

Master Kontrollsekvens

Ormen Lange

Frode Haugland Vik

Master i teknisk kybernetikk

Oppgaven levert: Mai 2007

Hovedveileder: Tor Engebret Onshus, ITK

Oppgavetekst

For Ormen Lange er situasjonen i dag at en operatør må aktivere flere sekvenser under oppstart av gasstoget. Operatøren følger prosessen underveis og kontrollerer at nødvendige betingelser er oppfylt for å kunne fortsette oppstart. Ved å forenkle en del av operatørens oppgaver for oppstart av gasstoget er målet at en skal spare verdifull tid i oppstarten, samt at operatørens tid blir frigjort slik at han/hun til en hver tid kan fokusere på andre viktige oppgaver. Hovedideen med en Master Kontrollsekvens er å bidra til å forenkle oppstarten samt å minimalisere oppstartstiden.

1. Kandidaten skal sette seg inn i nødvendig bakgrunnsinformasjon og lage et forslag til overordnet design for en hovedsekvens som kan redusere oppstartstiden
2. Hovedsekvensen må tilrettelegge for en fremtidig utvidelse slik at en ved behov kan legge til ny funksjonalitet
3. Implementer design, foreta nødvendige endringer. Dette punktet lar seg kun gjennomføre dersom det lar seg gjøre å fremskaffe en kopi av eksisterende system samt at nødvendig programvare blir stilt til disposisjon for kandidaten.
4. Vurder brukervennlighet "mann/maskin"
5. Estimere besparelse i tid for oppstart og produksjon

Oppgaven gitt: 08. januar 2007

Hovedveileder: Tor Engebret Onshus, ITK

Forord

Når jeg nå har fullført diplomoppgaven er det både med glede og usikkerhet jeg går videre inn i en ny fase av livet. Etter mange lærerike år på skolebenken har Hydro ønsket meg velkommen som arbeidskollega i olje og energi divisjonen. Dette er noe jeg ser frem til og det vil bli en stor forandring, men jeg synes også det er viktig å se tilbake på tiden som har gått og ta lærdom av de erfaringer jeg allerede har fått.

Jeg vil rette en spesielt stor takk til min Professor og veileder ved NTNU Tor Onshus som har bidratt til å motivere og støtte opp under arbeidet med oppgaven. I tillegg vil jeg rette en stor takknemlighet til Hydro PROCOC og Ole Bjørn Olsen, som har bidratt med resurser og investert tid og energi i å utforme og følge opp arbeidet med oppgaven. Det er fort gjort å utelate noen som har bidratt og jeg vil derfor rette en stor takk til alle som har hjulpet til slik at oppgaven har latt seg gjennomføre til det den i dag er. Oppgaven er nå avsluttet men det er likevel mange nye muligheter som venter rundt hjørnet.

Frode Haugland Vik
Trondheim 29.Mai, 2007

Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Innholdsfortegnelse	1
Sammendrag og konklusjon	1
Kap 1 Innledning	2
1.1 Ikke rart fiskene svømmer med åpen munn	2
1.2 Forkortelser og definisjoner	5
Kap 2 Ormen Lange Systemoversikt	6
2.1 System 16 Gassmottak	8
2.2 System 18 Undervannsproduksjonssystemet	10
2.3 System 20 Stabilisering og separasjon	11
2.4 System 23 Gass rekompresjon	12
2.5 System 24 Gasstørking	13
2.6 System 25 Hydrokarbongass duggpunkt	14
2.7 System 27 Gasseksport og gassmåling	16
Kap 3 Sekvenser som inngår i oppstart av gasstoget	18
3.1 Sekvenser i 25 systemet	18
Kap 4 Design	21
4.1 Bakgrunn	21
4.2 Oppbygging	23
4.3 Design og virkemåte	26
4.4 Estimert besparelse ved bruk av MKS	49
Kap 5 Implementasjon og testing	50
5.1 Programmering av sekvenser	50
5.2 MMS kommunikasjon	52
5.3 Sekvens tekster	54
5.4 Testing med soft kontroller	54
Kap 6 Analyser og endringsforslag	57
Kap 7 Menneske maskin interaksjon	66
7.1 Analyse av menneske maskin grensesnittet	66
7.2 Endringsforslag	74
Oppsummering	78
Videre arbeid	80
Referanser	84
Presentasjon vedlagt cd	85

Sammendrag og konklusjon

Gjennom denne oppgaven vil leseren gjøres kjent med Ormen Lange landanlegg for produksjon av gass. I oppgaven presenteres bakgrunnsinformasjon for alle store hovedsystemer som inngår i forbindelse med oppstart av gassforedlingsprosessen. For at oppgaven skulle være gjennomførbar har en måtte begrense oppgaven til å kun omhandle sekvenser i hydrokarbonduggpunktssystemet. Kort oppsummert kan en si at oppgaven bygger på følgende problemstillinger:

1. Kan en redusere tiden det tar å starte opp gassanlegget etter en produksjonsstans?
2. Er det mulig å forenkle operatørens oppgaver i forbindelse med oppstart av anlegget?

Å finne svar på disse spørsmålene har skapt mye hodebry og utfordringer, men slik resultatet kan presenteres i dag vil kunnskapen kanskje kunne bidra til ny forståelse og innovative løsninger for fremtiden. I de eksisterende sekvensene som er laget for Ormen Lange, må en starte en produksjonslinje om gangen. Dette innebærer å starte resirkulasjon av gass for å få gassen innenfor salgsspesifikasjonene, samt å legge over til eksport når gassen oppnår disse spesifikasjonene. Når den første produksjonslinjen er lagt til eksport, vil en kunne starte neste produksjonslinje.

I denne oppgaven skisseres en løsning som gjør det mulig å starte begge produksjonslinjer parallelt. Denne løsningen vil, med de antagelser gjort i oppgaven, kunne bidra til å redusere oppstartstiden med inntil 1 time. Dette oppnår en ved å synkronisere oppstarten til begge produksjonslinjer, samt at en fordeler gassgjennomstrømningen mellom linjene. Beregninger gjort av Aker Kværner viser at en i resirkulasjonslinjen kan ha en gassrate på $20\text{MSm}^3/\text{sd}$. Dette gjør det mulig å starte begge produksjonslinjer samtidig ved hjelp av Joule Thompson (JT), men ikke med Turbo Ekspander (TEX).

Men en ønsket ikke bare å redusere oppstartstiden, det er også ønskelig å forenkle operatørens oppgaver. I første del av oppgaven gjennomføres design og implementasjon av sekvenser, med hovedfokus på å redusere oppstartstiden. For å rette fokus mot operatøren har det blitt gjennomført analyser av disse nye sekvensene. Dette er gjort for å kunne konkretisere hvilke tiltak som kan iverksettes for å bidra til å forenkle operatørens oppgaver.

Løsningen som er valgt i oppgaven går ut på å samle alle operatørens oppgaver i første steg av sekvensene. Dette gjøres for at sekvensene ikke skal bli hengende og vente på operatørens bekreftelser eller aksjoner etter at sekvensene er startet. Ved at operatøren utfører alle aksjoner og bekreftelser i første steg, oppnår en at de øvrige stegene i sekvensene blir automatisert. Dette har vist seg svært nyttig, når en ønsker å benytte en hovedsekvens for å automatisk starte andre sekvenser. Da kan en legge alle operatørens oppgaver inn i hovedsekvensen, slik at sekvensene som kjøres fra hovedsekvensen ikke krever operatørens inngripen etter at de er startet.

I den siste delen av oppgaven rettes fokus på kommunikasjonen mellom menneske og maskin. Det ble gjennomført en heuristisk evaluering av brukergrensesnittet og resultatet viser noen områder med forbedrings potensiale. Her kan det nevnes to hovedpunkter: tekstlige beskrivelser og operatørvarsling når sekvensene avventer operatørens inngripen. Oppgaven presenterer forslag til løsninger for begge disse problemene.

Kap 1 Innledning

1.1 Ikke rart fiskene svømmer med åpen munn



Verdens lengste gassrørledning under vann. 1200 kilometer med stålrør helt fra Norge til England. 100.000 rørdeler som er sveiset sammen med en hastighet på fire kilometer per dag og lagt ut på havbunnen med utrolig presisjon. En million tonn stål, og over en million tonn betongkappe. Og nå er den ferdig. Til riktig tid og langt under budsjett. En skjønner godt at fiskene ser overrasket ut.

Storbritannia har et umiddelbart behov for mer gass til matlaging, oppvarming, transport og kraftproduksjon, og inntil nylig ga mangelen på gass grunn til bekymring. Men takket være rørledningen Langeled kommer det allerede nå nye gassleveranser fra Nordsjøen og det er mer underveis. Den sørlige delen av rørledningen er fullført, og i februar 2007 ble den første gassen pumpet fra den midtre delen av Nordsjøen til mottaksanlegget i Easington i East Yorkshire.

Når gassfeltet Ormen Lange blir satt i drift og når platånivå om et års tid, vil anlegget kunne levere britene opptil 20 prosent av den gassen de har behov for i flere tiår framover. Dette gjør Norge til verdens nest største eksportør av gass.

På platånivå vil Ormen Langes prosesseringsanlegg kunne håndtere rundt 20 milliarder Sm^3 gass i året, noe som tilsvarer det samlede årlige energiforbruket i Norge. Med gassreserver på nærmere 400 milliarder kubikkmeter og utbyggingskostnader på rundt 66 milliarder kroner, rangerer Ormen Langefeltet som Europas største utbyggingsprosjekt til havs. Fra oktober 2007 vil gass fra det kalde nord kunne varme 10 millioner kopper britisk te hver dag og dekke 20 prosent av Storbritannias gassbehov i opptil 40 år framover.



Hvor skal så all denne gassen hentes fra? Gassfeltet Ormen Lange, som er Norges nest største gassfelt, ble påvist ved boring av Norsk Hydro i 1997. Feltet ligger 120 km nordvest for Molde inne i rasgrova etter "Storegga-raset". Havdypet på 900m og de topografiske forholdene på havbunnen har medført store teknologiske utfordringer under feltutbyggingen. Dette er fordi rørledningen inn til land eller sydover må passere rasområdet og gå gjennom et sterkt kupert bunnlandskap. På dette havdypet kan det forekomme lave vanntemperaturer helt ned til minus -2 °C. Dette gir utfordringer i å hindre frost som kan forårsake at rørledningene tettes fordi gassen inneholder noe vann fra reservoaret.

Løsningen en har valgt for å hente ut gassen fra feltet er en havbunnsutbygging kombinert med et landanlegg. Fra landanlegget eksporteres gassen videre til Easington. Selve landanlegget er bygget på Nyhavna i Aukra kommune og dette skal ta i mot den ubehandlede brønnstrømmen. Når den ubehandlede brønnstrømmen ankommer Nyhamna, vil den først bli ført til et mottaksanlegg for væskeplugg, en såkalt "slug catcher". Slike væskeplugg kan ellers fylle opp og skade prosessanlegget. Deretter skal gass, kondensat og vann/frostvæske separeres. Gassen går så til et vannfjernings- og tørkeanlegg før den komprimeres for eksport. Kondensatet skal stabiliseres og lagres i en fjellhall på 150.000 kubikkmeter før det eksporteres med skip. Frostvæsken blir gjenbrukt etter separasjonen, mens produsert vann blir rensert før det slippes ut i havet. Det er gjennom hele utbyggingsprosessen lagt opp til innovative løsninger for å holde utslipp til luft og vann på et minimum.

