSJONSSJEFER CCD (2009) Stopptider N1 og N2 2009.
- RAUSAND, M. (2004) *System reliability theory: models, statistical methods, and applications*.
- RISENG, M. (2009) Rotårsaksanalyse.
- ROLSTADÅS, A., ANDERSEN, B. & SCHJØLBERG, P. (1999) *Produksjons- og driftsteknikk*, Trondheim, Tapir forlag.
- THE COCA COLA COMPANY Supply Chain Metrics Handbook. *Financial Drivers and Key Performance Indicators*.
- TRIGGS, D. (2006a) Flaskeinspeksjon.
- TRIGGS, D. (2006b) Sniffer - renhold - registreringsskjema.
- TRIGGS, D. (2007) Sniffer - drift og renhold.
- TRIGGS, D. (2009) SLE. Lørenskog.
- UNISENSOR GMBH (2000) Training Manual.
- UNISENSOR GMBH (2010) Innocheck FS Brochure.
- VATN, J. (2007) Maintenance Optimisation.
- VEDLIKEHOLDSPANLEGGER CCD (2010) Produksjon, vedlikehold og sniffer. Lørenskog.
- VEDLIKEHOLDSSJEF CCD, D. M. K. (2010) Vedlikehold CCD. Lørenskog.



- WILSON, A. (2002) *Asset maintenance management: a guide to developing strategy & improving performance*, New York, Industrial Press.
- WIREMAN, T. (2005) *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance (2nd Edition)*.
- YONGCAI, W. W. (2005) Bottlenecks in production networks: an overview. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14, 347-63.

# Vedlegg 1: Utvidet sammendrag

---

# Utvidet sammendrag

---

Dette sammendraget er ment å gi en kort sammenfatning av innholdet i prosjektrapporten ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”.

I innledningen av rapporten presenteres oppgaven som har tittelen ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”. Målsetninger, arbeidsmetoder og begrensninger utpekes, og det gis en bakgrunn for oppgaven hvor det argumenteres for viktigheten av implementering av moderne vedlikeholdsstyring i en bedrift. Målsetningene kan kort oppsummert sies å være å utarbeide en rapport som kan bidra til videre utvikling av vedlikeholdsstyringen ved CCD. Dette gjøres hovedsakelig gjennom å påpeke forbedringsområder, samt skissere opp rammeverk for utvikling dashboards til bruk i vedlikeholdsstyringen og en RCA-metodikk til bruk i feilanalyser. I tillegg skal det gjennomføres en RCA for et utvalgt system og denne skal påpeke bakenforliggende årsaker til stopptid på systemet, samt tiltak som kan eliminere disse.

Hoveddelen av rapporten består av kapittel 5 – kapittel 9 som tar for seg problemstillingene som gis i oppgaveteksten. Kapittel 5 gir en grundig statusrapport for vedlikeholdsstyringen ved CCD med hovedfokus på RCA, Dashboards og KPIer, planlegging, 5S, organisering, CMMS og vedlikeholdsstyringsverktøyet ExiM. Hvert punkt diskuteres og det fokuseres på forholdet mellom den faktiske tilstanden hos CCD og den tilstanden som ønskes oppnådd. Basert på dette angis punkter hvor forbedringspotensialet er betydelig

Kapittel 6 blir brukt utvikling av et forslag til fremtidig dashboard til bruk i vedlikeholdsstyringen ved CCD. Kapitlet diskuterer KPIer som bør inkluderes i dashboardet, blant disse er SLE (effektivitetsmål ved CCD), 5S-status og ”topp-5 liste” over feiltyper. I tillegg presenteres de underordnede delmålene kvalitet, ytelse og tilgjengelighet. Det foreslåtte dashboardet følger alminnelige retningslinjer når det gjelder utforming og presentasjonsmåte. KPIer bør beregnes ved hjelp av et CMMS og presentasjonen bør skje på et elektronisk dashboard.

I kapittel 7 blir en fremtidig RCA-metodikk for CCD diskutert. Det presenteres en skisse som angir retningslinjer og tips for strukturering og formalisering av RCA-prosessen. Kapitlet støtter seg på håndboken ”Rotårsaksanalyse” skrevet av forfatteren av denne oppgaven høsten 2009. Denne håndboken gir en generell introduksjon til RCA og til diverse RCA-verktøy og metoder. En rød tråd i kapitlet er at CMMS vil spille en stor rolle i fremtidige RCA-metodikker og at det bør tas høyde for dette hos CCD.

I kapittel 8 og 9 blir det presentert en oversikt over snifferen som er et kritisk system i CCDs produksjonsanlegg. Snifferen har som hovedfunksjon å identifisere og fjerne forurensede returflasker fra produksjonsstrømmen. Til slutt gjennomføres en rotårsaksanalyse for utvalgte uønskede hendelser på snifferen. Denne munner ut i presentasjon av bakenforliggende årsaker samt potensielle korrektive tiltak som kan eliminere disse. Blant tiltakene som presenteres er introduksjon av en redundant sniffer og bygging av et utendørs ”lagertelt” med oppvarming for lagring av tomgods

Rapporten avsluttes med en oppsummering hvor det også trekkes noen generelle konklusjoner basert på presentasjonene og resultatene i prosjektrapporten.

# Vedlegg 2: Presentasjonsmateriale

---

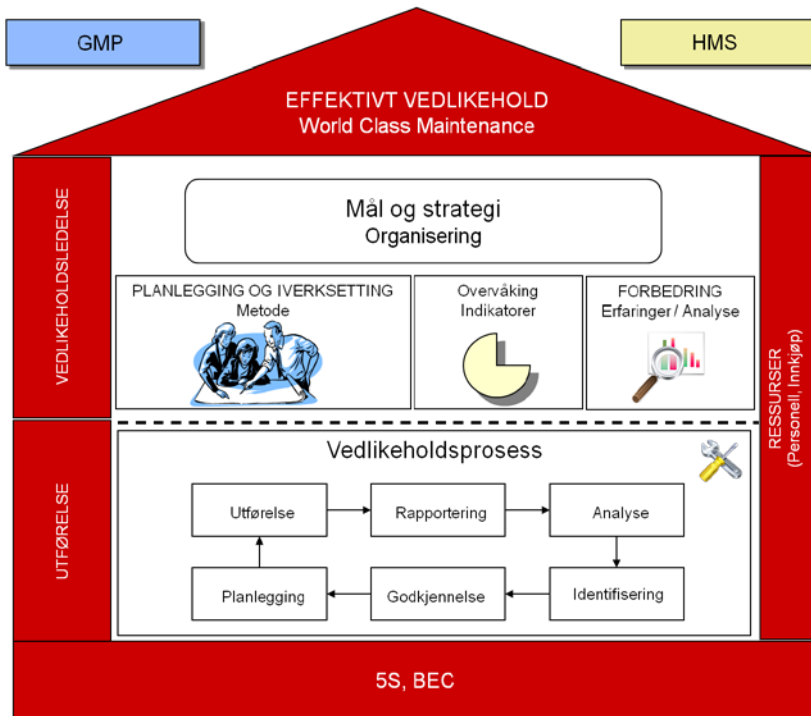
# Masteroppgave

## RCA og moderne vedlikeholdsstyring

Stud.techn Martin Riseng 2010

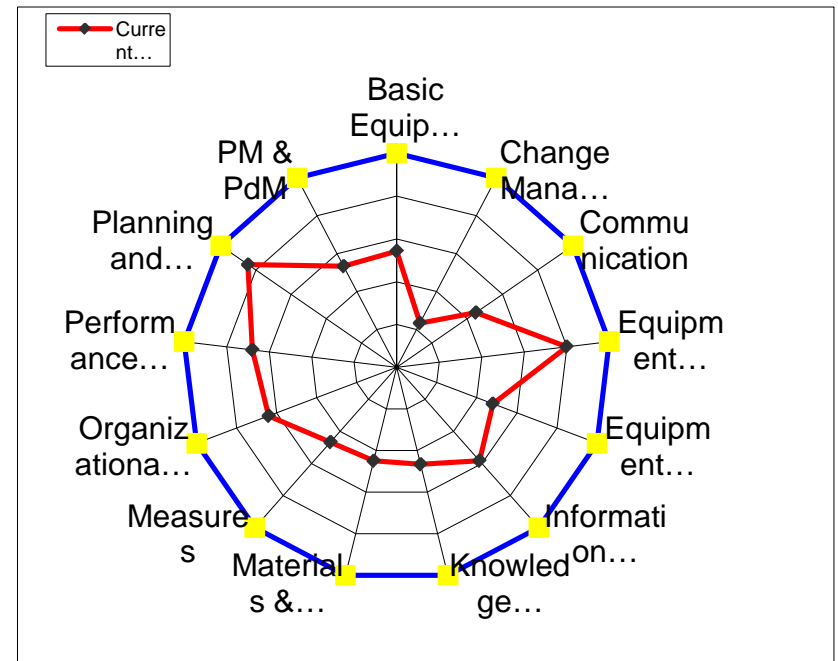


<p>1. Presentere status for vedlikeholdsstyring i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på RCA, KPIs, planlegging, 5S og organisering, CMMS, Dashboard (Gap Chart), og Exim (Excellence in Maintenance).</p>	<p>1</p>
<p>1. Skissere en fremtidig RCA-metodikk for bedriften</p>	<p>2</p>
<p>1. Foreta en "self assessment"/vurdering med etterfølgende RCA for et utvalgt system i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konkrete prosesser</li> <li>- Historikk og data fra MP2</li> <li>- Stopptidsanalyse</li> <li>- Eliminering av den skjulte fabrikk</li> <li>- GAP-Chart</li> <li>- Utarbeidelse av forbedringstiltak</li> </ul>	<p>3</p>
<p>1. Utvikle et Dashboard for kontinuerlig overvåking. Dette skal være et effektivt verktøy i planlegging og utføring av vedlikehold samt for utvikling av forbedringsforslag.</p>	<p>1</p>

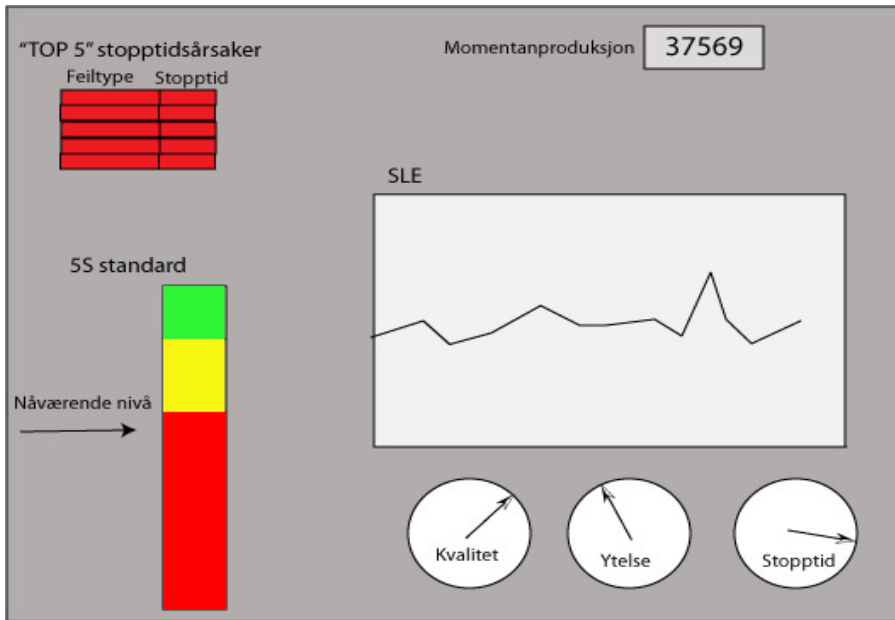


## Vedlikeholdsstyring

## Gap-analyse







Dashboards og KPI

Rotårsaksanalyse  
sniffersystem



# Vedlegg 3: Forstudierapport

---

# RCA og moderne vedlikeholdsstyring

---

## Forstudierapport

Stud. techn. Martin Riseng, NTNU

2/11/2010

## Forord

Masteroppgaven skrives våren 2010 av stud.techn. Martin Riseng.

Oppgaven er avsluttende del av en mastergrad i Produktutvikling og produksjon ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) på NTNU i Trondheim.