Fakta om Hydro, Ormen Lange og Langeled-prosjektet

- Partnere i Ormen Lange-feltet er Hydro, Shell, Petoro, Statoil, Dong og ExxonMobil. Hydro er operatør i utviklings- og byggefasen
- Shell vil overta som operatør når Ormen Lange settes i drift. Shell har også ansvaret for boring av produksjonsbrønnene
- Deltakere i samarbeidsselskapet Langeled er Hydro, Petoro, Statoil, Dong, ExxonMobil, ConocoPhillips og Gassco. Hydro er operatør for Langeled i utviklings- og byggefasen
- Gassco vil overta driften av Langeled når rørledningen tas i bruk. Operatøren har organisert et samarbeidsprosjekt for transportsystemet og feltutviklingen for å ivareta feltutviklingen og helheten i Ormen Lange- og Langeled-prosjektet fra reservoar til marked
- Statoil styrer Langeled-prosjektet sammen med Hydro. Prosjektorganisasjonen er bemannet med personell både fra Statoil og Hydro
- Ormen Lange-feltet, som ligger i Nordsjøen, vil bli det nest største gassfeltet på norsk kontinentalsokkel og blir en betydelig ny gasskilde for Europa fra 2007. Gassen fra Ormen Lange vil bli prosessert på Nyhamna i Møre og Romsdal og sendt videre til Storbritannia
- Nyhamna i Aukra kommune vil i 2007 bli knyttet til Easington via Langeled-prosjektet. Den 1.200 kilometer lange rørledningen er koplet sammen med Sleipner-senteret i Nordsjøen
- I årene framover vil opp mot 20 prosent av Storbritannias gass komme via Ormen Lange/Langeled-prosjektet, som vil møte etterspørsel både i Storbritannia og ellers i Europa, samtidig som det gir sikre gassleveranser for flere tiår framover
- Norge er i dag den tredje største gasseksportøren i verden, etter Russland og Canada. Når Ormen Lange-feltet settes i produksjon, vil Norge bli den nest største gasseksportøren i verden

Innhold og bilder i innledningen er hentet fra <http://www.hydro.com/ormenlange/no>

Bakgrunn

Hva er det så en masteroppgave kan omhandle som kan bidra til å videreføre noe av den teknologien som er laget for et anlegg i dette omfanget. Utgangspunktet som oppgaven bygger på er følgende problemstillinger:

1. Kan en redusere tiden det tar å starte opp anlegget etter en produksjonsstans?
2. Er det mulig å forenkle operatørens oppgaver i forbindelse med oppstart av anlegget?

Det å finne løsninger på disse problemene har vært både tidkrevende og utfordrende. Valget blant flere ideer falt til slutt på å utvikle en hovedsekvens som skal bidra til å forenkle operatørens oppgaver. Tanken bak hovedsekvensen er at denne skal kjøre underliggende sekvenser slik at operatøren ikke må aktivere hver enkelt sekvens slik systemet er laget i dag. Dette vil bidra til at operatøren får færre objekter å holde orden på og det blir dermed lettere å holde oversikten. Visjonen bak en hovedsekvens, er å håndtere alle systemer som inngår i oppstarten av gassanlegget slik at operatøren kun får en startknapp å forholde seg til. Dette vil i forhold til tid og ressurser ikke være praktisk gjennomførbart å lage gjennom en hovedoppgave, men er noe en kan ha i bakhodet og strebe etter.

Under arbeidet med å tenke ut hvordan en hovedsekvens skulle bygges opp ble alle relevante sekvenser i forbindelse med oppstart av produksjonslinjene/gasstogene studert. Gjennom disse studiene ble ideen om parallell oppstart av gasstogene fremmet. De eksisterende sekvenser for oppstart av gasstogene er kun laget for å starte et gasstog om gangen. Det er derfor svært gode muligheter for å spare tid i oppstarten ved å utvide funksjonaliteten slik at en kan starte begge gasstog parallelt. Det er vanskelig å forutse hvor mye tid en kan spare på en slik løsning, men det kan være snakk om inntil en time hver gang det er behov for å benytte løsningen. Dette behovet vil gjøre seg gjeldene hver gang en har hatt en stans i produksjonen og det er ønskelig å gjenopprette produksjon i begge produksjonslinjer.

Sekvensering av oppstarten er i tillegg til å være tidsbesparende også en måte å frigjøre operatøren slik at han/hun kan fokusere på andre arbeidsoppgaver under oppstarten. Det er fra Shell (som operatør) ytret ønske om å automatisere så mye som mulig for å kunne holde bemanningen på et minimum. Slik planen foreligger i dag er det planlagt med to operatører i sentralt kontrollrom samt tre feltoperatører. For å kunne ha en så lav bemanning er automatisering og brukervennlighet viktig. Bruk av sekvenser er derfor til stor hjelp for operatørene ved oppstart av store systemer.

Sekvenser er forutsigbare og de utfører samme handling hver gang. Sekvenser er derfor velegnet for å utføre rutineoppgaver og påvirkes lite av ytre faktorer. Mennesker derimot påvirkes av miljø og arbeidssituasjon, egne evner til å løse oppgaver, individuelle faktorer, psykologiske og fysiologiske belastninger. Dette gjør at mennesker i uheldige situasjoner kan gjøre feil som en sekvens ikke gjør. Mennesker har derimot mange fordeler som maskiner og sekvenser ikke har, blant annet evnen til induktiv tenkning. Dette er noe maskiner ikke kan og mennesker er derfor en sentral samarbeidspartner for maskinene i dette systemet.

Det har på bakgrunn av behovet for samspillet mellom menneske maskin fremkommet et behov for evaluering av menneske maskin grensesnittet. En slik evaluering er tenkt å fremme viktige punkter som kan bidra til å bedre dette samspillet. Målet er å gjøre operatørens verktøy så gode som mulig slik at de kan utføre sine arbeidsoppgaver på en best mulig måte.

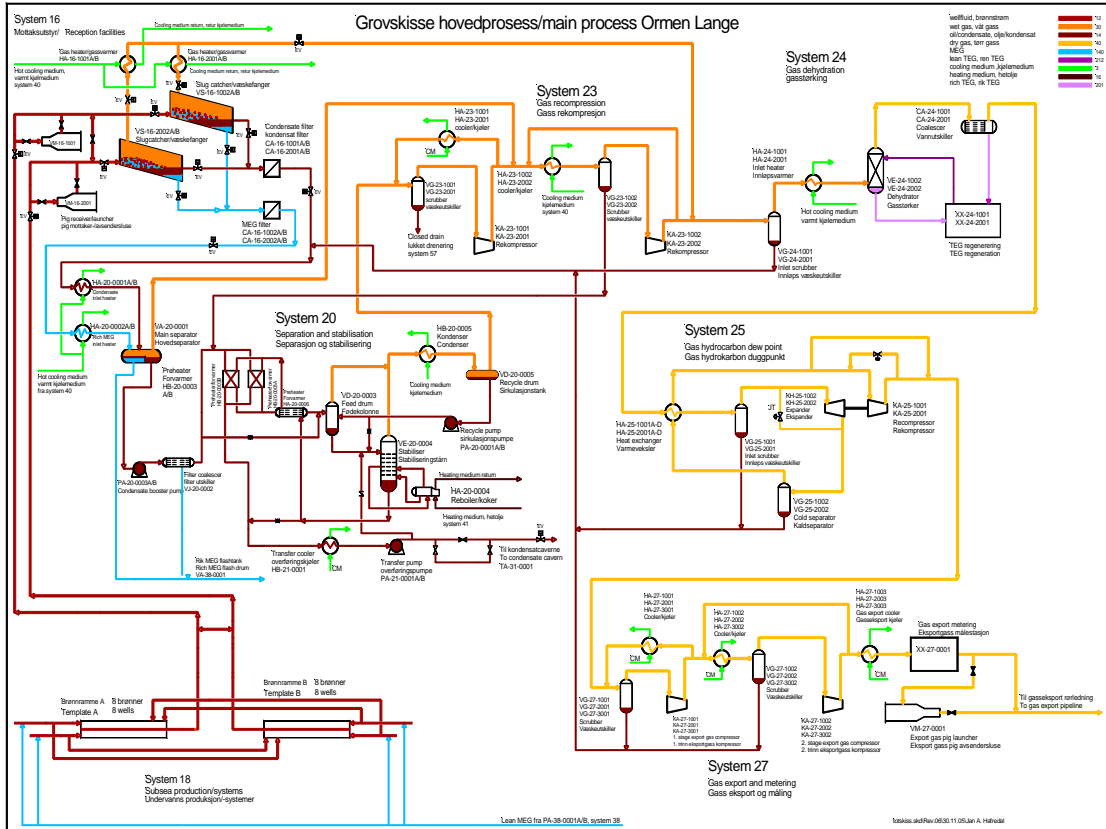
1.2 Forkortelser og definisjoner

Forkortelse	Engelsk beskrivelse	Norsk beskrivelse
NAS	Emergency shutdown	Nødavstengning
PAS	Process shutdown	Prosessavstengning
SAS	Safety and automation system	Sikkerhets- og automasjonssystem
SKR	Central control room	Sentralt kontrollrom
L	Low Alarm	Lav alarm
H	High Alarm	Høy alarm
LL	Low Low Trip	Lav-lav trip
HH	High High Trip	Høy-høy trip
HT	High Pressure (HP)	Høytrykk
LT	Low Pressure (LP)	Lavtrykk
SCD	System Control Diagram	Systemkontrolldiagram
MEG	Mono Ethylene Glycol	Monoetylglykol
TEG	Tri Ethylene Glycol	Trietylglykol
JT	Joule-Thomson valve	Joule-Thomson ventil
VDS	Valve Data Sheet	Ventil data ark
MMI	Man Machine Interaction	Menneske Maskin Interaksjon
MMS	Manufacturing Message Specification	Fabrikasjons meldings spesifikasjon
MKS	Master Control Sequence	Master Kontroll Sekvens
TEX	Turbo Expander	Turbo Ekspander
HIPPS	High Integrity Pressure Protection System	Beskyttelsessystem mot overtrykk
AKET	Aker Kværner Engineering & Technology	Aker Kværner
PLET	PipeLine End Termination	Avslutningsstykke for rørledning
PIC	Pressure Indicator Controller	Trykk Indikator Kontroller
LIC	Level Indicator Controller	Nivå Indikator Kontroller
FIC	Flow Indicator Controller	Strømnings Indikator Kontroller

Benevning	Beskrivelse
bara	Trykk i bar når atmosfæretrykket ikke regnes som nullpunkt
barg	Trykk i bar når en regner atmosfæretrykket som nullpunkt
rpm	Rotasjoner/omdreininger per minutt (angir rotasjonshastighet)

Kap 2 Ormen Lange Systemoversikt

For å kunne løse problemstillingene som nevnes innledningsvis vedrørende forenkling for operatøren og redusering av oppstartstid, er kunnskap om prosessen viktig. I Figur 1 nedenfor er det vist en grovskisse av hovedprosessen for Ormen Lange. Denne skissen innbefatter de viktigste hovedsystemene, men har ikke med produktbeholdningssystemer og hjelpesystemer. For å begrense oppgaven kan en ikke behandle alle systemer og oppgaven er derfor innsnevret til å kun omfatte en del av hovedsystemene. Kunnskap om øvrige systemer er likevel viktig da mange systemer påvirker hverandre. En systemoversikt er listet i Tabell 1.

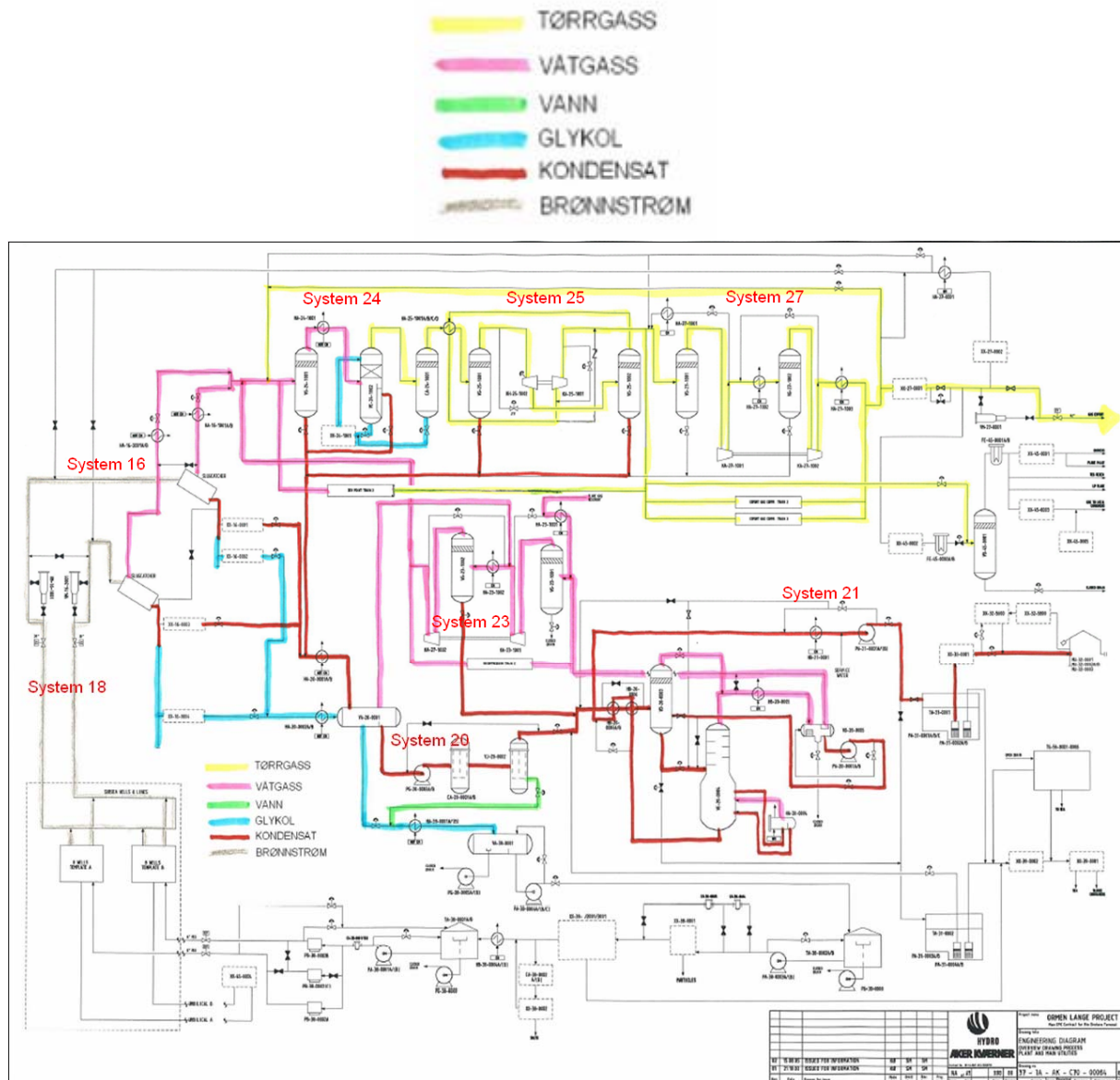


Figur 1

<p>Hovedprosess system:</p> <ul style="list-style-type: none"> System 16 Gassmottak System 18 Undervannproduksjon System 20/21 Stabilisering og separasjon System 23 Gass recompresjon System 24 Gasstørking inkludert TEG regenerering System 25 hydrokarbonogass duggpunkt System 27 Gass eksport og målesystem <p>Produktbeholdningssystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> System 31 Kondensat lagring System 32 Kondensat lastning inkludert flyktig kondensat gjenvinning (VOC) System 38 MEG gjenvinning System 39 Vannbehandling 	<p>Prosess hjelpesystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> System 40 Kjølemedium System 41 Varmemedium System 42 Kjemikalietilsetning System 43 Fakkell System 45 Brenngass System 50 Sjøvann System 53 Ferskvann System 56/57 Åpen/lukket avløp System 63 Komprimert luft System 64 Nøytralgass System 65 Hydraulikk
--	--

Tabell 1

Figur 2 viser en oversikt over hovedprosess og produkt håndteringssystem. Fargesystemet som er benyttet er som beskrevet under.



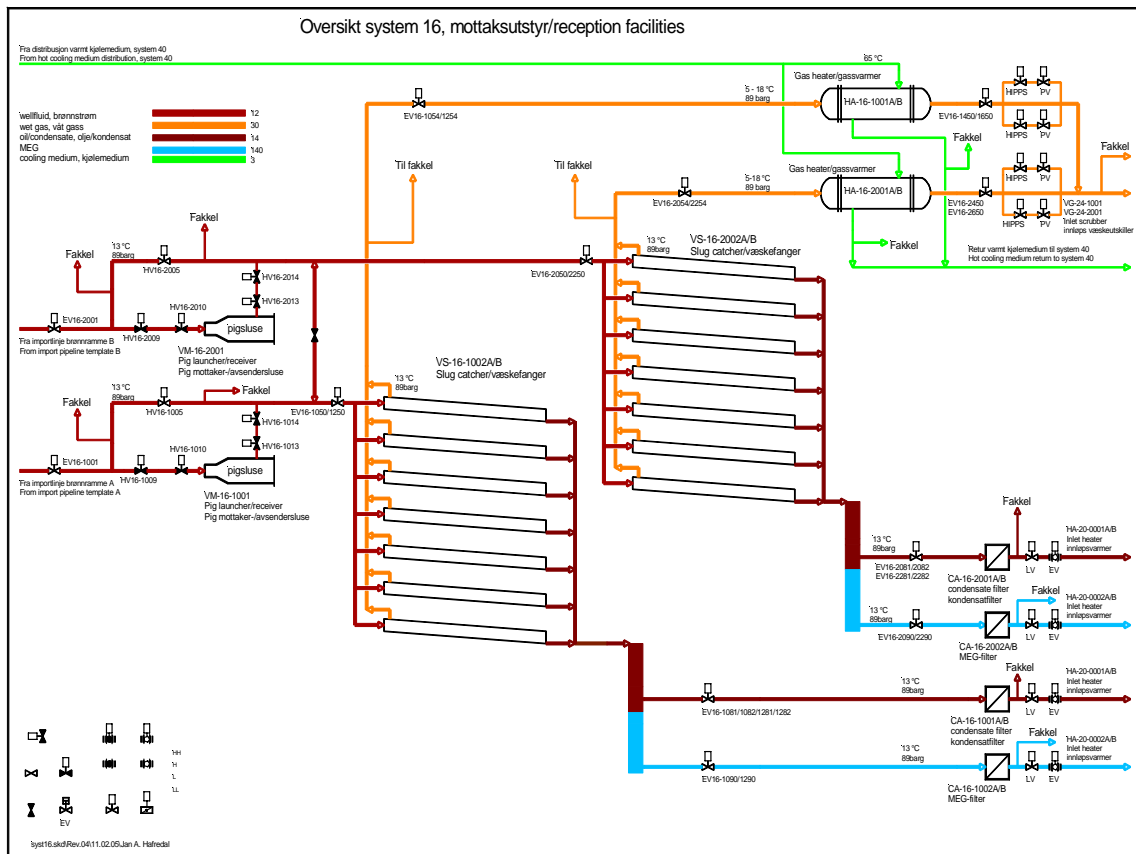
Figur 2

Det som er forsøkt illustrert i Figur 2 er hvordan de forskjellige komponentene behandles gjennom prosessen. En kan følge brønnstrømmen fra *system 18 undervannsproduksjon* til *system 16 gassmottak* hvor våtgass, kondensat og vann/glykol skilles. Våtgass føres videre inn i *system 24 gasstørking*. Her tørkes gassen ved bruk av TEG som renses og reinjiseres i samme system. Den tørkede gassen føres videre inn i *system 25 hydrokarbongass duggpunkt* for å fjerne tunge komponenter og redusere duggpunktstemperaturen til salgskravet. Fra *system 25 hydrokarbongass duggpunkt* føres gassen til *system 27 gasseksport og gassmåling*. Her komprimeres gassen før den føres til eksportørledningen (Langeled).

I kondensat og vann/glykolstrømmen fra *system 16 gassmottak* er det igjen noe våtgass. Denne skilles ut i *system 20 stabilisering og separasjon* og reinjiseres i *system 24 gasstørking* via *system 23 gass rekompresjon*. Kondensatet som blir separert i system 20 føres til lager/eksport. Glykol og vann utskilt i *system 20 stabilisering og separasjon* sendes videre til behandling i *system 38 MEG gjenvinning*. Vannet som skilles ut i MEG gjenvinning renses og slippes ut igjen til sjø.

I de påfølgende del kapitler vil det kort bli redegjort for formål og systemoversikt til de enkelte del systemene/hovedsystemene. For å gjenkjenne del systemenes plassering i hovedsystemet kan en benytte Figur 1.

2.1 System 16 Gassmottak



Figur 3

Formål

Mottakssystemet har som formål å ta i mot brønnstrøm produsert fra undervannsrørledning A og B og forbehandle brønnstrømmen før den distribueres videre til nedstrøms systemer.

Systemets hovedkomponent, væskefangeren, separerer gass- og væskefasene, håndterer væskeplugger og sikrer dermed stabile driftsbetingelser for nedstrøms systemer.

Kondensat- og MEG/vann-fasene filtreres og ledes videre til *system 20 stabilisering og separasjon*, mens gassen forvarmes og ledes videre til *system 24 gasstørking*.