Oppgavetittelen er ”RCA (Root Cause Analysis) og moderne vedlikeholdsstyring”. Oppgaven skrives i tett samarbeid med Coca-Cola Drikk AS (CDD) og er basert på reelle forhold ved deres produksjonsanlegg i Lørenskog. Oppgaveteksten er utformet av Per Schjølberg, instituttleder ved IPK, og Dag Mikal Kjensbekk, vedlikeholdssjef ved CCD. Veiledere i prosjektet er Per Schjølberg og Dag M. Kjensbekk.

Trondheim 11.2.2010

Martin Riseng

## Contents

Forord.....	2
Introduksjon.....	4
Deltakere i prosjektet.....	5
NTNU, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) .....	5
Coca-Cola Drikk AS.....	5
The Coca-Cola Company.....	5
Oppgavebeskrivelse.....	6
Deloppgave 1 .....	6
Deloppgave 2 .....	6
Deloppgave 3 .....	7
Deloppgave 4 .....	7
Målsetninger .....	8
Potensielle utfordringer i arbeidet med oppgaven .....	8
Milepæler og fremdrift.....	9
Arbeidsmetodikk .....	10
Arbeidsomfang.....	11
Vedlegg .....	12
Vedlegg 1: POS (project overview statement) .....	12
Vedlegg 2: WBS (work breakdown structure).....	13
Vedlegg 3: KTR (kostnad, tid og ressurser).....	15
Vedlegg 4: Matrise for arbeidsbelastning og fremdrift .....	24
Vedlegg 5 : Graf for planlagt arbeidsomfang per uke .....	25
Vedlegg 6: Graf for planlagt kumulativt arbeidsomfang .....	26
Vedlegg 7: Fremdriftsplan (Gantt-diagram).....	27

## Introduksjon

Coca-Cola Drikker er som alle andre aktører innen norsk industri avhengig av en høy automasjonsgrad i produksjonen for å være konkurransedyktige. Automatisert produksjon med bruk av komplekse og avanserte industriroboter/maskiner krever naturligvis at vedlikehold gis høy prioritet.

Vedlikehold spiller en viktig rolle når det gjelder å maksimere utnyttelsen av et produksjonssystem. Uten et godt og velfungerende vedlikehold vil en naturlig konsekvens være at produksjonssystemets potensial ikke utnyttes fullt ut. Det er derfor essensielt med et bredt fokus på vedlikehold og moderne vedlikeholdsstyring for å maksimere ytelsen til et gitt produksjonssystem.

I moderne vedlikeholdsstyring vil rotårsaksanalyse spille en viktig rolle. Riktig utført RCA vil bidra til mer effektiv planlegging, utførelse og rapportering. Dette vil igjen resultere i økt oppetid/reduert nedetid og større produksjonskapasitet. Utvikling av en metodikk for RCA vil bidra til utvikling av en kultur for undersøkelse og eliminasjon av problemer, samt lette arbeidet med utførelse av RCA.

Generelt kan man si at man er nødt til vite hvor man står hvis man skal klare å utvikle effektive metoder for forbedring. Dette gjelder naturligvis også innen vedlikehold. En statusrapport for vedlikeholdsstyringen vil derfor være et godt utgangspunkt for videre forbedring og innarbeiding av moderne vedlikeholdsstyringsprinsipper. Et annet verktøy når det gjelder å evaluere ytelse og prestasjoner er dashboards. Utvikling av dashboards for kontinuerlig overvåkning vil bidra til mer effektiv planlegging og utførelse av vedlikehold, og dashboards kan i tillegg være et verktøy for utvikling av forbedringstiltak.

Denne forstudierapporten er ment som en forberedelse og et plandokument for masteroppgaven ”RCA og moderne vedlikeholdsstyring”. Forstudierapporten vil analysere og utdype oppgavens problemstillinger og målsetninger. Arbeidsoppgavene brytes ned i arbeidspakker og en framdriftsplan med innlagte milepæler blir presentert. I tillegg vil det gis en oversikt over arbeidsmetodikk, arbeidsomfang og ressursbruk, samt potensielle utfordringer som kan oppstå.

## Deltakere i prosjektet

### NTNU, Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK)

NTNU er Norges ledende universitet for teknologi og realfag. IPK arbeider i skjæringspunktet mellom teknologi og ledelse, og arbeider med problemer knyttet til driftsteknikk, industrialisering av produksjon samt kvalitet og sikkerhet. Instituttets arbeid og studieretninger er delt inn i følgende tre hovedområder:

- Produksjonssystemer
- Produksjonsledelse
- Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold

### Coca-Cola Drikker AS

Coca-Cola Drikker AS (CCD) har ansvaret for produksjon, salg og distribusjon av Coca-Colas produkter i Norge. CCD er landet største leverandør av alkoholfrie drikkevarer og har hovedkontor og produksjonsanlegg på Robsrud i Lørenskog, Akershus. Selskapet er heleid av The Coca-Cola Company

### The Coca-Cola Company

The Coca-Cola Company ble etablert I 1886 og er verdens ledende drikkevareselskap. Selskapet er etablert i over 200 land, har omtrent 92400 ansatte og produserer over 3000 ulike produkter.



## Oppgavebeskrivelse

Masteroppgaven skal i hovedsak omhandle rotårsaksanalyse og vedlikeholdsstyring. Prosjektet utføres i tett samarbeid med Coca-Cola Drikk AS og hele oppgaven er knyttet til deres produksjonsanlegg på Robsrud i Lørenskog.

Oppgaven er delt inn i fire deloppgaver som alle skal utføres og dokumenteres i den endelige prosjektrapporten. Deloppgavene tillegges ulik vekt og har også varierende arbeidsomfang. Viktigheten av hver enkelt deloppgave indikeres i prosjektets POS-skjema (project overview statement). I det følgende blir de fire deloppgavene presentert og diskutert:

### Deloppgave 1

- 1. Presentere status for vedlikeholdsstyring i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på RCA, KPIs, planlegging, 5S og organisering, CMMS, Dashboard (Gap Chart), og ExiM (Excellence in Maintenance).**

Denne delen av oppgaven vil fokusere på å presentere eksisterende praksis i vedlikeholdsorganisasjonen hos CCD. Resultatet skal være en statusrapport som enkelt og oversiktlig viser hvordan vedlikehold ved produksjonsanlegget styres.

I sluttrapporten skal vedlikeholdsorganisasjonen presenteres (organisering, ansvarsområde, sammensetning, målsetninger, strategi). I rapporten vil det spesielt fokuseres på utførelse av feilanalyser (RCA) og forbedringstiltak, bruk av KPIs, vedlikeholdsplanlegging, implementering av 5S, utnyttelse av CMMS, Dashboards, og bruk av Coca-Colas eget vedlikeholdsstyringssystem ExiM.

Vedlikeholdsstyringen ved CCD bør også til en viss grad sammenlignes med teorier for moderne vedlikeholdsstyring (WCM).

### Deloppgave 2

- 2. Skissere en fremtidig RCA-metodikk for bedriften**

Både produksjons- og vedlikeholdsavdelingen ved CCD har fokus på feilanalyser for å øke produktiviteten til produksjonslinjene. I arbeid med denne deloppgaven skal det skisseres opp hovedtrekk i en standardisert metodikk for rotårsaksanalyse i bedriften. Metodikken bør bygge videre på eksisterende initiativ/metoder for feilrapportering og analyse hos CCD.

Resultatet av arbeidet med deloppgaven skal være et dokument/håndbok som kan benyttes i videre arbeid med RCA. Dokumentet skal inneholde en prosedyre som angir ansvarlige personer for rapportering og analyse, hensikten med RCA, kriterier for igangsettelse av RCA, metoder/verktøy som skal benyttes (metodikken skal baseres på relativt enkle verktøy som f.eks. 5 whys og fiskebensdiagram) og prosedyrer for eventuell implementering av resultater.

I arbeidet med oppgaven skal personer fra forbedringsteamet i vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD involveres gjennom hele prosessen for å sikre at metodikken som utvikles er kompatibel med eksisterende program for feilanalyser.

### Deloppgave 3

#### 3. Foreta en "self assessment"/vurdering med etterfølgende RCA for et utvalgt system i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på:

- Konkrete prosesser
- Historikk og data fra MP2
- Stopptidsanalyse
- Eliminering av den skjulte fabrikk
- GAP Chart
- Utarbeidelse av forbedringstiltak

Som et ledd i arbeidet med å forbedre SLE (effektivitetsmål som brukes ved CCD) for produksjonslinjene legges det stort fokus på å øke utnyttelsen av kritiske ressurser i produksjonssystemet. CCD opplever særlig lav tilgjengelighet (mye stopptid) for maskinen som skal skille ut returflasker som ikke kan benyttes i produksjonen av mineralvann, i det følgende kalt "sniffer". Denne deloppgaven vil derfor omhandle denne maskinen.

Sluttrapporten skal innholde en beskrivelse av systemet/maskinen (funksjon, virkemåte, kapasitet, brukere, etc.) og en analyse av kritikalitet. Dagens situasjon presenteres med vekt på historikk og data (stopptid, ytelse, etc.), vedlikeholdsrutiner og pågående forbedringstiltak.

I tillegg skal det utføres en RCA for de viktigste feilene/hendelsene som oppstår/kan oppstå. Hovedpunktene i rotårsaksanalysen vil være utvelgelse av feil/hendelser som skal undersøkes, innsamling av informasjon, bestemmelse av rotårsak(er) og utarbeidelse av potensielle forbedringstiltak.

I arbeidet med denne oppgaven forutsettes et samarbeid med forbedringsteamet i vedlikeholdsorganisasjonen, samt med andre som er involvert i feilanalyser ved CCD. Der hvor det er mulig skal det i oppgaven dras nytte av forbedringsarbeid som allerede er utført/igangsatt ved CCD.

### Deloppgave 4

#### 4. Utvikle et Dashboard for kontinuerlig overvåking. Dette skal være et effektivt verktøy i planlegging og utføring av vedlikehold samt for utvikling av forbedringsforslag.

I denne deloppgaven skal det presenteres et forslag til et dashboard for kontinuerlig overvåking til bruk i vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD. Punkter som bør dekkes i besvarelsen er valg av KPIer som skal presenteres, design/utføring av dashboard (inkl. presentasjonsformat), potensielt bruksområde med fokus på positive effekter ved implementering, samt datainnsamling og oppdateringsfrekvens.

I oppgaven skal det også gis en presentasjon av status for bruk av dashboards i bedriften, samt planer om fremtidig bruk av dashboards både i produksjons- og vedlikeholdsavdelingen.

## Målsetninger

Masteroppgaven er ment å være et bidrag til det kontinuerlige forbedringsarbeidet i vedlikeholdsorganisasjonen ved CCD og den overordnede målsetningen i prosjektet kan sies å være utarbeidelse av en rapport som kan bidra til dette formålet.

Det skal gis en korrekt og oversiktlig statusrapport for vedlikeholdsstyringen og det skal utvikles et forslag til dashboards som kan benyttes til kontinuerlig prestasjonsovervåking. Videre skal det utvikles en RCA-metodikk som skal kunne benyttes som grunnlag for strukturering og utførelse av systematisert RCA-arbeid i bedriften. Til slutt skal et utvalgt system (snifferen) vurderes og det skal utføres en RCA. Målsetningen her vil være å gjennomføre en analyse som på sikt kan bidra til å redusere stopptiden for denne maskinen.

## Potensielle utfordringer i arbeidet med oppgaven

Blant utfordringene som er mulig å forutse i forkant av arbeidet med oppgaven er det faktum at oppgaven er meget tett knyttet til CCDs produksjonssystem og vedlikeholdsorganisasjon. Dette kan lede til noen utfordringer, men gir også mange muligheter. En potensiell utfordring som følger av dette er at teori rundt et tema (som f.eks. vedlikeholdsstyring eller RCA) ikke alltid er 100 % overførbart til en reell situasjon. Forfatterens mangel på erfaring når det gjelder implementering av metoder, verktøy, modeller og strategier kan her spille en rolle. En åpenbar utfordring blir derfor å benytte og tilpasse relevant teori til den faktiske situasjonen på en god måte i oppgaveløsningen.

Videre kreves det meget god innsikt i de faktiske forholdene i og rundt produksjonen ved CCD for at oppgaven skal kunne løses tilfredsstillende. I så måte kan det være en stor fordel at forfatteren allerede har fått noe kunnskap gjennom sommerjobb hos CCD sommeren 2009, men fortsatt vil det være behov for en del assistanse fra erfarne medarbeidere ved fabrikken.