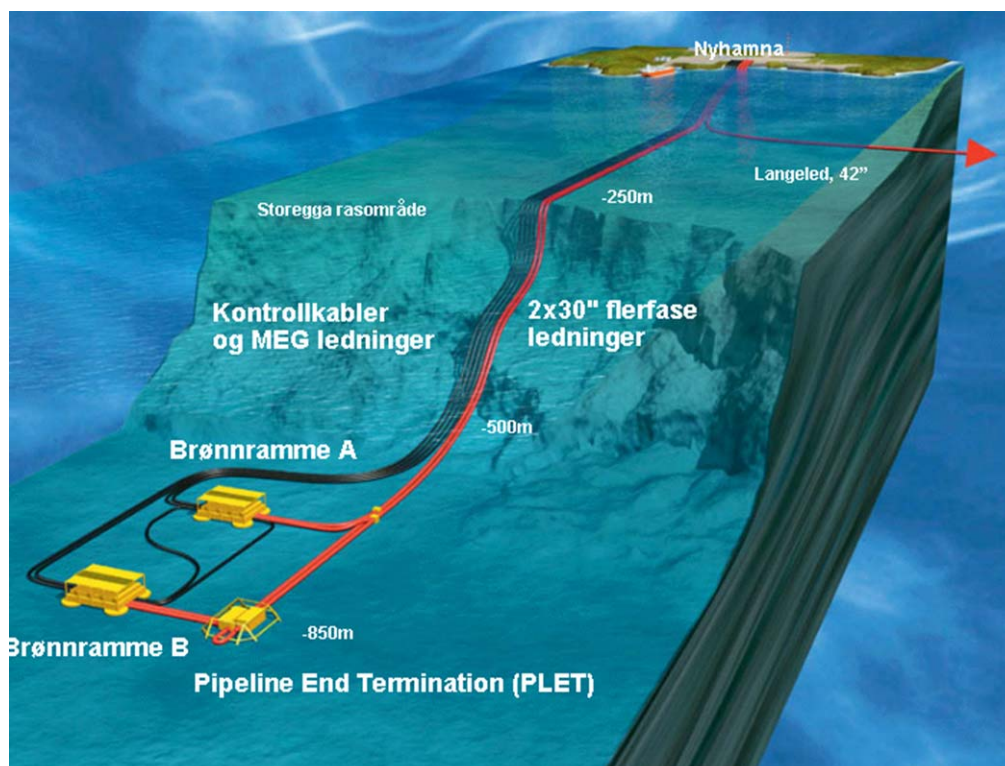
Systemkapasitet

- Gass
 - 60 MSm³/sd ved 75 bara i væskefanger
 - 70 MSm³/sd ved 90-100 bara i væskefanger
- Kondensat
 - 10 000 Sm³/d
- MEG/vann
 - 5790 Sm³/d

Systemoversikt

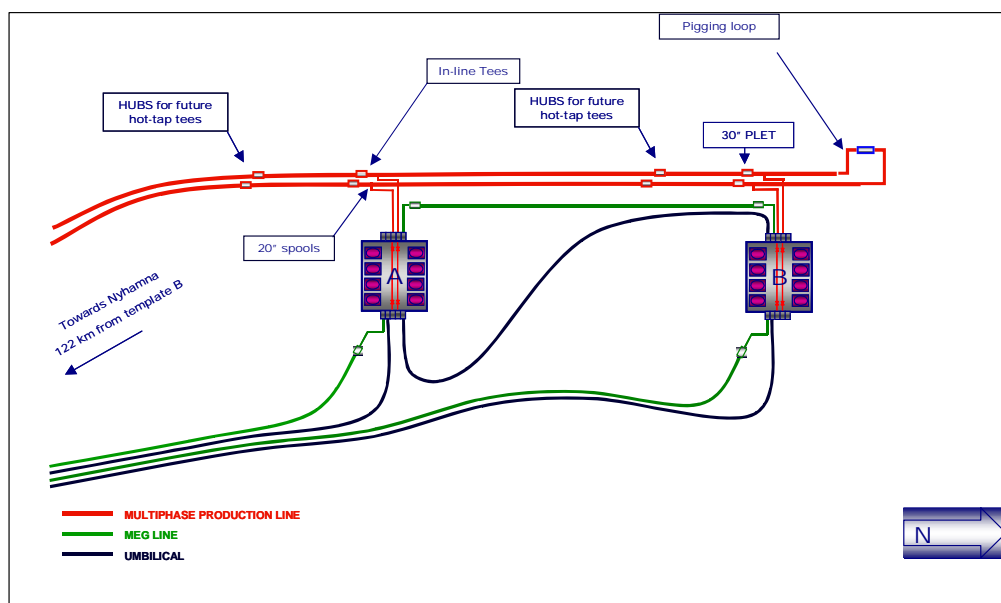
System 16 gassmottak mottar føde fra system 18 undervannsproduksjon via 30" rørledning A og B. Undervannsproduksjonssystemet befinner seg 120 km ute i havet, dette fører til at det blir en forsinkelse på 3-6 timer fra en gjør endringer på strupeventilene, i system 18 undervannsproduksjon, til en merker endringene i system 16 gassmottak. Prosessen vist i Figur 3 kan beskrives slik:

1. Fra brønnene ledes brønnstrømmen gjennom produksjons rørledning fra brønnrammene vist i Figur 4. Brønnstrøm fra undervannsledning A ledes normalt til væskefanger VV-16-1001, mens brønnstrøm fra undervannsledning B ledes til væskefanger VV-16-2001, begge vist i Figur 3
2. Gass som frigjøres umiddelbart, strømmer ut vertikalt i primær gassutløp, mens gass oppløst i væskefasen, gradvis frigjøres i de 150 meter lange "fingrene" og ledes ut gjennom sekundær gassutløp og samles i et felles gassutløp
3. For å hindre hydratdannelse nedstrøms trykkreguleringsventilene, varmes gassen fra væskefangerne til minst 10°C eller 5°C over beregnet vandduggpunkt for gassen, før gassen ledes til system 24 for tørking
4. MEG/vann og kondensat skilles i de horisontale rørene i væskelagringsseksjonen av væskefangerne, med MEG/vann utløp nederst og kondensatutløp øverst
5. Fra væskefangerne ledes MEG/vann gjennom våt MEG filtrene CA-16-2001/ 2 A/B hvor partikler fra brønnene filtreres ut, før MEG/vann ledes til system 20 stabilisering og separasjon
6. Fra væskefangerne ledes kondensat gjennom kondensat filtrene CA-16-1001/ 2 A/B hvor partikler fra brønnene filtreres ut, før kondensatet ledes til system 20 stabilisering og separasjon



Figur 4

2.2 System 18 Undervannproduksjonssystemet



Figur 5

Undervannproduksjonssystemet vist i Figur 4 og Figur 5 skal når anlegget settes i drift være tilknyttet tre brønner, hvor en fjerde kan være klar. Det skal i følge boreplan utvides med fire brønner i året inntil 16 brønner er knyttet til brønnrammene. I tillegg er det planlagt med en videre utvidelse med brønnramme C og evt. D. Hver brønnramme kan tilknyttes 8 brønner så dersom det blir 4 brønnrammer kan en totalt tilknytte 32 brønner.

Undervannproduksjonssystemet er definert til å være produksjonsstrengen fra reservoaret og frem til innløpet av væskefangerne ved Nyhamna. For informasjon relatert til væskefangerne, se *system 16 gassmottak*.

Formål

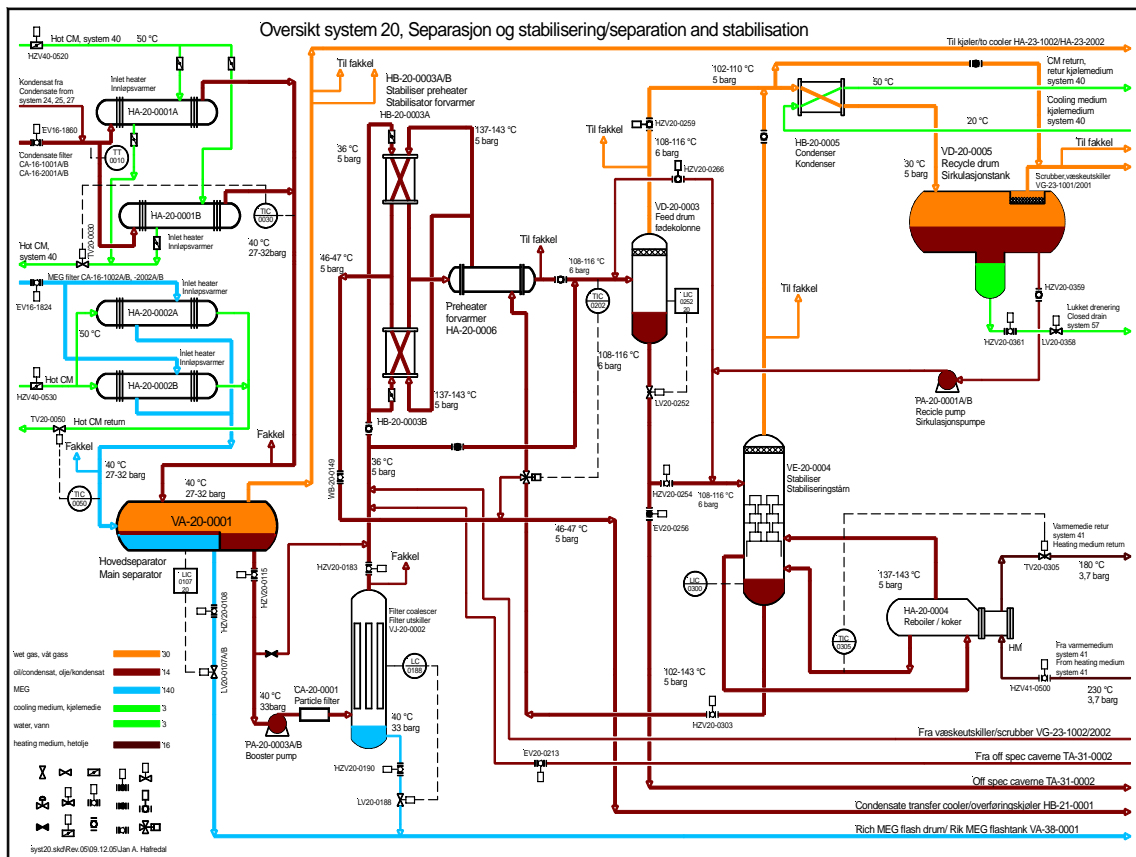
Undervannproduksjonssystemet har som formål å distribuere brønnstrøm produsert fra reservoaret via ventiltre til produksjonsmanifold. Fra produksjonsmanifolden videreføres brønnstrømmen til undervannsrørledning A & B og deretter til væskefangerne ved Nyhamna. Dette gjøres på en kontrollert måte ved å inkludere hydratkontroll, og i tillegg ivareta hver enkelt produksjonsbrønns integritet.

Undervannsdelen av MEG Injeksjon, hydraulikk og kjemikalieinjeksjon regnes som en integrert del av *system 18 undervannproduksjon*.

Systemoversikt

Figur 5 viser de to brønnrammene som i dag er installert. Det injiseres MEG i brønnstrømmen for å unngå hydratdannelser. MEG hentes fra *system 38 MEG gjenvinning* og injiseres i *system 18 undervannproduksjon*. Grunnen til at hydratdannelser kan oppstå er en følge av høyt trykk og lav temperatur. På Ormen Lange feltet vil havbunnstemperaturen ligge ned mot $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, noe som gjør at vannet en produserer ville fryse uten tilstrekkelig MEG injeksjon. I tillegg er det en 30" PLET på havbunnen som danner en pigg-sløyfe, se Figur 4. Denne benyttes for å kunne rense ut hydrat og isdannelser som måtte danne seg i rørledningene. Det en gjør er å sende en pigg (dvs en slags propp) ned gjennom rørledning A via PLET og opp gjennom B eller omvendt. Ved å gjøre dette unngår en at det dannes væskeansamlinger i røret og dermed vil en redusere mulighetene for hydrat og isdannelser i rørledningen.

2.3 System 20 Stabilisering og separasjon



Figur 6

Formål

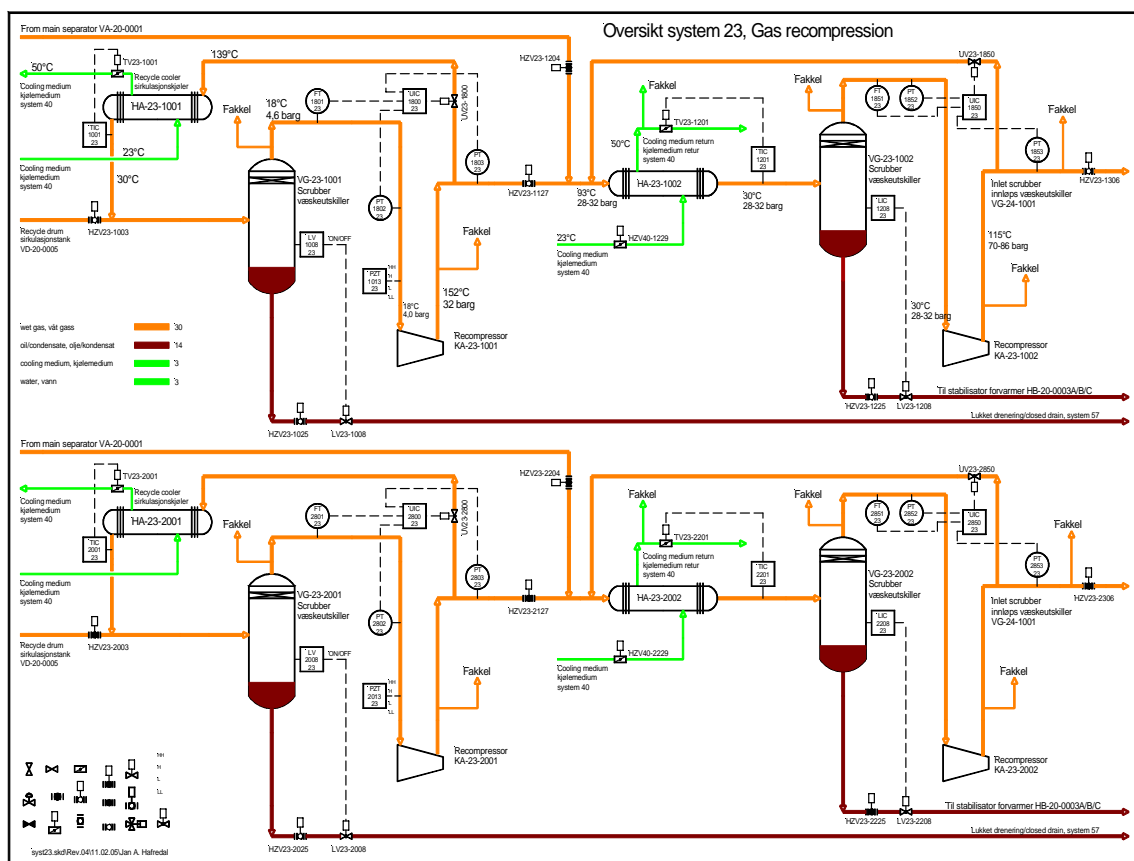
Formålet med *system 20 stabilisering og separasjon* vist i Figur 6, er å stabilisere kondensat fra brønnstrømmen for å imøtekomme krav til maks damptrykk på kondensat som selges. I tillegg separerer *system 20 stabilisering og separasjon* ut MEG og vann fra kondensatet.

Systemoversikt

Fra væskefangerne i *system 16 gassmottak* filtreres og forvarmes kondensat og MEG/vann før det føres inn til hovedseparator VA-20-0001. Hovedseparator skiller ut MEG/vann som sendes videre til behandling. Kondensat utskilt i hovedseparator sendes via filtre og varmevekslere til fødekolonne VD-20-0003. Fødekolonnen mater stabiliseringskolonnen VE-20-0004, som sender ferdigbehandlet kondensat videre til lager/eksport.

Fra fødekolonne og stabiliseringskolonne hentes resterende gass ut fra kondensatet. Gassen sendes til en sirkulasjonstank VD-20-0005, hvor gassen som skilles ut sendes videre til *system 23 rekompresjon* første trinn. Gassen utskilt i hovedseparator sendes også inn til rekompresjon, men i andre trinn. Dette gjøres fordi gassen fra hovedseparator har høyere trykk og en vil derfor spare energi. Ved ledig kapasitet i systemet kan kondensat fra fjellager for ustabilisert kondensat pumpes oppstrøms til kondensat forvarmer *system 21 kondensat* for repressering. Det er også mulig å sende kondensat direkte til fjellager for ustabilisert kondensat dersom kapasiteten i en del av kondensatbehandlingen ikke er i drift eller er for lav.

2.4 System 23 Gass rekompresjon



Figur 7

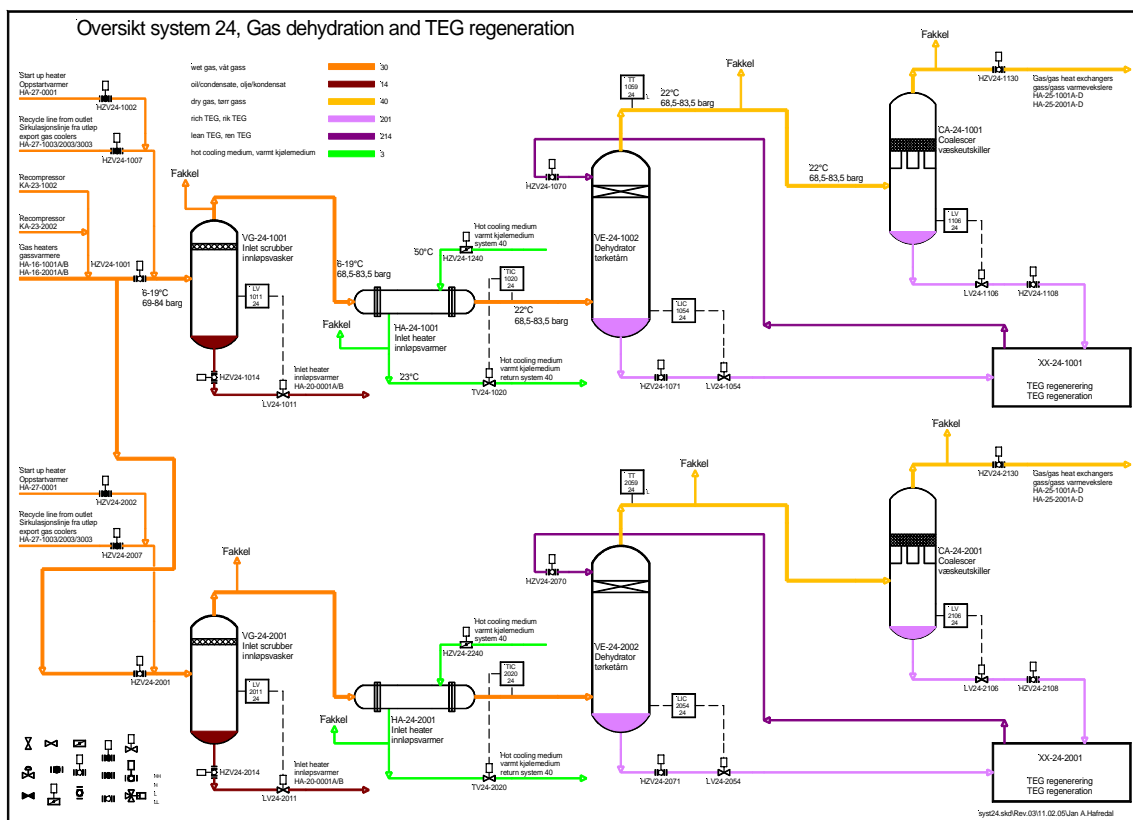
Formål

Formålet med *system 23 gass rekompresjon*, vist i Figur 7, er å komprimere produsert gass fra *system 20 stabilisering og separasjon* og *system 43 fakkelsystemet*, til samme gass utløpstrykk som gassen fra væskefangerne. Gassen blandes med gass fra væskefangerne før videre behandling i *system 24 gasstørking*.

Systemoversikt

Gass fra *system 43 fakkell* ledes til 1.trinns rekompresor innløpskjøler, for så å blandes med gass fra sirkulasjonstank i *system 20 stabilisering og separasjon*. Gassen ledes gjennom væskeutskiller og videre til 1.trinns rekompresor. Fra 1.trinns rekompresor blandes gassen med gass fra hovedseparator i *system 20*, for så å gå gjennom 2.trinns innløpskjøler, væskeutskiller og rekompresor. Fra *system 23 gass rekompresjon* ledes gassen til *system 24 gasstørking*.

2.5 System 24 Gasstørking



Figur 8

Formål

Gasstørkingssystemet skal tørke gassen fra væskefangere og rekompresjonstogene slik at den oppfyller kravet til vandduggpunkt for salgsgass, dette er for å hindre dannelse av is og hydrater nedstrøms *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*.

Salgsgass-spesifikasjonen for vandduggpunkt er gitt i Ormen Lange Offshore/Onshore Design Basis og er $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved 69 barg. For å unngå problemer med hydrater eller is i *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*, er *system 24 gasstørking* designet for å tørke gassen til et vandduggpunkt som ligger $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lavere enn operasjonstemperaturen i kaldseparatoren i *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*. Dette gir et krav til vandduggpunkt på $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved 70 bara.

I tillegg skal TEG gjenvinningsanlegget fjerne vann fra våt TEG slik at TEG'en kan reinjiseres i prosessen.

Systemoversikt

Fødegass tilføres fra *system 16 gassmottak* og fra *system 23 rekompresjon*. Fødegassen fra *system 16 gassmottak* er utskilt direkte i væskefangerene og forvarmet for å unngå hydrater. Fødegassen fra *system 23 rekompresjon* er utskilt i *system 20 stabilisering og separasjon* etter trykkreduksjon og stabilisering hvorefter gassen blir recomprimert i *system 23* for å oppnå samme trykk som gassen utskilt direkte i væskefanger. Prosessen vist i Figur 8 blir i korte trekk som listet under.

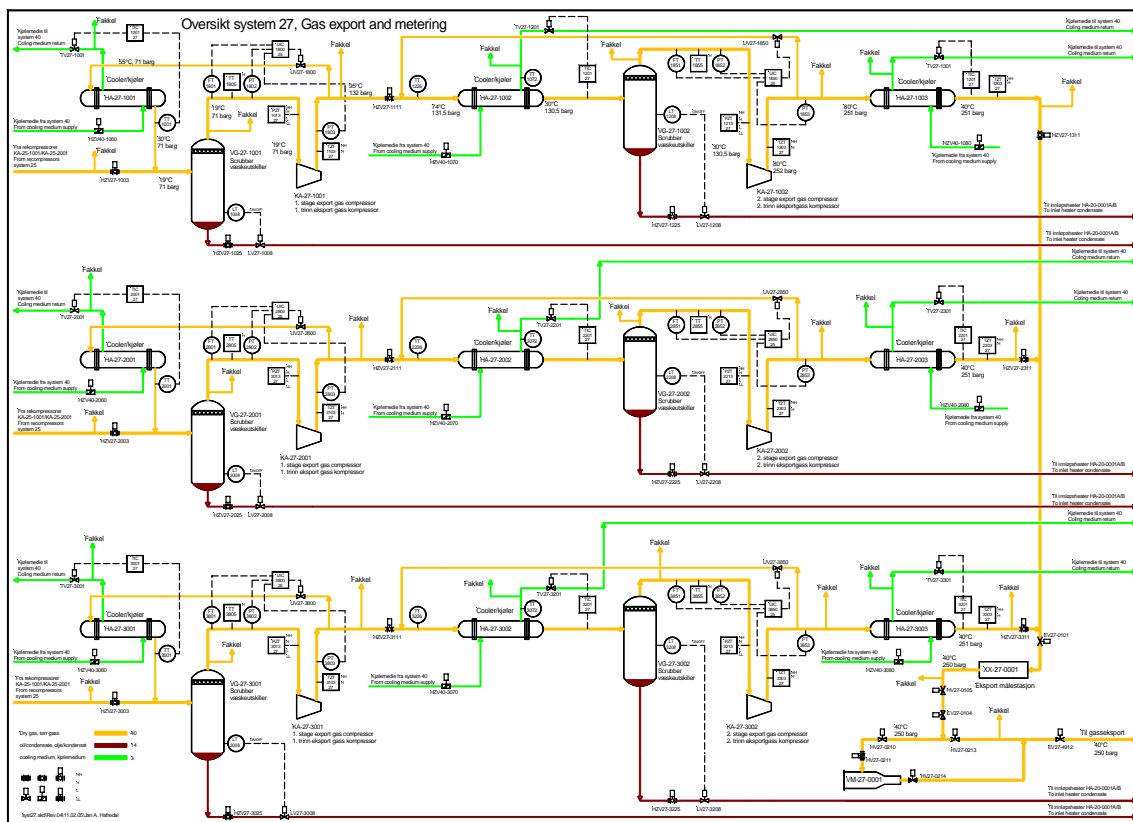
1. Gass fra *system 16 gassmottak* blandes med gass fra *system 23 rekompresjon* og ledes til tørketårn væskeutskillerne VG-24-1001/ 2001 hvor eventuell væske skilles ut og ledes tilbake til hovedseparator i *system 20 stabilisering og separasjon*

innløpsvarmer for kondensat i *system 20 stabilisering og separasjon*. Gassen fra væskeutskilleren blir deretter ekspandert og avkjølt i TEX. Fra TEX ledes gassen til kaldseparatorene hvorfra væsken som blir slått ut, også føres oppstrøms til hovedseparator innløpsvarmere for kondensat. Gassen fra kaldseparatorene via gass/gass varmevekslerne blir deretter komprimert i TEX rekompresorene og ført til gasseksport togene. Hver TEX har en JT-ventil i omløp.