En annen potensiell utfordring ligger i at forfatteren er bosatt i Trondheim i perioden masteroppgaven skrives. Oppgavens utforming vil kreve at forfatteren er til stede ved produksjonsanlegget i Lørenskog relativt mye i løpet av oppgaveperioden og må derfor påberegne en del reising og opphold i Oslo. Flere deloppgaver krever samarbeid med andre ansatte ved CCD, og dette samarbeidet må koordineres for at det skal fungere optimalt.

Til slutt vil det alltid være en risiko for at rapporten blir for omfattende og går ut over prosjektbeskrivelsen. En utfordring ligger i å holde seg til prosjektplanen og å utforme en rapport som er klar og tydelig, uten unødvendig og overflødig materiale. Når dette er sagt er det åpenbart at rapporten må dekke alle problemstillingene som fremstilles i oppgaveteksten, og gi en såpass detaljert fremstilling at resultatene har reell verdi.

Det er naturligvis ikke mulig å forutse alle utfordringer som kan oppstå i arbeidet med en slik omfattende oppgave. Skulle det underveis i arbeidet oppstå situasjoner som det ikke er tatt høyde for i planleggingsfasen vil disse diskuteres og forsøkes løst i samråd med veiledere hos CCD og NTNU.

## Milepæler og fremdrift

En detaljert fremdriftsplan er gitt i form av et gantt-diagram i vedlegg 7. tillegg legges det ved en matrise som viser planlagt tidsforbruk for de ulike delprosjektene/arbeidspakkene per uke under oppgaveperiode (vedlegg 4). Verdt å merke seg er arbeidet med deloppgavene i stor grad vil foregå i parallell. Dette fordi hver enkelt oppgave krever tilstedeværelse hos CCD i Lørenskog. Dette medfører at tid tilbrakt ved produksjonsanlegget må fordeles på alle oppgavene, noe som gjør at de bør utføres i parallell. Videre må arbeidet til en viss grad legges opp etter tilgjengeligheten på ressurspersoner ved CCD. Ved å planlegge oppgavene i parallell reduseres sannsynligheten for å havne i en situasjon hvor arbeidet stopper opp på grunn av mangel på informasjon/ressurser som er nødvendig for å utføre en gitt deloppgave (det åpner altså for å arbeide med den/de oppgavene hvor man har tilgjengelige ressurser til enhver tid).

Under er gitt en tabell som viser de viktigste milepælene i prosjektet med tilhørende datoer.

Dato	Milepæl
18.1.2010	Utlevering av prosjektoppgave
11.1.2010	Innlevering av forstudierapport
1.6.2010	Utkast til sluttrapport ferdig
14.6.2010	Innlevering av endelig rapport

I tillegg til milepælene i tabellen over vil det holdes jevnlig møter med veiledere ved både NTNU og CCD underveis i arbeidet. Ca hver 14.dag skal en kortfattet oppsummering av status i prosjektet presenteres for veiledere enten på nevnte møter eller gjennom et skriftlig notat. Behov for eventuelle endringer i fremdriftsplanen vil umiddelbart tas opp og diskuteres med veiledere.

Foreløpig plan for statusrapportering:

Dato	Hendelse
19.2.2010	Statusrapportering til veiledere
5.3.2010	Statusrapportering til veiledere
19.3.2010	Statusrapportering til veiledere
2.4.2010	Statusrapportering til veiledere
16.4.2010	Statusrapportering til veiledere
30.4.2010	Statusrapportering til veiledere
14.5.2010	Statusrapportering til veiledere
28.5.2010	Statusrapportering til veiledere

## Arbeidsmetodikk

Opgaven gir konkrete problemstillinger som alle er knyttet tett til CCDs produksjonsfasiliteter og vedlikeholdsorganisasjon på Lørenskog. En stor del av arbeidet vil derfor bli utført i Lørenskog og samarbeid med ansatte (først og fremst i vedlikeholdsorganisasjonen, men også i produksjonsavdelingen) vil være en viktig del av arbeidet. Det vil naturligvis være en del overlapp mellom deloppgavene (arbeid lagt ned i forbindelse med en oppgave kan dras nytte av i arbeidet med andre oppgaver), men metodikken presenteres her for hver enkelt oppgave.

Deloppgave 1 vil i stor grad løses gjennom innsamling og gjennomgang av dokumentasjon, personlig observasjon og samtaler/intervjuer med ansatte i CCD. I tillegg vil relevant litteratur benyttes som et sammenligningsgrunnlag når status for vedlikeholdsstyringen presenteres.

Deloppgave 2 vil basere seg på relevant litteratur, men fokus vil ligge på å utvikle en RCA-metodikk som passer ved CCD. Innsamling og gjennomgang av informasjon om eksisterende løsninger ved CCD, samt samarbeid med personer involvert i feilanalyse vil derfor spille en viktig rolle for å sikre at den utviklede metodikken blir kompatibel og nyttig for vedlikeholdsorganisasjonen.

I deloppgave 3 blir det gitt en vurdering av systemet basert på innsamlet dokumentasjon og samtaler/intervjuer med ansatte. I tillegg vil personlig observasjon spille en viktig rolle. Rotårsaksanalysen blir utført basert på aksepterte standarder og i nært samarbeid med personer fra vedlikeholdsavdelingen ved CCD. Det bygges videre på tiltak/arbeid som allerede er utført/igangsatt.

Deloppgave 4 baseres på relevant litteratur og ønsker/behov ved CCD. Utformingen av dashboardet vil gjøres i samsvar med "best practise" på området, men med tilpassninger til behovet og situasjonen ved CCD. Kartleggingen av dette behovet vil blant annet skje gjennom arbeidet med deloppgave 1.

I hele rapporten vil figurer, tabeller og illustrasjoner brukes der det er hensiktsmessig for å presentere resultatene så enkelt og oversiktlig som mulig. Disse hentes enten i relevant dokumentasjon/litteratur, eller utformes selv vha passende programvare. Oppgaveløsningen skal basere seg på eventuelle standarder og praktiske retningslinjer som foreligger og anbefales.

Underveis i arbeidet må naturligvis arbeidsreglement og eventuelle andre pålegg (f.eks. eventuelle restriksjoner på bruk av materiale/informasjon) fra bedriftsledelsen ved CCD følges. I tillegg vil selvfølgelig alt samarbeid med ansatte foregå på deres premisser og på en slik måte at det ikke går ut over deres normale arbeidsoppgaver.

Det forutsettes også et aktivt samspill med veilederne i hele oppgaveperioden og regelmessige møter for feedback/ innspill vil også være en del av arbeidsmetodikken.

## Arbeidsomfang

Masteroppgaven er ment å skrives over ett semester og gir 30 studiepoeng. Da det er vanskelig å estimere nøyaktig tidsforbruk i forbindelse med et slikt prosjekt legges dette til grunn i beregningen i forventet arbeidsomfang. Normert arbeidsbelastning for en student ved studieprogrammet Produktutvikling og produksjon på NTNU er 48 timer per uke, og dette blir derfor estimatet for tidsbruk i forbindelse med masteroppgaven. Oppgaven skrives over en periode på 20 uker (21 uker fra utlevering til innleveringsfrist for oppgaven, men påskeuken regnes ikke som arbeidsuke). Av dette følger at totalt 960 timers arbeid (omtrentlig anslag) bør legges i prosjektet. I vedlegg 5 vises planlagt arbeidsbelastning per uke

Størrelsen på den endelige rapporten er ikke låst til et visst sideantall, men det er forventet at rapporten vil bestå av 50-70 sider i tillegg til vedlegg.

## Vedlegg

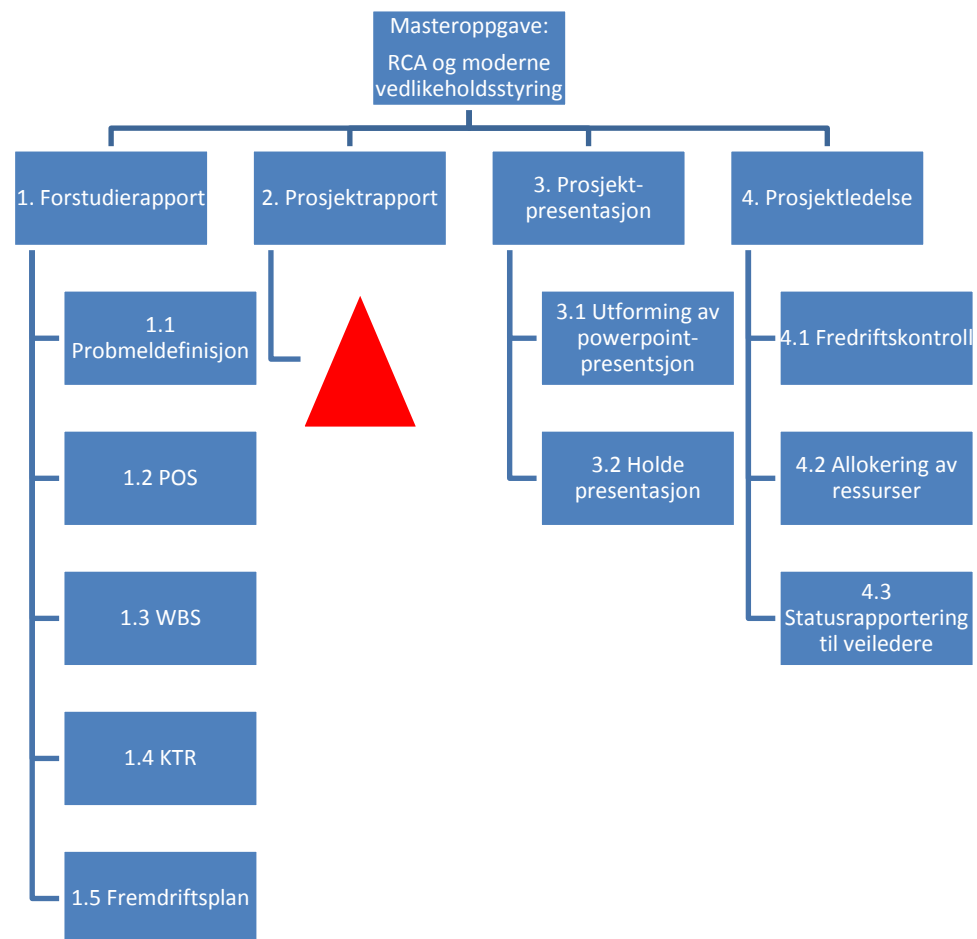
### Vedlegg 1: POS (project overview statement)