Prosessen vist i Figur 9 blir som følger:

1. Gass fra *system 24 gasstørking* blir kjølt ned til ca -14°C med gass nedstrøms kaldseparator i gass/gass varmevekslerne HA-25-1001A-D/ 2001A-D
2. Fra varmevekslerne ledes den nedkjølte gassen til TEX væskeutskiller VG-25-1001/ 2001 hvor utfelt kondensat utskilles og ledes til innløpsvarmer i *system 20 stabilisering og separasjon*
3. Gassen fra væskeutskilleren blir ekspandert ned til 68,5 barg med ekspansjonsenergien overført til rekompresor, som medfører at temperaturen reduseres til -25°C . Ved TEX trip, åpner en omløpsventil JT som reduserer trykket tilsvarende
4. Fra TEX/JT ledes den nedkjølte gassen til kaldseparator VG-25-1002/ 2002 hvor utfelt kondensat utskilles og ledes til innløpsvarmer i *system 20 stabilisering og separasjon*
5. Gassen fra kaldseparatoren varmes opp i gass/gass varmevekslerne HA-25-1001A-D/ 2001A-D av gass oppstrøms TEX, og rekomprimeres til ca 71 barg ved hjelp av TEX rekompresor KA-25-1001.
Gassen fra begge togene samles i et felles rør, før gassen ledes til *system 27 gasseksport og gassmåling*

2.7 System 27 Gasseksport og gassmåling



Figur 10

Formål

Gasseksportsystemet vist i Figur 10 skal komprimere og måle gassen før den eksporteres til rørledningen.

Systemet inkluderer et trykksettningssystem som med gass fra rørledningen blir brukt til å trykksette prosessanlegget og rørledningene fra brønnene.

Trykksettningssystemet benyttes også for tilbakeførsel av gass til produksjonsrørledningene fra brønnene under operasjon i perioder med lav produksjon (< 20 MSm³/sd). Dette gjøres for å unngå væskeakkumulering i produksjonsrørledningen.

Systemoversikt

Design kapasiteten til kompressorene og gasseksport målerne er 70 MSm³/sd med et innløpstrykk på 70 bara til systemet og 228 bara inn til eksportgass rørledningen. Ved en gasmengde på 60 MSm³/sd er eksporttrykket 211 bara. Temperaturen på eksportgassen vil normalt være 40 °C.

Kompressorene er fordelt på tre tog med 33,3 % kapasitet hver. Hvert tog komprimerer gassen i 2 trinn med mellomkjøling og etterkjøling.

Design kapasiteten til trykksettningssystemet er mellom 1 og 10 MSm³/sd gass avhengig av varmebehov og trykk.

Prosessen vist i Figur 10 blir trinnvis som følger:

1. Eventuell væske i gass fra *system 25 hydrokarbongass duggpunkt* skilles ut i 1.trinns gasseksport kompressor væskeutskiller for å beskytte kompressoren mot væskeslag
2. Gassen fra væskeutskilleren komprimeres fra ca 69 barg til 127 barg i 1.trinn gasseksport kompressor. Pga kompresjonen øker temperaturen til ca 73°C
3. Gassen fra kompressoren kjøles ned til ca 30°C i 1.trinns gasseksport kompressor innløpskjøler
4. Fra innløpskjølerne ledes gassen til 2.trinns gasseksport kompressor væskeutskiller, hvor utfelt væske (pga komprimering/kjøling) skilles ut
5. Gassen fra væskeutskilleren komprimeres til rørledningstrykk, typisk 233 barg i 2.trinn gasseksport kompressor. Pga kompresjonen øker temperaturen til ca 84°C
6. Gassen fra kompressoren kjøles ned til ca 40°C i gasseksportkjøleren
7. Gassen fra gasseksportkjøleren ledes gjennom eksport målestasjon som måler fiskalt mengden gass som eksporteres (dvs mengde gass som det skal betales avgift for)
8. Deretter ledes gassen gjennom rørledning (Langeled) til Easington (via Sleipner)

Trykksettingssystemet

Trykksettingssystemet tar gass nedstrøms gasseksportmåleren og dette brukes til å trykksette system 16, 24, 25 og 27. Trykksettingsgassen blir målt fiskalt i målestasjon for tilbakeproduksjonsgass og varmet opp i oppstartsvarmeren for å unngå lavtemperaturproblemer under trykksetting.

Trykksettingssystemet brukes også til å sirkulere gass tilbake til brønnene med en rate inntil 10MSm³/sd ved lav produksjon for å unngå for mye væskeakkumulering i flerfaserørledningene fra brønnene.

Denne systemgjennomgangen har vært med på å danne grunnlaget for det videre arbeidet med eksisterende og nye sekvenser. For å forstå hva en sekvens gjør er det viktig å forstå den overordnede tanken for det systemet en hver sekvens inngår i. Det er også viktig for å kunne innsnevre problemstillingene oppgaven omtaler vedrørende brukervennlighet og oppstartstid. I det påfølgende kapitlet vil en gå nærmere inn på eksisterende sekvenser som er brukt i forbindelse med oppstart av gasstogene.

I beskrivelsene av de enkelte systemene i dette kapitlet, er materialet hentet fra systemmanualer, prosess tegninger og driftsinstrukser som ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon*. Bakgrunns litteratur er hentet fra [1], [2], [3] og [4].

Kap 3 Sekvenser som inngår i oppstart av gasstoget

For de systemer som inngår som hovedsystemer regnes 16, 20/21, 23, 24, 25 og 27. Ikke alle disse systemer inneholder sekvenser. Etter å ha gått gjennom del systemene med tilhørende sekvenser har valget falt på å snevre oppgaven inn rundt 25 systemet.

3.1 Sekvenser i 25 systemet

I dette systemet ligger mange av sekvensene som inngår i forbindelse med oppstart av gasstogene. Men for å finne ut hvordan en skal redusere oppstartstiden er det viktig å forstå hensikt og virkemåte for de forskjellige sekvensene som allerede er laget. Deretter kan en begynne å tenke på hvilke endringer som kan gjøres for å oppnå økt brukervennlighet og tidsbesparelse. Når det gjelder detaljer i forhold til de eksisterende sekvensene er det vedlagt egen dokumentasjon for disse som gir en beskrivelse av innholdet.

Denne dokumentasjonen finner en på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon\Sekvenser*. Her finner en dokumentasjon for alle sekvenser både i 25 og 27 systemet. Ønsker en detaljer fra noen av disse systemene kan en i tillegg ta i bruk systemmanual for 25 systemet og driftsinstruks for samme system som begge ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon*.

For 25 systemet inngår følgende sekvenser:

Sekvenser for TOG 1

- *KS-25-6001 Normal stopp TEX 1*
- *KS-25-6004 Etabler resirkulasjon JT 1*
- *KS-25-6005 Forbered TEX 1 m/utstyr*
- *KS-25-6007 JT til TEX tog 1*

Sekvenser for TOG 2

- *KS-25-7001 Normal stopp TEX 2*
- *KS-25-7004 Etabler resirkulasjon JT 2*
- *KS-25-7005 Forbered TEX 2 med tilleggsutstyr*
- *KS-25-7007 JT til TEX tog 2*

Felles Sekvenser

- *KS-25-8001 Begge TEX til JT*
- *KS-25-8002 Resirkulasjon til eksport*
- *KS-25-8003 Normal stopp ett tog*
- *KS-25-8004 PAS TEX*
- *KS-25-8006 Andre tog til produksjon*
- *KS-25-8007 Begge JT til TEX*

Sekvensene *KS-25-6001 Normal stopp TEX 1* og *KS-25-7001 Normal stopp TEX 2* inneholder en nedkjøringsfunksjon for å gradvis overføre gassproduksjonen fra TEX til JT. I tillegg isoleres TEX fra prosessen slik at en unngår at skovlehjulene på TEX beveger seg etter denne er stanset, samt at en unngår væskeansamlinger. Denne sekvensen er laget med den hensikt å beskytte tungt roterende utstyr. Overgangen fra TEX til JT er gjort i henhold til leverandørens utstyrsbegrensninger. Sekvensen skal benyttes når en ønsker å stoppe en TEX.

KS-25-6004 Etabler resirkulasjon JT 1 og KS-25-7004 Etabler resirkulasjon JT 2 skal i all hovedsak åpne for resirkulasjon av gass i det respektive toget. Deretter økes resirkulasjonsraten gradvis til 18MSm³/sd. Denne sekvensen er tenkt benyttet for å starte behandling av gassen ved å resirkulere gassen inntil denne oppnår salgsspesifikasjonene. Det neste steget er å starte eksport av gassen når denne oppnår salgsspesifikasjonene. Det er en langsom og rutinepreget prosess å kjøre opp resirkulasjonen, det er derfor valgt å benytte sekvens for å gjøre dette.

For å legge over fra JT modus til TEX har sekvensene *KS-25-6005 Forbered TEX 1 m/utstyr*, *KS-25-7005 Forbered TEX 2 m/utstyr*, *KS-25-6007 JT til TEX 1* og *KS-25-7007 JT til TEX 2* blitt laget. De to førstnevnte er forberedende sekvenser som skal sørge for at det åpnes for tetningsgass til TEX. Dette gjøres ved å sakte åpne for tetningsgass inn til TEX slik at det danner seg et overtrykk som hindrer produksjonsgass å trenge inn i opplagringsystemene. I tillegg er det også labyrint tetninger som også bidrar til å hindre produksjonsgassen å trenge inn i smørøljesystemet. Når den forberedende sekvensen er kjørt og tetningsgass er til stede kan en starte oppstartssekvens for TEX.

Oppstartssekvensen sørger for at ledeskovelene på innløpssiden av TEX er i null posisjon. Sekvensen åpner isolasjonsinnløpsventilen til TEX, stenger TEX bypass ventilen og åpner isolasjonsutløpsventilen. Sekvensen kontrollerer at antisurge ventilen er åpen før innløpsventil og hurtig lukkingsventil til TEX åpnes. Det kontrolleres at TEX er i gang før en øker turtallet til minimumshastighet (1500rpm).

Fra leverandøren av TEX er det krav om at denne må kjøres i 20 minutter på minimumshastighet slik at en ikke kommer innenfor kritisk turtallsområde (3400-3900 rpm) i perioden. Deretter skal turtallet økes til over 3900 rpm i løpet av 4 minutter. Skulle en ikke overholde disse kravene legges det automatisk tilbake til JT modus. I det kritiske turtallsområdet, operer TEX ved resonansfrekvens. Dette kan i følge leverandørbeskrivelsen føre til skader på utstyr ved lengre belastninger enn 4 minuttene innenfor kritisk turtallsområdet. Dersom turtallet er over 3900rpm etter 4 minutter settes trykkregulatoren som styrer pådraget til ledeskovelene i auto. JT-ventilene vil da automatisk stenge siden settpunktet for disse er en kurve som ligger under den som brukes for TEX.

KS-25-8001 Begge TEX til JT benyttes dersom en ønsker å legge begge tog fra TEX modus til JT modus. Denne sekvensen fungerer slik at den gradvis overfører lasten fra TEX til JT ved å sette trykkontroller for TEX i tvunget følging. Videre reduseres settpunktet til trykkontroller fra initial hastighet til null i løpet av 5 minutter. Deretter stenges isolasjons og hurtiglukkingsventiler, samt at antisurge ventiler åpnes. Tvunget følging oppheves og trykkontroller settes i manuell modus. Begge tog vil etter dette være i JT modus med tilsvarende last som i TEX modus.

KS-25-8002 Resirkulasjon til eksport forbereder gassmåling og åpner gassutløpsventiler fra gassvarmer. Før en starter sekvensen velger en hvilket tog en ønsker å legge til eksport noe en også må bekrefte under kjøring av sekvensen. Strømnings og trykkontrollere for resirkulasjonslinjen stuper gradvis inntil denne er stengt. Resirkulasjons innløpstog stenges og eksportkompressorer settes i strømningskontroll. Det kontrolleres hvilken modus anlegget er i for så å sette anlegget i auto i den modus det befinner seg i.

KS-25-8003 Normal stopp ett tog stopper ett valgt tog. Også i denne sekvensen velger operatøren før start av sekvensen hvilket tog han/hun ønsker å stoppe. Avhengig av hvilken modus anlegget er i vil sekvensen gjøre de nødvendige grep for å på en sikker måte stoppe det

valgte toget. Ved å sekvensere stopp kan en sikre at utstyr blir behandlet i henhold til leverandørens utstyrsbegrensninger.

KS-25-8004 PAS TEX er en prosessavstengningssekvens som på en sikker måte stenger den aktuelle delen av anlegget avhengig av hvilken PAS som ble aktivert.

KS-25-8006 Andre tog til produksjon benyttes for å legge over fra resirkulasjon til eksport på siste tog dersom ett første allerede produserer. Avhengig av hvilken modus togene befinner seg i gjør sekvensen klar for å legge over til produksjon og setter kontrollere i auto. Ved å gjøre dette oppnår en at lastfordelingen mellom togene blir lik og begge togene vil kjøre med felles settpunkt etter at andre tog er lagt over til produksjon.

KS-25-8007 Begge JT til TEX brukes dersom en kjører begge togene i JT-modus og ønsker å legge over til TEX, uavhengig om togene er i resirkulasjon eller produksjonsmodus. Sekvensen gjør mye av det samme som *KS-25-6007 JT til TEX 1* og *KS-25-7007 JT til TEX 2*, men tar i tillegg med jevn lastfordeling mellom togene.

Som en ser er det mange sekvenser operatøren må forholde seg til i *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*. Det er derfor klart at dersom en kunne klare å slå sammen eller å integrere flere sekvenser inn i en og samme, ville dette bidra til å forenkle operatøren oppgave. Dette er noe av bakgrunnen for å lage en Master Kontroll Sekvens (MKS) som kjører underliggende sekvenser. Dersom det er mulig å automatisere innholdet i alle sekvensene som inngår i oppstarten av gasstogene, kunne en se for seg en løsning hvor operatøren kun betjener en MKS som håndterer hele oppstarten uten at operatøren trenger å gripe inn. Operatøren kunne da bare taste inn ønsket produksjonsnivå og hvilken modus en ønsker å produsere i (JT/TEX), så ville MKS håndtere resten. Denne tanken er kanskje å sikte litt høyt, men det er denne tankegangen som ligger i bakhodet ved utvikling av designet i oppgaven.

Kap 4 Design

4.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for å designe en MKS er hovedsakelig at en ønsker å spare tid ved en oppstart. Dette kan være etter strømutfall, vedlikehold, prosessavstengning eller andre årsaker til som har ført til at gasstogene er stoppet. Master sekvensen vil bli designet med hensyn på å gjenopprette produksjon på begge gasstog parallelt, noe det i dag ikke er tilrettelagt for. Målet er å kunne spare tid i oppstartsfasen ved å implementere en slik løsning. I tillegg ønsker en å forenkle operatørens oppgaver, men dette vil bli mer vektlagt senere i oppgaven I følge ingeniører hos Aker Kværner er der ingen direkte ulemper ved implementering av en slik løsning, da systemene er konstruert slik at de skal kunne håndtere dette. I følge Aker Kværner sine beregninger vil det være mulig å starte begge gasstog parallelt med JT dersom en begrenser strømningsraten i resirkulasjonslinjen til ikke å overstige grensen på $20\text{MSm}^3/\text{sd}$.

Slik systemet er designet i dag vil en måtte starte et tog i resirkulasjon med JT, for så å øke sirkulasjonen opp toget til $18\text{MSm}^3/\text{sd}$. Deretter vil den raskeste løsningen være å legge dette toget til eksport, for så å starte neste tog. Først når andre tog er lagt til eksport vil en kunne øke produksjonen til ønsket produksjonsnivå. Oppstarten er illustrert punktvis slik sekvensene vil bli aktivert dersom en raskest mulig ønsker å gjenopprette produksjon i begge gasstog.

- 1) Operatøren aktiverer sekvensen *KS-25-6004 Etabler resirkulasjon JT 1*. Denne sekvensen åpner gradvis opp for resirkulasjon av gass med JT inntil en stabil resirkulasjonsrate på $18\text{MSm}^3/\text{sd}$ er oppnådd
- 2) Gassen blir resirkulert inntil den oppnår salgsspesifikasjon før en kan legge over til eksport ved hjelp av sekvensen *KS-25-8002 Resirkulasjon til eksport*

Når sekvensen *KS-25-8002 Resirkulasjon til eksport* er ferdig å kjøre vil en ha en eksportrate på ca $18\text{MSm}^3/\text{sd}$. Denne eksportraten kan gradvis økes opp mot $35\text{MSm}^3/\text{sd}$, mens en starter andre tog i resirkulasjon.

- 3) Operatøren aktiverer da *KS-25-7004 Etabler resirkulasjon JT 2* for å starte resirkulasjon med JT for andre tog
- 4) *KS-25-8006 Andre tog til produksjon* benyttes for å legge andre tog til produksjon når salgsspesifikasjon er oppnådd for gassen i resirkulasjonslinjen

Etter at andre tog er lagt til eksport vil en kunne øke produksjonen til ønsket produksjonsrate. Når produksjonen er økt til ønsket produksjonsnivå vil en legge over fra JT til TEX.

- 5) Sekvensen *KS-25-8007 Begge JT til TEX* legger begge produksjonslinjer/gasstog over fra JT modus til TEX

Bakgrunnen for å vente med omlegging fra JT til TEX er at det tar over en halv time å foreta omleggingen. Under denne omleggingen bør en ikke endre produksjonen, det vil derfor være svært tidsbesparende å øke til ønsket produksjon før omleggingen.

Systemet må altså forandres slik at en kan starte begge tog i resirkulasjon parallelt. Deretter ønsker en å legge begge tog til eksport samtidig. En ønsker altså å slå sammen punktene 1 og 3 samt 2 og 4 for å halvere tiden det tar å legge begge tog til eksport. Dersom disse operasjonene fungerer godt vil en spare mye tid i oppstartsfasen. Tiden en sparer er avhengig av hvor raskt en øker resirkulasjonsraten. Dersom en øker med halv rate i forhold til tidligere

vil en ha to tog som resirkulerer $20\text{MSm}^3/\text{sd}$ i løpet av samme tid som en tidligere hadde et tog som resirkulerte $20\text{MSm}^3/\text{sd}$. En vil altså spare den tiden det tar å legge andre tog til resirkulasjon, men en kan også vurdere å øke raten til mer en 50% av eksisterende rate. I det eksisterende systemet er det lagt inn en begrensning på $18\text{MSm}^3/\text{sd}$ i resirkulasjonslinjen, men i følge beregninger gjort av Aker Kværner er det kapasitet på $20\text{MSm}^3/\text{sd}$. I de nye sekvensene som blir designet for å gjøre ovenfor nevnte operasjoner, mht resirkulasjon og eksport, vil en ta utgangspunkt i å utnytte resirkulasjonslinjen fullt ut.

Det er i designet utelatt å ta med oppstart og oppkjøring av brønner da dette normalt ikke må gjøres etter en normal stans for vedlikehold eller evt hovedkraftutfall. Med andre ord gjøres det antagelser om at brønnene er åpen og det er trykksatt anlegg frem til væskefangerne. Det gjøres også antagelse om at operatøren selv trykksatt systemet før sekvensen aktiveres når anlegget ikke er trykksatt. Operatøren må før start av sekvenser normalt godkjenne at anlegget er i riktig tilstand for å kunne kjøre den aktuelle sekvensen. Det er også lagt inn betingelser som må være oppfylt før operatøren får muligheten til å bekrefte at anlegget er i riktig tilstand. Operatøren må etter at alle start betingelser er oppfylt, starte sekvensen med en startknapp i sekvensens interaksjonsvindu. Kravene for å kjøre de nye sekvensene er helt tilsvarende som for de eksisterende sekvensene laget av Aker Kværner Engineering and Technology AKET.

En viktig årsak til å automatisere og forenkle oppstarten ved hjelp av sekvenser, er at sekvenser vil gjennomføre samme prosedyre hver gang. Menneskelige feil oppstår og det vil i et anlegg som Ormen Lange være svært kostbart dersom operatøren skulle gjøre feil som fører til forsinkelser under oppstarten. Når Ormen Lange om noen år har tilstrekkelig med tilgjengelig gass vil produksjonsraten kunne økes opp mot $70\text{MSm}^3/\text{sd}$. Dersom gassprisen er omtrent som i dag på $1,50\text{ NOK}/\text{Sm}^3$ vil anlegget produsere gass for nærmere $105\text{M}/\text{sd}$. I tillegg vil anlegget produsere gassolje for nærmere $30\text{M}/\text{sd}$. Med slike tall er det innlysende at en forlenget produksjonsstans på grunn av feil i oppstartsprosedyren fort vil koste millioner.