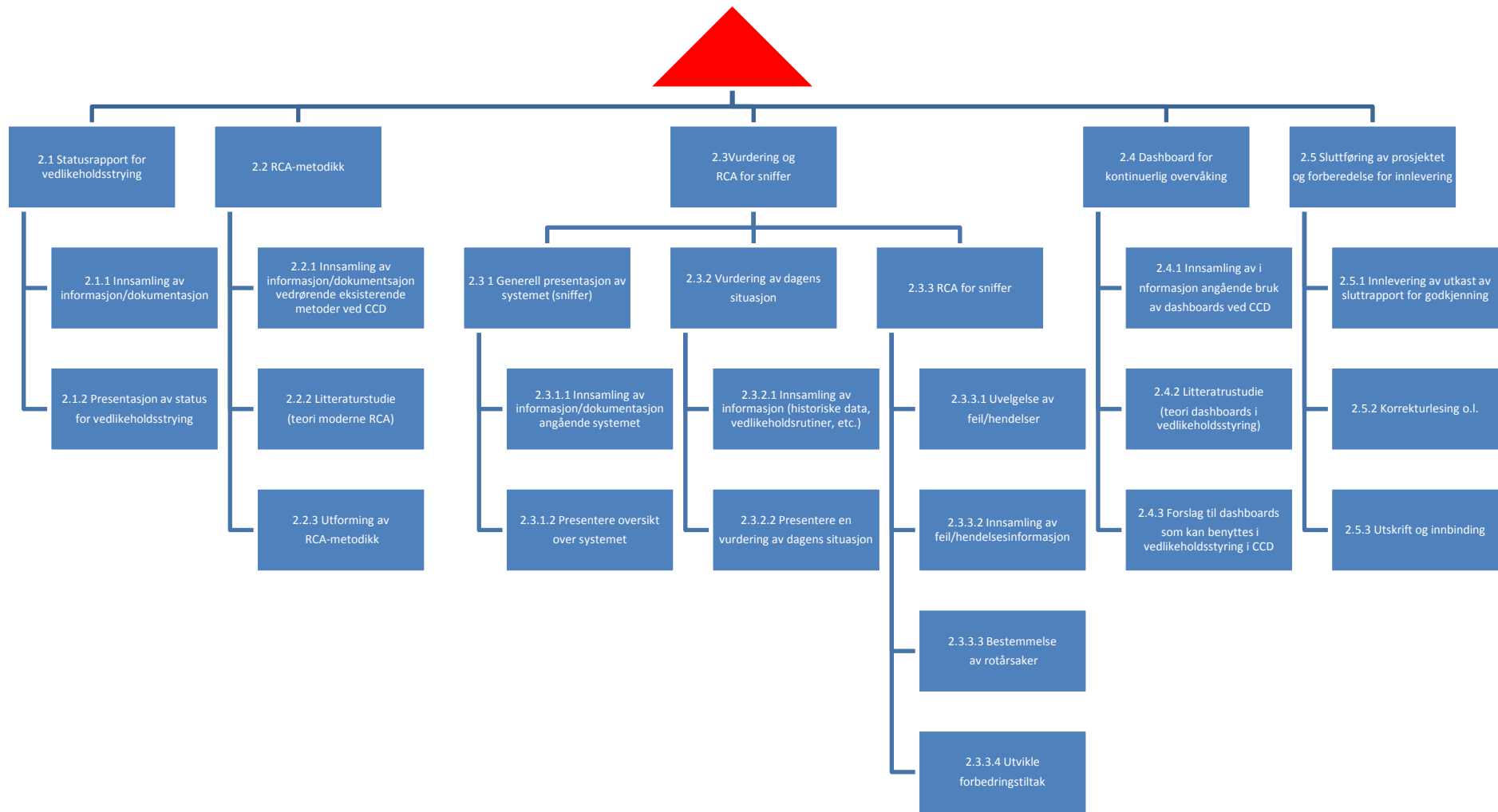
<b>POS</b>	<b>Oppgavetittel</b> RCA (Root Cause Analysis) og moderne vedlikeholdsstyring	<b>Rev. dato</b> 11.2.2010
<p><b>Problem:</b>          CCD ønsker en effektivitetsøkning (øke SLE-verdien) ved produksjonsanlegget på Robsrud i Lørenskog. Riktig utført RCA vil bidra til effektiv planlegging, utførelse og rapportering som igjen vil resultere i redusert stopptid og større produksjonskapasitet, men en standardisert metodikk for RCA mangler. Videre vil vedlikeholdsorganisasjonen benytte moderne vedlikeholdsstyringsprinsipper/metoder og ønsker derfor å få et overblikk over status i bedriften samt innspill angående verktøy for kontinuerlig forbedring.</p>		
<p><b>Overordnet målsetning:</b>          Presentere en korrekt og oversiktlig statusrapport for vedlikeholdsstyringen, samt utvikle et forslag til dashboard som kan benyttes til kontinuerlig overvåking. Bidra i arbeidet med effektivitetsøkning gjennom utvikling av en RCA-metodikk og utførelse av RCA for et kritisk system (snifferen) i produksjonslinjen.</p>		
<b>Deloppgaver:</b>		<b>Prioritet</b>
1. Presentere status for vedlikeholdsstyring i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på RCA, KPIs, planlegging, 5S og organisering, CMMS, Dashboard (Gap Chart), og Exim (Excellence in Maintenance).		1
2. Skissere en fremtidig RCA-metodikk for bedriften		2
3. Foreta en "self assessment"/ vurdering med etterfølgende RCA for et utvalgt system i bedriften. Det skal spesielt fokuseres på: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konkrete prosesser</li> <li>- Historikk og data fra MP2</li> <li>- Stopptidsanalyse</li> <li>- Eliminering av den skjulte fabrikk</li> <li>- GAP-Chart</li> <li>- Utarbeidelse av forbedringstiltak</li> </ul>		3
4. Utvikle et Dashboard for kontinuerlig overvåking. Dette skal være et effektivt verktøy i planlegging og utføring av vedlikehold samt for utvikling av forbedringsforslag.		1
<p><b>Suksesskriterier:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utvikling av personlige ferdigheter og kunnskap om moderne vedlikeholdsstyring og RCA.</li> <li>• Oppgaven som helhet skal inspirere og fungere som et bidrag til forbedringsarbeid hos CCD.</li> <li>• Rotårsaksanalysen for snifferen kan bidra til redusert stopptid og dermed høyere produksjonskapasitet.</li> <li>• Den skisserte RCA-metodikken kan benyttes som grunnlag for standardisering og strukturering av prosessen for feilrapportering/feilanalyse hos CCD.</li> <li>• Karakter B eller bedre på masteroppgaven.</li> </ul>		
<p><b>Forutsetninger:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardt arbeid og god planlegging.</li> <li>• Fremdrifts- og statusrapporter som legger grunnlag for tilbakemeldinger gjennom hele prosjektet.</li> <li>• Holde fokus på de overordnede målsetningene.</li> <li>• Overholdelse av alle tidsfrister (følge fremdriftsplanen).</li> <li>• Etablere et godt samarbeid med ansatte i CCD.</li> </ul>		
<p><b>Risiko:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• For omfattende oppgave.</li> <li>• Klarer ikke å samle nødvendig informasjon/dokumentasjon for å besvare oppgaven tilfredsstillende.</li> <li>• Klarer ikke å prosessere/analysere informasjonsmengden som kreves for å besvare oppgaven tilfredsstillende.</li> </ul>		
<p><b>Utfordringer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• God planlegging, både når det gjelder tid/ressurser og arbeidsoppgaver.</li> <li>• Benytte teoretiske metoder og verktøy på en reell situasjon på en god måte.</li> <li>• Tilegning av tilstrekkelig kunnskap om produksjonssystemet og vedlikeholdsstyringen hos CCD.</li> </ul>		

Merk: Prioriteten for hver deloppgave er gitt på en skal fra 1 (minst viktig) til 3 (viktigst).



## Vedlegg 2: WBS (work breakdown structure)





### Vedlegg 3: KTR (kostnad, tid og ressurser)

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt					
1. Forstudierapport					
Arbeidspakke		Aktivitet		Ansvarlig	
1.1-1.5		Forstudierapport		Martin Riseng	
Oppgave					
Utarbeide et plandokument for arbeid med masteroppgaven					
Mål					
En presis og klar definisjon av prosjektomfang, innhold og målsetninger					
Innhold					
Analysere oppgavens problemstillinger Beskrive arbeidsoppgaver som skal gjennomføres for løsning av oppgaven Utarbeide en tidsplan (inkl. milepæler) for prosjektet.					
Ressurser					
Programvare Veiledere					
Arbeidsmetode					
Gjennomgang av oppgaven med veileder (hovedsaklig ved CCD) Analyse av oppgavetekst Formulering av aktiviteter, oppgaver og målsetninger					
Utfordringer					
Unngå usikkerhet rundt prosjektinnhold Estimere arbeidsomfang Lage en god og gjennomførbar fremdriftsplan					
Planlagt resultat					
Forstudierapport som klart definerer arbeidsoppgavene som skal utføres og som inneholder en fremdriftsplan for arbeidet					
Tid og arbeidsomfang					
Planlagt startdato	Planlagt ferdig dato	Uker	Planlagt arbeidsomfang (timer)	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
18.1.2010	11.2.2010	4	60	15	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
2. Prosjektrapport							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
2.1 (2.1.2-2.1.2)		Presentere status for vedlikeholdsstyring ved CCD			Martin Riseng		
Oppgave							
Gi en enkel oversikt over styring og organisering av vedlikehold ved CCD							
Mål							
En statusrapport som beskriver vedlikeholdsstyringen ved CCD og som kan gi inspirasjon/grunnlag for forbedringer							
Innhold							
Skaffe nødvendig informasjon Presentere status							
Ressurser							
Programvare Veiledere Ansatte ved CCD Dokumentasjon fra vedlikeholdsorganisasjonen Relevant litteratur om moderne vedlikeholdsstyring							
Arbeidsmetode							
Innsamling av informasjon/dokumentasjon angående vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsorganisasjonen generelt. Samtaler/intervju med ansatte i vedlikeholdsorganisasjonen (og evt. produksjonsavdelingen) Utforming av en enkel og oversiktlig presentasjon av vedlikeholdsstyringen							
Utfordringer							
Tilpasse arbeidsinnsats etter prioritet på oppgaven Lage en enkel oversikt (statusrapport) basert på store mengder informasjon							
Planlagt resultat							
Dokument (del av sluttrapport) som gir en enkel og lettfattelig oversikt over vedlikeholdsstyring ved CCD							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
1.2.2010	30.5.2010		17	100		5,88	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
2. Prosjektrapport							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
2.2 (2.2.1-2.2.3)		RCA-metodikk			Martin Riseng		
Oppgave							
Skissere en RCA-metodikk for bruk ved CCD							
Mål							
Hovedpunkter/trekk i en metodikk for feilanalyse som kan benyttes i fremtidig forbedringsarbeid ved CCD							
Innhold							
Analysere eksisterende RCA-løsninger ved CCD Finne og gjennomgå litteratur om RCA generelt Utvikle metodikk i samråd med forbedringsteam og vedlikeholdssjef ved CCD							
Ressurser							
Programvare Veiledere Dokumentasjon om eksisterende RCA-metodikk ved CCD Relevant litteratur om RCA og utforming av RCA-metodikk							
Arbeidsmetode							
Intervju/samtale med ansatte ved CCD Studie av dokumentasjon Litteraturstudie							
Utfordringer							
Skissere en metodikk som er kompatibel med eksisterende løsninger og som enkelt kan tas i bruk							
Planlagt resultat							
Dokument som skisserer angir en metodikk for RCA							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
1.2.2010	30.5.2010		17	140		8,24	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
2. Prosjektrapport							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
2.3.1 (2.3.1.1-2.3.1.2)		Generell presentasjon av snifferen			Martin Riseng		
Oppgave							
Presentere systemet som skal analyseres (snifferen), samt angi avgrensninger.							
Mål							
En lettfattelig oversikt over hovedfunksjoner, virkemåte, etc.							
Innhold							
Skaffe til veie og analysere dokumentasjon angående snifferen generelt Presentere systemet							
Ressurser							
Programvare Veiledere Ansatte ved CCD (operatører, vedlikeholdspersonell) Dokumentasjon (brukermanualer, bilder, etc.)							
Arbeidsmetode							
Studie av dokumentasjon Personlig observasjon av sniffer Intervju/samtale med ansatte							
Utfordringer							
Meget komplekst system som benytter avansert teknologi, noe som kan gjøre det vanskelig å forstå virkemåte Store mengder dokumentasjon Lage en lettfattelig og enkel presentasjon av et komplekst og avansert system Velge rett detaljnivå (begrensning)							
Planlagt resultat							
Dokument (del av sluttrapport) som omhandler generell informasjon om snifferen							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
1.2.2010	30.5.2010		17	60		3,53	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
2. Prosjektrapport							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
2.3.2 (2.3.2.1-2.3.2.2)		Vurdering av dagens situasjon (sniffer)			Martin Riseng		
Oppgave							
Angi status for dagens drift, vedlikehold og utnyttelse av snifferen							
Mål							
Et bilde på hvordan snifferen fungerer som en del av produksjonssystemet.							
Innhold							
Analysere historiske data (produksjonstall, vedlikeholdslogg, stopptid, etc.) Gjennomgå vedlikeholdsrutiner og brukeropplæring Analysere påvirkning på produksjonssystemet som helhet Presentere en oversikt over dagens situasjon							
Ressurser							
Programvare Veiledere Ansatte ved CCD Driftslogger Annen dokumentasjon angående drift og vedlikehold av sniffer							
Arbeidsmetode							
Intervju/samtale med ansatte ved CCD Studie av driftslogger							
Utfordringer							
Store mengder informasjon tilgjengelig Få presis og riktig data							
Planlagt resultat							
Dokument (del av sluttrapport) som viser hvordan snifferen faktisk driftes og vedlikeholdes							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
1.2.2010	30.5.2010		17	100		5,88	



## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
2. Prosjektrapport							
Arbeidspakke		Aktivitet				Ansvarlig	
2.3.3 (2.3.3.1-2.3.3.4)		RCA for sniffer				Martin Riseng	
Oppgave							
Utføre en rotårsaksanalyse for hendelser som fører til redusert tilgjengelighet for snifferen							
Mål							
Gjennomføring av en analyse som kan identifisere bakenforliggende årsaker til maskinstopp og utarbeidelse av tiltak for å eliminere/ redusere disse.							
Innhold							
Utvelgelse av hendelser/feil som skal undersøkes (basert på frekvens/konsekvens) Innsamling av informasjon rundt disse hendelsene Bestemmelse av rotårsaker Utarbeidelse av korrektive tiltak							
Ressurser							
Programvare Veiledere Ansatte ved CCD Verktøy for gjennomføring av RCA							
Arbeidsmetode							
Studie av historiske data for utvelgelse av de mest kritiske feil/hendelser Intervju/samtaler med ansatte Innhenting og studie av all tilgjengelig informasjon rundt feilene Bruk av standard RCA-verktøy Tett samarbeid med forbedringsteam (dannelse av RCA-team)							
Utfordringer							
Benytte teoretiske virkemidler på en reell case (manglende erfaring fra praktisk RCA-arbeid) Gjennomføre en tilstrekkelig detaljert analyse til at de virkelige rotårsakene identifiseres og elimineres							
Planlagt resultat							
Rotårsaksanalyse som kan bidra til redusert stopptid for sniffer og dermed økning i SLE. Alle faser av analysen skal dokumenteres godt og det resulterende dokumentet inkluderes i sluttrapporten							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
1.2.2010	30.5.2010		17	300		17,65	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt								
2. Prosjektrapport								
Arbeidspakke			Aktivitet			Ansvarlig		
2.5 (2.5.1-2.5.3)			Slutføring av prosjektet og forberedelse for innlevering			Martin Riseng		
Oppgave								
Gjennomgå hele oppgaven og foreberede rapporten for innlevering								
Mål								
En rapport som er fri for feil, har god struktur, er lettlest og som besvarer alle oppgavens problemstillinger								
Innhold								
Gjennomgang av hele oppgaven Korrekturlesing Arbeid med layout av rapporten Innsending av et utkast til ferdig rapport Utskrift og innbinding av endelig sluttrapport								
Ressurser								
Programvare Veiledere								
Arbeidsmetode								
Gjennomgang av alt utarbeidet materiale Møte med veileder(e)								
Utfordringer								
Lage en layout som er tiltalende og gjør oppgaven lettlest og oversiktlig								
Planlagt resultat								
Sluttrapport som besvarer oppgavens problemstillinger på en god og oversiktlig måte								
Tid og arbeidsomfang								
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig Uke (timer)	arbeidsomfang	pr.
31.5.2010	13.6.2010		2	60		30		

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
3. Prosjektpresentasjon							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
3.1-3.2		Presentasjon av masteroppgaven			Martin Riseng		
Oppgave							
Utarbeide og holde (eventuelt) en presentasjon av masteroppgaven som er gjennomført							
Mål							
En god presentasjon som gir et kort sammendrag av både arbeidsprosessen og resultatet av masteroppgaven							
Innhold							
Utforming av powerpoint-presentasjon Eventuelt holde presentasjon							
Ressurser							
Programvare Veiledere							
Arbeidsmetode							
Gjennomgang av prosjektrapport med påfølgende utvelgelse av de mest sentrale punktene fra hver deloppgave Utarbeidelse av presentasjon i MS PP							
Utfordringer							
Lage en kortfattet presentasjon som skal oppsummere et halvt års arbeid							
Planlagt resultat							
PP-presentasjon som oppsummerer masteroppgaven							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig Uke (timer)	arbeidsomfang pr.
31.5.2010	7.6.2010		1	20		20	

## Kostnad, Tid og Ressurser

Delprosjekt							
4. Prosjektledelse							
Arbeidspakke		Aktivitet			Ansvarlig		
4.1-4.3		Fremdriftskontroll, ressursallokering, statusrapportering			Martin Riseng		
Oppgave							
Oppfølging av arbeidet med masteroppgaven							
Mål							
Sørge for at fremdriftsplanen følges, eventuelle avvik fra prosjektplanen rapporteres og behandles, tilstrekkelig tid blir satt av til arbeidet og at veiledere blir kontinuerlig informert om prosjektets status							
Innhold							
Utarbeidelse og innsending av status- og fremdriftsrapport(er) Personlig kontroll av fremdrift i forhold til prosjektplan Endring av prosjektplan ved behov Avtale/planlegge møter og tilstedeværelse ved CCD							
Ressurser							
Programvare Veiledere							
Arbeidsmetode							
Kontinuerlig kontroll av prosjektets fremdrift Regelmessig innsending av statusrapporter							
Utfordringer							
Unngå unødvendig tidsbruk på prosjektstyring Finne løsninger ved behov for å endre prosjektplanen							
Planlagt resultat							
Et prosjekt som overholder alle tidsfrister, har tilgang på riktig mengde ressurser, tilpasser seg ved behov for endringer av prosjektplanen og som informerer involverte personer om status regelmessig							
Tid og arbeidsomfang							
Planlagt startdato	Planlagt dato	ferdig	Uker	Planlagt (timer)	arbeidsomfang	Gjennomsnittlig arbeidsomfang pr. Uke (timer)	
18.1.2010	14.6.2010		21	50		2,38	

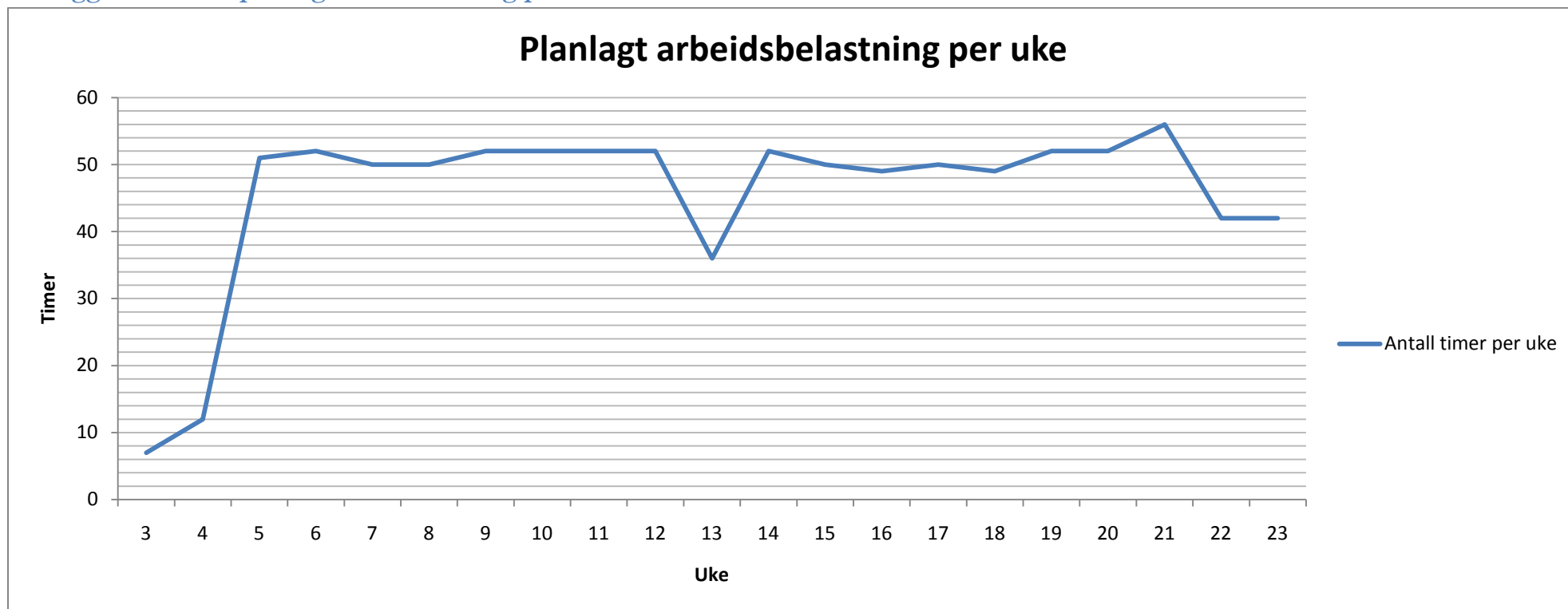
## Vedlegg 4: Matrise for arbeidsbelastning og fremdrift

Aktivitet/Uke	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10	Uke 11	Uke 12	Uke 13	Uke 14	Uke 15	Uke 16	Uke 17	Uke 18	Uke 19	Uke 20	Uke 21	Uke 22	Uke 23	TOTALT (timer)
1. Forstudierapport	5	10	32	13																		60
2.1 Status vedlikeholdsstyring			6	20	20	20	4	12							7			2	9			100
2.2 RCA-metodikk			3	3	10	10	5	10	10	10	10	2	10	20	10	16		2	9			140
2.3.1 Presentasjon av sniffer			3	3	10	10	5	3	5	4				6				2	9			60
2.3.2 Vurdering av dagens situasjon			3	3	5	5	12	12	12	12	15		10					2	9			100
2.3.4 RCA for sniffer				5			19	10	22	23	10	47	17	10	20	20	49	39	9			300
2.4 Utviling av Dashboard			2	3	3	3	5	3					10	10	10	10		2	9			70
2.5 Slutføring/innlevering																				20	40	60
3. Prosjektpresentasjon																				20		20
4. Prosjektledelse	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	50
<b>TOTALT per uke</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>960</b>
Kumulativt arbeidsbelastning	7	19	70	122	172	222	274	326	378	430	466	518	568	617	667	716	768	820	876	918	960	

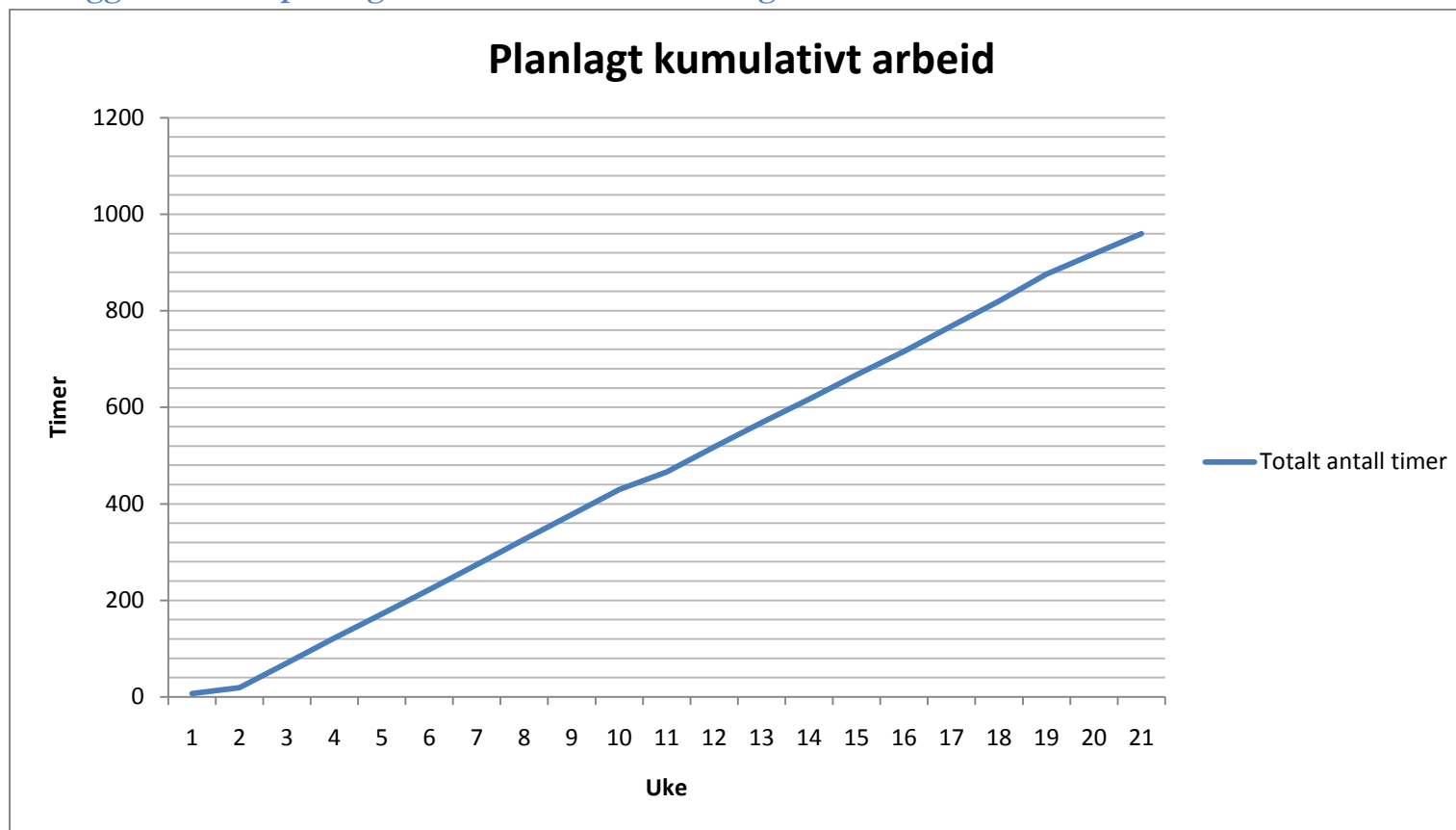
### Kommentarer:

- Uker markert med rødt er planlagt tilbrakt ved CCDs produksjonsanlegg i Lørenskog.
- Det legges opp til arbeid i påskeuken (uke 13), dog med noe mindre arbeidsbelastning enn i andre uker.
- Uken med høyest arbeidsbelastning (uke 21) er ment som en ”oppsamlingsuke” hvor gjenstående arbeid for alle deloppgavene blir utført.
- Det planlegges relativt lav arbeidsbelastning i de to siste ukene av prosjektet for å ha tilgjengelig kapasitet som kan tas ut ved eventuelle avvik fra fremdriftsplanen.
- Det presiseres at planlagt tidsforbruk på de ulike aktivitetene kun er omtrentlige anslag og at mer eller mindre tid kan benyttes på en gitt oppgave etter behov.
- Bakgrunnen for at arbeidet med de ulike deloppgavene er planlagt fordelt over hele oppgaveperioden (i parallell) er at det forventes at arbeidet må tilpasses CCD slik at det til enhver tid arbeides med den/de oppgavene hvor ressurser er tilgjengelig. Mye av informasjonshenting og samling av datagrunnlag må gjøres i Lørenskog og det arbeides derfor parallelt med innsamling for alle deloppgavene. Bearbeiding og strukturering av stoffet gjøres likeledes i parallell i Trondheim.

Vedlegg 5 : Graf for planlagt arbeidsomfang per uke

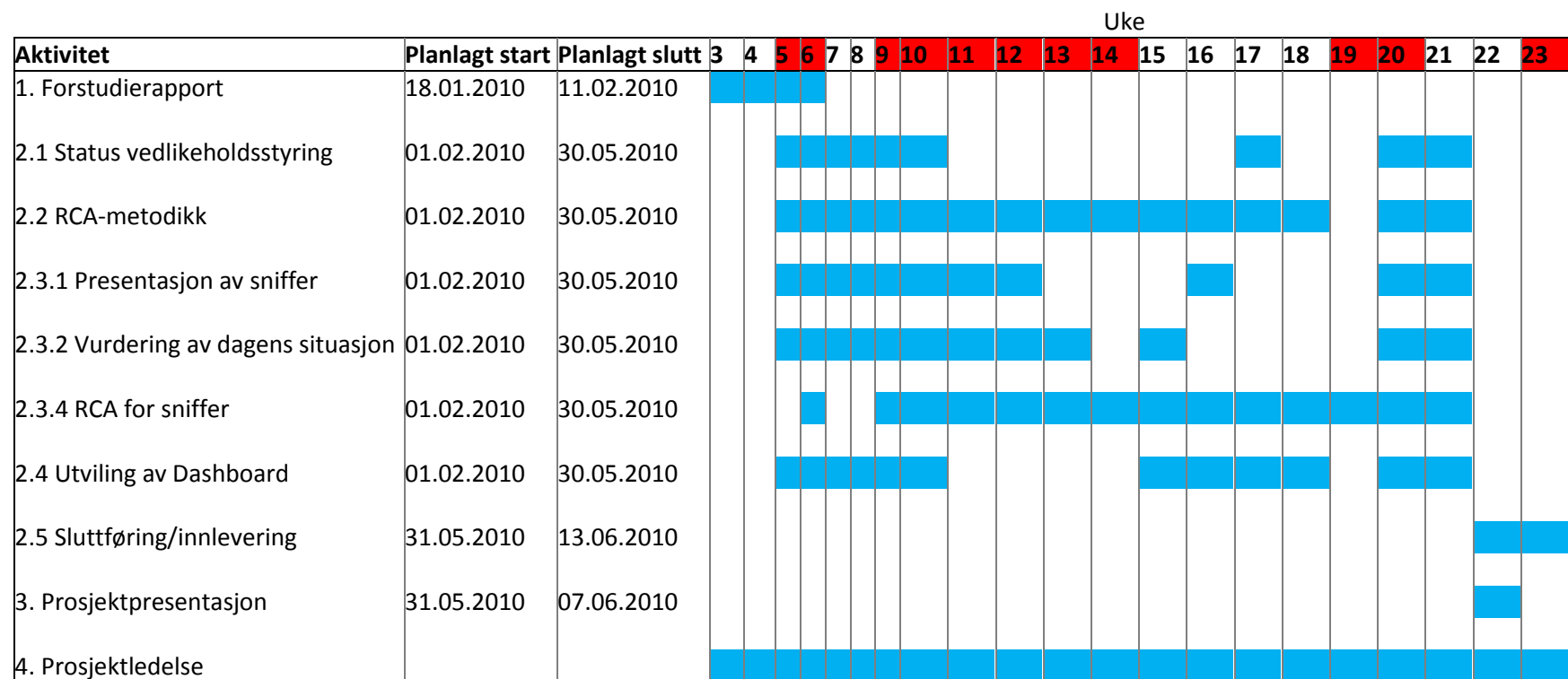


### Vedlegg 6: Graf for planlagt kumulativt arbeidsomfang





## Vedlegg 7: Fremdriftsplan (Gantt-diagram)



# Vedlegg 4: Rotårsaksanalyse

---

# Rotårsaksanalyse



Av Stud.techn. Martin Riseng, NTNU

## Innholdsfortegnelse

Rotårsaksanalyse.....	1
Innledning.....	2
Hva er RCA.....	3
RCA prosessen.....	4
Gjennomgang av RCA-prosessen.....	6
Steg 1 – Datainnsamling.....	6
Steg 2 – Undersøkelse.....	6
RCA – metoder:.....	7
Steg 3- Korrektive tiltak.....	13
Steg 4- Innformere.....	13
Steg 5 – Oppfølging.....	13

## Innledning

Hovedfunksjonen til vedlikeholdsorganisasjonen er å opprettholde produksjonsfasilitetene i en fungerende og sikkert tilstand. Dette innebærer å utbedre feil og svakheter når produksjonsressursene har sviktet, men også å forebygge og hindre at slike svikter forekommer. Mange vedlikeholdsorganisasjoner opplever at visse feil gjentar seg gang etter gang og at disse står bak mye av nedetiden for produksjonssystemet. Selv om disse feilene utbedres etter beste evne kommer de tilbake igjen etter relativt kort tid. I så måte kan man si at vedlikeholdsorganisasjonen bedriver "brannslukking", men overser grunnen til at brannen oppstår i første omgang.

## Hva er RCA

Rotårsaksanalyse bygger på tanken om at problemer generelt løses best ved å angripe rotårsaken bak problemer istedenfor å kun behandle symptomene (de åpenbare feilene). En rotårsak kan best defineres på følgende måte:

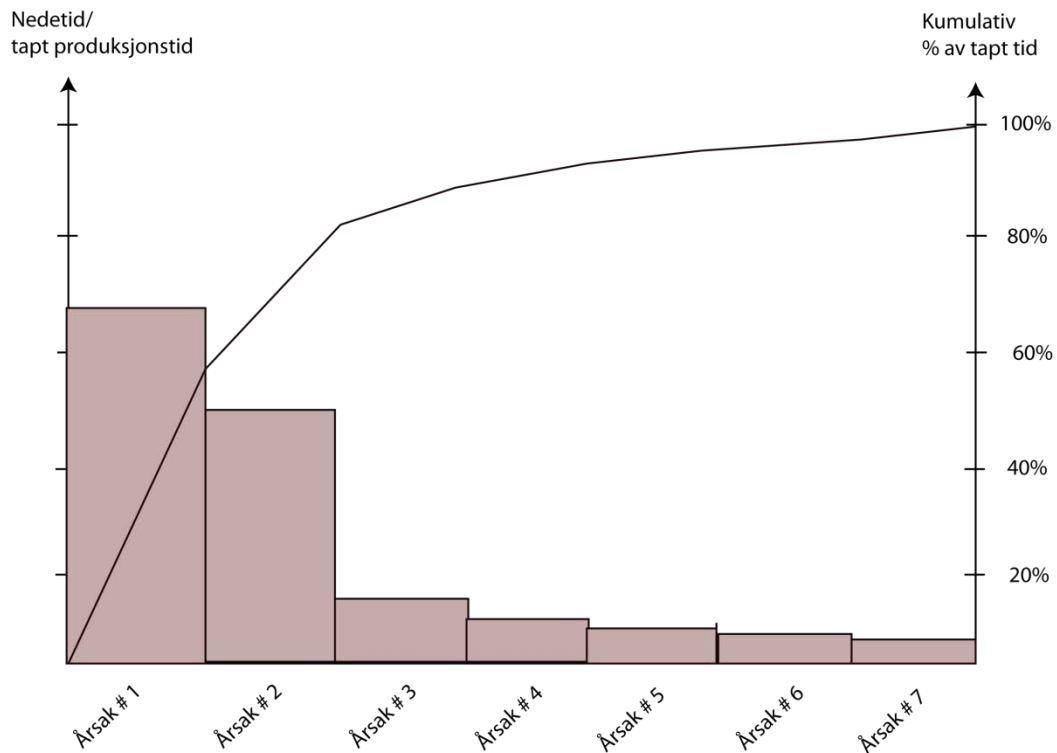
### Definisjon:

*En rotårsak er en årsak som, hvis den blir utbedret, forhindrer gjentakelse av denne og lignende hendelser.*

Hensikten med RCA er altså å identifisere og fjerne den bakenforliggende årsaken til at et spesifikt problem oppstår. Fokus på eliminering av rotårsaker kan i mange tilfeller føre til store forbedringer for et produksjonssystem. Detaljnivået i en RCA kan variere, men i mange tilfeller kreves det ikke mye ressurser for å gjennomføre en analyse som vil gi et godt resultat. Når dette er sagt er det allikevel riktig å påpeke at engasjement fra ledelsen og tildeling av tilstrekkelig tid og ressurser er essensielt for at en rotårsaksanalyse skal ha ønsket effekt.

Startpunktet for en rotårsaksanalyse er naturligvis en avgjørelse om at en uønsket hendelse skal undersøkes nærmere. Det er åpenbart at det verken er mulig eller ønskelig å gjennomføre en rotårsaksanalyse for enhver uønsket hendelse. Det er derfor viktig at man velger ut hendelser som har stor innvirkning på enten effektiviteten til produksjonslinja eller på sikkerheten på fabrikken

Som nevnt ovenfor kan detaljnivået og ressursbruken på en RCA variere avhengig av situasjonen. Et viktig prinsipp er at innsats og ressursbruk på en rotårsaksanalyse må avgjøres ut i fra viktigheten på hendelsen som analyseres. Størst vekt må naturligvis legges på de mest alvorlige hendelsene, eller de hendelsene som gjentar seg oftest. Verdt å merke seg er at det ofte er slik at en stor del av konsekvensene, gjerne så mye som 80 %, skyldes en liten del av problemene, ofte omtrent 20 %. Dette er bedre kjent som Paretoprinsippet. En logisk slutning er at man bør legge størst vekt på å undersøke og eliminere de problemene som står for den største delen av konsekvensene. Konsekvenser kan i denne sammenhengen måles i kostnader, nedetid, redusert ytelse, og lignende. For å illustrere hvilke problemer/årsaker som står for størst konsekvenser, eller hvor stor andel av konsekvensene som stammer fra de ulike årsakene kan man utarbeide et såkalt Paretodigram. Et slikt diagram lages ved å sortere årsaken fra størst til minst konsekvens og illustrere dette i et histogram. Som datagrunnlag benyttes produksjonslogger som viser en oversikt over nedetiden grunnet ulike problemer. I diagrammet tegnes det vanligvis også inn en kurve som kumulativt viser andelen av nedetiden som stammer fra problemene. Et eksempel på et Paretodigram er vist på neste side.



## RCA prosessen

Enhver RCA-prosess bør inneholde fem klart definerte steg, selv om det alltid vil være noe overlapp mellom disse. Stegene som må gjennomføres er som følger:

### Datainnsamling

Det første steget går ut på å samle relevant informasjon om hendelsen som skal undersøkes. Dette steget bør utføres umiddelbart etter hendelsen slik at man ikke går glipp av relevant informasjon. Man bør samle informasjon om driftsforhold før, under og etter hendelsen, personer som var involvert i hendelsen, omgivelser osv.

### Undersøkelse

Dette er hoveddelen av en RCA og går ut på å:

1. Identifisere problemet som har oppstått.
2. Avgjøre hvor alvorlig problemet er.
3. Identifisere de årsakene som direkte forårsaket problemet som har oppstått
4. Identifisere hvorfor årsakene som ble identifisert i det foregående steget eksisterer. På denne måten jobber man seg bakover til man finner rotårsaken til problemet, dvs. en faktor som man kan korrigere og dermed forhindre gjentakelse av det aktuelle og lignende problemer.

Det finnes flere standardiserte metoder for å gjennomføre denne delen av en rotårsaksanalyse.

### **Korrektive tiltak**

Når rotårsaken er identifisert må korrektive tiltak iverksettes for å redusere sannsynligheten for gjentakelse og for å forbedre påliteligheten og sikkerheten ved utstyret.

### **Informere**

Når rotårsaken er forsøkt eliminert må man diskutere analysen og tiltakene som er gjort til med ledelse og personer som var involvert i hendelsen.

### **Oppfølging**

Som for alt annet forbedringsarbeid er det viktig å forsikre seg om at tiltakene som har blitt iverksatt har ønsket effekt. Oppfølgingsfasen går ut på å evaluere tiltakene med tanke hvor effektive de er til å forhindre gjentakelse av problemer, og på å forsikre seg om at de ikke har ført til noen nye uønskede hendelser.



## Gjennomgang av RCA-prosessen

### Steg 1 – Datainnsamling

Når en avgjørelse er tatt på at en hendelse skal undersøkes nærmere er det viktig at starter innsamling av informasjon umiddelbart. Man bør forsøke å samle informasjon om:

- Driftsforhold før, under og etter hendelsen
- Personer involvert (inkl. handlinger)
- Omgivelser
- Annen informasjon som kan ha relevans når man skal bestemme årsaken til hendelsen

Informasjon kan samles på ulike måter. Noen av disse er:

- Intervju/samtale med personer involvert og personer som har kjennskap til den aktuelle type hendelser
- Gjennomgang av dokumentasjon
  - Driftslogg
  - Vedlikeholdslogg
  - Bruksmanualer
  - Tegninger/spesifikasjoner
  - Utstyrshistorie
  - Inspeksjonsrapporter
  - Etc.
- Bilder av hendelsen
- Fysiske "bevis" fra hendelsen (ødelagte komponenter, feil plasserte gjenstander etc.)

### Steg 2 – Undersøkelse

Neste steg er å analysere de innsamlede data for å fastslå rotårsaken bak den uønskede hendelsen.

Det finnes flere ulike måter å kategorisere årsakene til en gitt hendelse. Et eksempel på inndeling i ulike kategorier er gitt under.

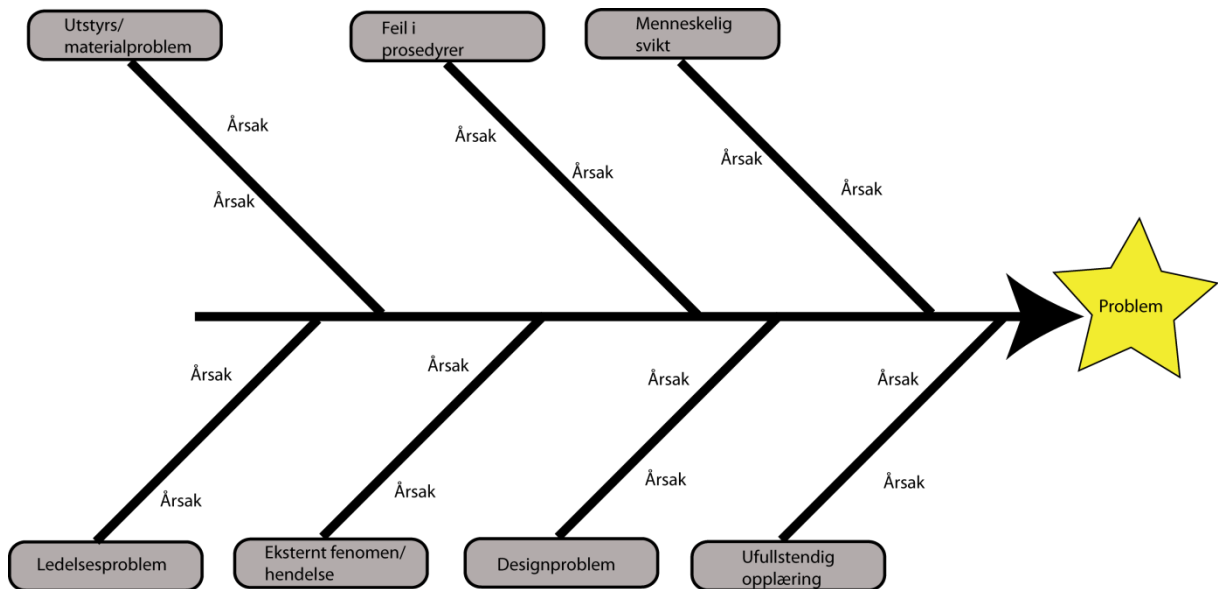
Årsakskategorier:

- Utstøys/materialproblem
- Feil i prosedyrer
- Menneskelig svikt
- Designproblem
- Ufullstendig opplæring
- Ledelsesproblem
- Eksternt fenomen/hendelse

## RCA – metoder:

### Cause-and-effect chart

Dette kalles også “fiskebensdiagram” på grunn av formen på diagrammet. Dette er en metode for å gi en oversikt over mulige årsaker til en gitt hendelse og for å bestemme rotårsaker. Et eksempel på fiskebensdiagram er vist i figuren under.

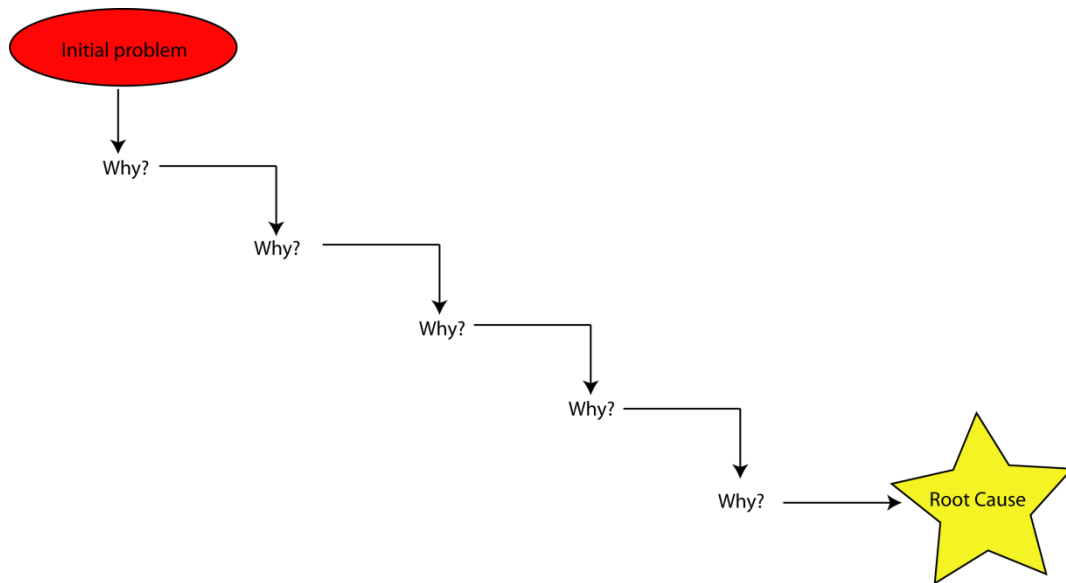


Denne metoden utføres ved at man først fører opp hovedkategoriene av mulige årsaker i en rute i enden av hvert sitt “ben” i diagrammet. Deretter brainstormer man mulige årsaker under hver enkelt kategori og fører disse opp langs “benet”. Til slutt går man gjennom alle mulige årsaker man har identifisert, analyserer disse og finner de sannsynlige rotårsakene.

## Five whys

Dette er en meget enkel og grunnleggende teknikk. Poenget er å starte med den uønskede hendelsen og spørres seg hvorfor denne oppsto. Svaret finnes ved brainstorming eller andre passende metoder.

I de fleste tilfeller vil man få en direkte årsak til svar. Deretter spør man hvorfor denne årsaken oppsto, og gjentar så prosessen for denne årsaken. Når man til slutt ikke kan få noe svar på hvorfor en årsak har oppstått har man funnet rotårsaken. Verdt å merke seg her er at man ikke nødvendigvis må stille spørsmålet "hvorfor" nøyaktig fem ganger, men at navnet "5 whys" kommer av at fem iterasjoner som regel vil være nok til å identifisere rotårsaken.



Viktige huskereglene når man benytter seg av "5 whys" er å ikke ta forenklete antagelser og forsikre seg om at man finner det riktige svaret. Enn annen ting er at man bør være obs på at det i mange tilfeller kan være mer enn en rotårsak, og at man derfor ikke må utelukke alle andre årsaker når man mener at rotårsaken er identifisert.

## Feiltreanalyse

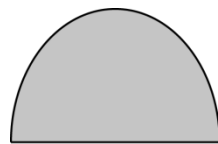
Et feiltre er et logisk diagram som benyttes for å illustrere sammenhengen mellom en potensielt uønsket hendelse og årsakene til denne hendelsen. Et korrekt konstruert feiltre vil gi en god oversikt over de mulige kombinasjonene av feil og andre hendelser som kan lede til en spesifikk uønsket hendelse.

Et feiltre kan benyttes både som et verktøy for å forutse mulige måter ting kan gå galt på (og beregne sannsynligheten for uønskede hendelser), men kan også brukes for å undersøke rotårsaker til en uønsket hendelse som allerede har inntruffet.

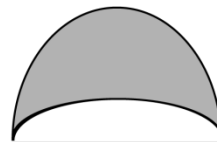
Slik utarbeider man et feiltre (se også figur):

1. Identifiser problemet som skal analyseres og plasser det på toppen av diagrammet.
2. Brainstorm underliggende direkte årsaker til problemet og plot disse inn i diagrammet.
3. For hver årsak avgjøres det om dette er en grunnleggende årsak, eller om den skyldes andre underliggende årsaker. Har man funnet en grunnleggende årsak tegner man en sirkel under denne.
4. Gjenta stegene ovenfor til feiltreet kun inneholder grunnleggende årsaker.

OBS! I mange tilfeller vil man ha situasjoner hvor flere årsaker kan lede til en hendelse. I noen tilfeller vil det også være slik at flere årsaker må inntreffe for at en hendelse skal inntreffe. Når man utarbeider et feiltre vises dette ved å benytte ulike symboler der hvor "grenene" i treet knyttes sammen. De viktigste symbolene er



AND - port

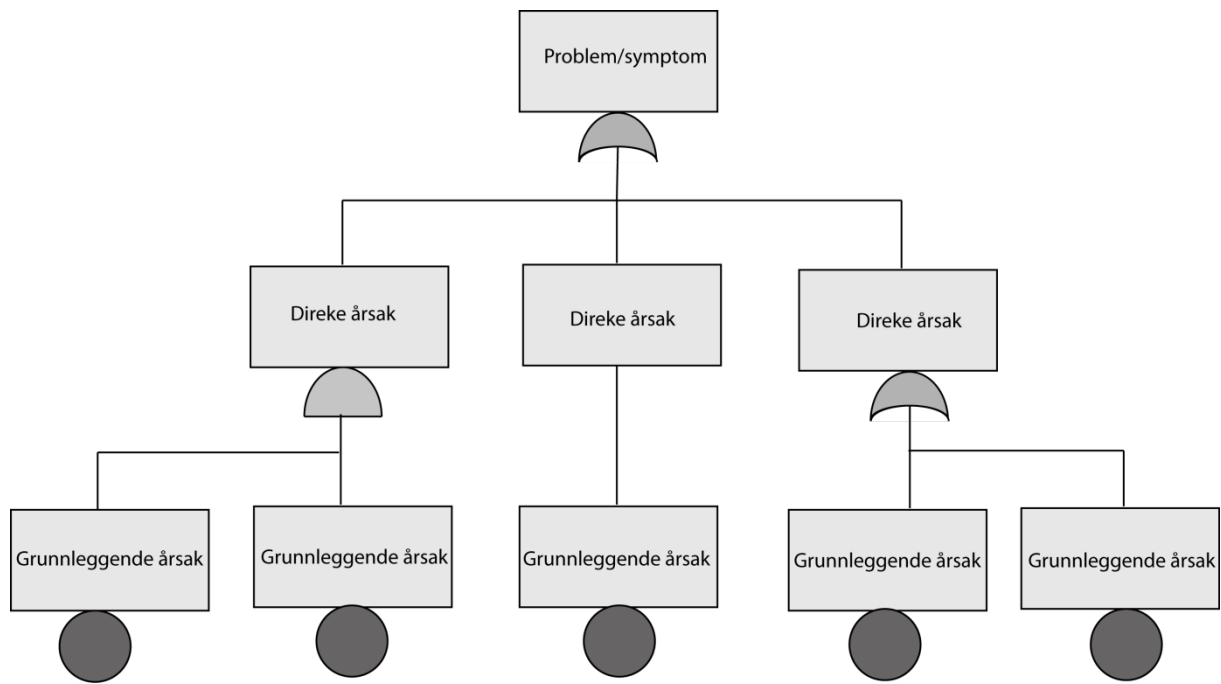


OR - port

- "AND" port brukes når en hendelse inntreffer hvis alle årsakene under "AND" porten skjer samtidig.
- "OR" port brukes når det holder at én av årsakene under "OR" porten skjer for at hendelsen over skal inntreffe.

Konstruksjon av et feiltre kan ofte gjøres sammen med "5 whys" metodikken og blir i så fall en visuell og oversiktlig fremstilling av resultatene man oppnår med "5 whys".

Et eksempel på et feiltre er vist på neste side.



## Matrisediagram

Dette er en metode for å kartlegge og undersøke viktigheten av mulige årsaker. Man begynner med å liste opp flere mulige årsaker og matrisediagrammet brukes for å rangere disse og bestemme hvilken årsak som bidrar mest til problemet som undersøkes. Den årsaken som har størst påvirkning på problemet er som oftest rotårsaken.

Den vanligste formen på et matrisediagram er såkalt "L-form" som er vist i figuren under.

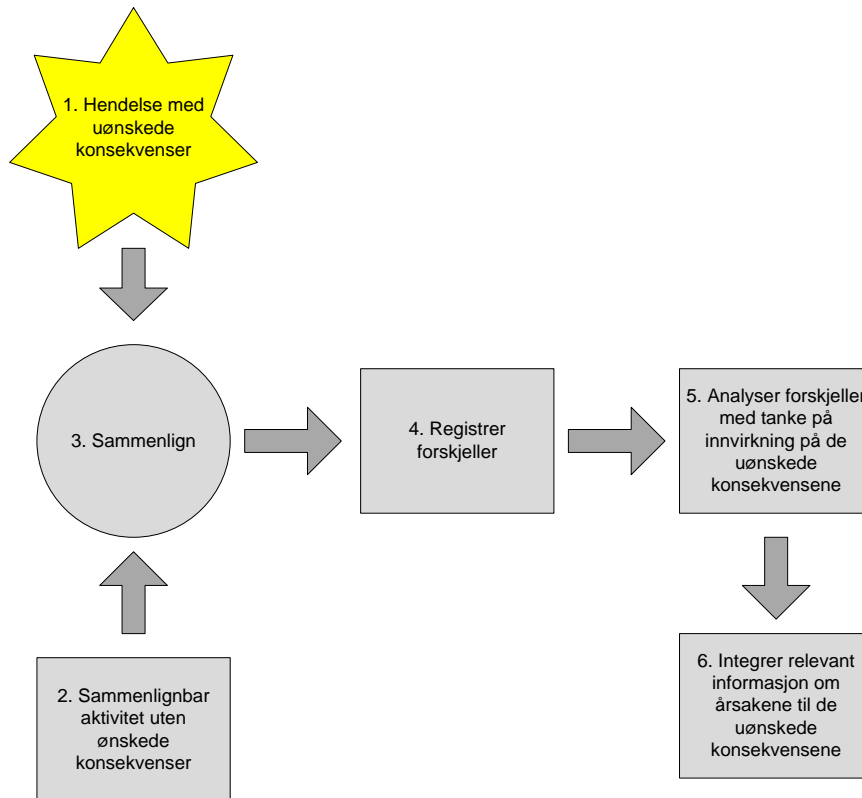
<b>Problem- karakteristikk</b>	<b>Mulige årsaker</b>					
	Årsak	Årsak	Årsak	Årsak	Årsak	Årsak
Karakteristikk						
Karakteristikk						
Karakteristikk						
Karakteristikk						
Karakteristikk						
<b>Total score</b>						

Stegene i bruk av matrisediagram er som følger:

1. Velg ut problemkarakteristikker og mulige årsaker som skal analyseres for å finne en sammenheng
2. Opprett et tomt diagram
3. Sett inn problemkarakteristikker (venstre kolonne) og mulige årsaker (øverste rad) i matrisen.
4. Indiker en årsaks innvirkning på en gitt problemkarakteristikk ved å angi en av følgende verdier
  - 1 = Liten påvirkning
  - 3 = Noe påvirkning
  - 9 = Sterk påvirkning
5. Summer hver tallene i hver kolonne for å finne den totale summen for hver enkelt årsak.
6. Årsaker med høy totalsum er sannsynligvis rotårsaker.

## Endringsanalyse

Dette er metode som egner seg hvis problemet framstår som uklart. Man tar for seg en uønsket hendelse og sammenligner denne med et tilfelle av aktiviteten/prosessen som ikke førte til den ønskede hendelsen. Alle forskjeller identifiseres og man analyserer disse for å finne ut hva som bidro til hendelsen. Figuren under illustrerer denne prosessen.



### Steg 3- Korrektive tiltak

Når rotårsaker bak en ønsket hendelse er identifisert må naturligvis korrektive tiltak iverksettes for å hindre gjentakelse. Når man har identifisert et mulig korrektivt tiltak må man stille følgende spørsmål for å sikre at tiltaket er passende:

1. Vil det korrektive tiltaket forhindre gjentakelse av problemet?
2. Er tiltaket gjennomførbart?
3. Er tiltaket av en slik art at hovedfunksjonene fortsatt opprettholdes?
4. Er det klargjort at tiltaket ikke introduserer nye risikoer? Er den antatte risikoen knyttet til gjennomføring av tiltaket klart uttrykt? (Et viktig kriterium er at sikkerhet og pålitelighet for andre systemer ikke påvirkes av det foreslåtte tiltaket)

Kan man svare ja på disse spørsmålene er kan tiltaket gjennomføres.

### Steg 4- Informere

I dette steget må man sørge for å informere alle involverte parter og ledelse om analysen som er gjennomført og tiltakene som er iverksatt. Dette kan gjøres på ulike måter, men det bør foreligge dokumentasjon som kan deles og tas fram igjen ved senere anledninger om nødvendig. Spredning av erfaringer man har fått gjennom rotårsaksanalysen er essensielt for at RCA skal lede til forbedringer.

### Steg 5 - Oppfølging

Siste fase av en RCA er oppfølging av iverksatte tiltak. Man må forsikre seg om at tiltakene man kom fram til er korrekt implementert og fungerer som planlagt. Videre bør man holde oppsikt for å sikre at lignende hendelser blir undersøkt på samme måte som den opprinnelige ønskede hendelsen. Oppfølging bør gjøres regelmessig til man er sikker på at rotårsaken bak den uønskede hendelsen er eliminert og at ingen nye uønskede konsekvenser har oppstått.



Vedlegg 5:  
Oppsummering Exim-vurdering  
28.9.2009

---

Process	Ranking	Sub Total
<b>Basic Equipment Care</b>		<b>19</b>
BEC	2	
Operator Involvement	2	
5S	2	
Identification of Opportunities or Defects	3	
Workplace Condition	3	
Equipment/Area Labeling	3	
Location of Cleaning or Lubrication Supplies	4	
<b>Change Management</b>		<b>7</b>
Support Structure	1	
Mission and Vision Statements	1	
Scorecard/Dashboard	1	
Business Planning	1	
Feedback	2	
Focus Team Performance	1	
<b>Communication</b>		<b>9</b>
Display Boards	2	
ExiM Awareness	2	
Changes to the Business	2	
Shift Changeovers	3	
<b>Equipment Design Excellence</b>		<b>20</b>
Standardized Equipment Acquisitions	3	
Life Cycle Costing	4	
Standardized Equipment Contracts	5	
Personnel Involvement	5	
Safety	3	
<b>Equipment Improvement</b>		<b>12</b>
Equipment Improvement Teams	1	
New Technologies	3	
KPIs and Equipment Improvement	3	
Reapplication of Best Practices	4	
Root Cause Analysis	1	
<b>Information Management</b>		<b>35</b>
Computerized Maintenance Management System	3	
Asset List	4	
Spare Parts List	2	
Procedures and Tasks	2	
Asset Tagging	3	
Document Control	1	
Status Codes	4	
Work Order Codes	5	
Records Management	1	
Equipment History	4	
Process Map	3	
Production Downtime	3	
<b>Knowledge and Skills</b>		<b>14</b>
Training Program	2	
Capability Skills Matrix	3	
Annual Training Plans	2	
Career Paths	1	
Records	3	
Hiring Assessments	3	

Process	Ranking	Sub Total
<b>Materials &amp; Contract Management</b>		<b>45</b>
Spare Parts & CMMS	1	
Parts Ordering	3	
Inventory Data	1	
Inventory Specifications	2	
Inventory Usage	1	
Supplier Information	1	
Cycle Counts	2	
Tracking	3	
Process Map	3	
Store Room Organization	3	
Staging Area	3	
Min/Max Levels	3	
Spare Reviews	4	
Performance Reports	1	
Supplier Negotiations	1	
Supplier Performance	3	
Subcontractor Bid Process	2	
Subcontractor Supervision	3	
Invoice Reconciliation	2	
Staffing Analysis	3	
<b>Measures</b>		<b>14</b>
Link to Strategic Objectives	3	
Scorecard/Dashboard	1	
Financial Measures	4	
Process Measures	2	
Customer Measures	2	
People Measures	2	
<b>Organizational Structure</b>		<b>16</b>
Job Descriptions	3	
Role Sort	3	
Staffing Analysis	2	
Planner & Reliability Engineer	4	
Team Work	4	
<b>Performance Management</b>		<b>17</b>
Target Setting	3	
Rewards & Recognition	5	
Performance Appraisals	4	
Benchmarking	4	
Auditing	1	
<b>Planning and Scheduling</b>		<b>38</b>
Work Requests	3	
Work Order Approval	5	
Work Prioritization	4	
Planning	4	
Scheduling	5	
Communication	5	
Execution	4	
Close Out	4	
Follow-Up	4	
<b>PM &amp; PdM</b>		<b>16</b>
List of Equipment	2	
Timing	3	
Manpower	3	
PM Optimization	2	
History Analysis	3	
PM Quality	3	

**Total**      262  
**Out of a Total Possible**      480  
**Score**      54,58 %