4.2 Oppbygging

Når det gjelder oppbyggingen av sekvensene vil de i avsnittene nedfor bli presentert i den rekkefølgen de aktiveres under en oppstart når begge produksjons togene er stoppet. En antar at anlegget er trykksatt og at nødvendige hjelpesystemer er driftsatt i henhold til systemmanualer. Første sekvens operatøren vil aktivere, er etablering av resirkulasjon med JT for tog 1 eller 2. I dag er sekvensene *KS-25-6004 Etabler resirkulasjon JT 1* og *KS-25-7004 Etabler resirkulasjon JT 2*, beskrevet kort i kapittel 3, laget for å gjøre dette. Disse sekvensene inneholder en del sammenfallende betingelser og aksjoner. Ut over dette er de øvrige betingelser og aksjoner uavhengige hendelser i to forskjellige tog som ikke påvirker hverandre. Det er derfor mulig å slå sammen disse sekvensene i en sekvens slik at en kan starte begge produksjonslinjene/gasstogene parallelt. Denne parallell sekvensen blir i oppgaven kalt *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*

KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog har som hensikt å redusere oppstartstiden, samt å forenkle operatørens oppgaver. Når det gjelder det å forenkle operatørens oppgaver er dette gjort ved å slå sammen sekvenser slik at operatøren får mindre informasjon å holde oversikt over. Selve ideen i oppgaven er en hovedsekvens som kjører underliggende sekvenser og på denne måten sørger for at operatøren kun har et interaksjonsvindu å forholde seg til. *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* er en undersekvens, men det er her mye av opphavet til tidsbesparelse i oppstarten ligger. I utgangspunktet vil en legge inn samme rateendring som tidligere for å øke resirkulasjonen i hvert tog. Denne raten kan det være en må redusere evt halvere dersom prosessen ikke tillater de raske endringene.

Når begge tog er etablert i resirkulasjon med en stabil rate på 20 MSm³/sd, må en fortsette med resirkulasjon av gass inntil gassen oppfyller krav til salgsgass. Normalt vil gassen være innenfor salgsspesifikasjonene allerede når sekvensen er ferdig å kjøre, men dette kan variere. Når gassen oppnår disse kravene er det ønskelig å starte eksport av gassen ved å legge begge togene til eksport. For å gjøre dette er sekvensen *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* laget. Denne sekvensen skal stenge ned resirkulasjonslinjen og etter hvert som sirkulasjonen avtar vil gasseksporten øke. Når sirkulasjonslinjen er stengt settes kompressorene i auto på ratekontroll med settpunkt tilsvarende det som måles i eksportgassmåleren. Sekvensen avslutter med å sette JT-ventilene i auto på trykkkontroll. Ved å gjøre dette vil automatikken sørge for at duggpunktet til gassen blir justert i forhold til duggpunktskurven.

Når *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* er ferdig å legge begge gasstog til eksport, vil systemet være klart til å ta i mot gass fra væskefangersystemet og avhengig av tilgjengelig gass kan en øke produksjonen til ønsket produksjonsrate. For å øke produksjonsraten var det planen å lage en sekvens, *KS-25-9003 Øk produksjonen til ønsket produksjonsrate*. Ideen var å be operatøren om å taste inn ønsket produksjonsrate for så å la sekvensen øke produksjonen til ønsket rate ved å gradvis øke settpunktet for ønsket produksjon. Etter samtaler med operatører fra Shell kom det frem at dette er noe en ikke ønsker å automatisere. Det er i oppgaven derfor valgt å utelate produksjonsøkningen fra automatikken. Bakgrunnen ligger blant annet i at en har mange prosessvariabler som skal følge og lite erfaring med hvordan prosessen vil oppføre seg. Ved en fremtidig utvidelse er dette kanskje noe en kan studere nærmere da det vil foreligge erfaringsdata og operatørene har en mer klar formening om hvilke betingelser og aksjoner som må ivaretas.

Når produksjonen er stabilisert på ønsket rate kan en legge over fra JT til TEX. Dette kunne vært gjort tidligere, men dersom en ønsker å gjenopprette produksjon på kortest mulig tid vil det være gunstig å vente til en har oppnådd ønsket produksjonsrate, før en legger over til TEX. Togene kan ikke startes i TEX modus pga begrensninger i turtallsområdet for TEX, derfor er en avhengig av å begynne med resirkulasjon på JT. Sekvensen for å legge begge tog over fra JT til TEX er allerede laget av Aker Kværner og heter *KS-25-8007 Both JT to TEX*. I oppgaven blir denne sekvensen omtalt som *KS-25-9004 Begge tog fra JT til TEX*.

Den siste sekvensen som er tatt med i designet er *KS-25-9005 Master Kontroll Sekvens*. Det MKS skal gjøre er å kjøre de to førstnevnte sekvenser *KS-25-9001* og *KS-25-9002*. Det vil si at MKS først vil opprette begge tog i resirkulasjon ved hjelp av *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* og deretter legge begge tog til eksport ved hjelp av *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* når salgsspesifikasjoner er oppnådd. Ved en fremtidig utvidelse er det tilrettelagt for å kjøre alle de ovenfor nevnte sekvenser *KS-25-9001-4* fra MKS. Det er også fullt mulig å utvide MKS med annen funksjonalitet da det ikke ligger noen begrensninger i MKS.

I MKS skal det legges inn mulighet for operatøravbrudd slik at operatøren til en hver tid kan gå inn og overta kontrollen når han/hun måtte ønske det. Det vil også bli lagt inn standard håndtering av prosessavbrudd. Når kjøringen av MKS er fullført kan operatøren øke produksjonsraten til ønsket produksjon. Når denne produksjonsraten er oppnådd vil det være energibesparende å legge over til TEX dersom produksjonen er tilstrekkelig høy. Med tilstrekkelig høy produksjon menes det at en må ha en produksjonsrate over $20\text{MSm}^3/\text{sd}$ for ett tog, før en kan legge over fra JT til TEX. Har en begge tog i drift med JT kreves det en produksjonsrate over $40\text{MSm}^3/\text{sd}$ for å kunne legge begge tog over til TEX. Omlegging fra JT til TEX blir lettere med høyere produksjonsrate.

MKS vil kreve at operatøren bekrefter systemstatus og godkjenner oppstart av underliggende sekvenser, det er derfor viktig at sekvensen på en tydelig måte indikerer at operatøren må gripe inn. En mulig løsning er at det legges til et ikon øverst i sekvensen slik at operatøren enkelt kan varsles når det er behov for at operatøren skal bekrefte betingelser eller utføre aksjoner i sekvensen. Mer om dette kommer under *Kap 7 Menneske maskin interaksjon*. For operatørene er det viktig å kjenne til mulighetene med de forskjellige sekvensene og hva som er gunstig for anlegget.

Når det gjelder bruken av MKS kunne en for fremtiden utvide funksjonaliteten slik at den håndterte flere tilfeller og tilstander. Slik systemet er designet nå vil det dersom en ønsker en stabil produksjonsrate på $20\text{--}35\text{MSm}^3/\text{sd}$, i mange tilfeller være mer fornuftig å benytte et tog som produserer med TEX i stede for to parallelle tog. Dette innebærer at en ikke vil benytte MKS da den funksjonaliteten som er bakt inn i MKS hovedsaklig er tenkt brukt når det er behov for to gasstog. Behovet for to gasstog oppstår først når en ønsker å øke produksjonen over $35\text{MSm}^3/\text{sd}$. Det er først da sekvensene designet i denne oppgaven skal tre i kraft.

Det ligger et stort potensiale i tanken bak MKS med hensyn til fremtidige utvidelser. Det er ingen hindringer for å legge til funksjonalitet i MKS som gjør at den kan håndtere alle produksjonsnivåer. Ulempen med en svært avansert MKS vil først bli fremtredende når den ikke fungerer eller svikter. Dersom en da har en svært avansert sekvens, vil feilsøking for en operatør som ikke kjenner programmeringsmetoden og ABB systemet være tilnærmet umulig. En vil manuelt kunne kjøre anlegget, men dette er svært tidkrevende og det krever et svært høyt kunnskapsnivå hos operatørene.

Altså må en sørge for at operatørene hele tiden er kjent med funksjonalitet og virkemåten til sekvensene. Dette er spesielt viktig når en snakker om MKS som selv aktiverer og kjører underliggende sekvenser. Selv om resultatet presenteres for operatøren er det også viktig at operatøren kjenner den underliggende logikken som sekvensen bygger på.

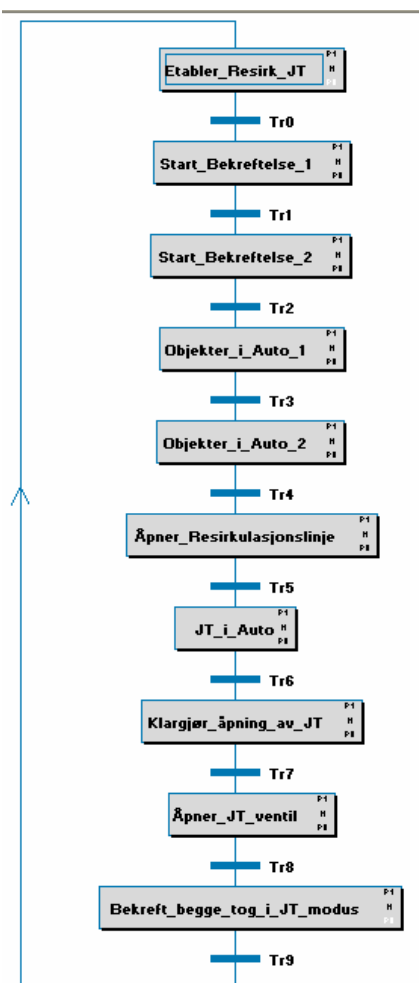
Det viktige er at alle operatørene får en forståelse for når en skal benytte de forskjellige sekvensene, hvorfor de skal benytte sekvenser, hvordan sekvensene fungerer og ikke minst hva gjør en dersom en sekvens ikke fungerer. Ved å gi operatørene opplæring i dette med undervisning og kjøring på simulator vil en styrke operatørens muligheter til å rette opp feil dersom feil skulle oppstå. Etter hvert som en bygger opp erfaring rundt systemet kan en styrke de eventuelle svake ledd som finnes slik at en etter hvert kan få et mer pålitelig system. Det vil nok også fremkomme behov som en ikke har forutsett under utbyggingsprosessen som kanskje kan håndteres ved hjelp av sekvensenes iboende potensiale for videreutvikling. Det er derfor lagt til rette for å kunne utvide sekvensene designet i denne oppgaven.

4.3 Design og virkemåte

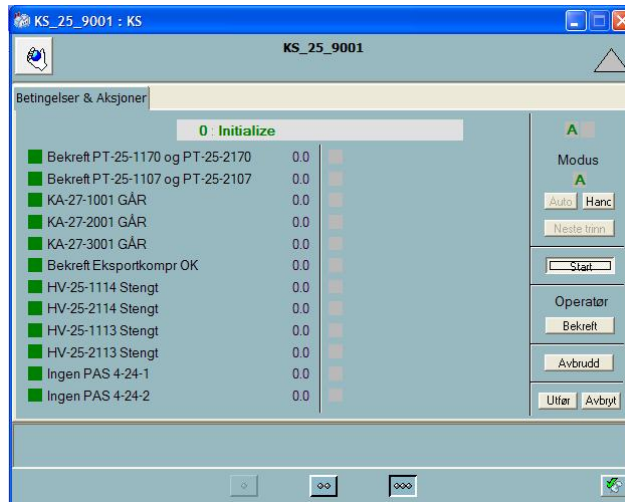
Ved design av sekvensene har utgangspunktet vært hentet fra de sekvenser Aker Kværner har designet for oppstart av gasstoget samt systemmanualer for *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*. Før kjøring av sekvensene designet i denne delen av oppgaven er det viktig at operatøren har gjort de nødvendige forberedelser med hensyn til oppstart av anlegget. Forberedelser til oppstart er beskrevet i systemmanual for *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*, ligger på vedlagt cd under *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon\System manualer*. I tillegg til forberedelsene må operatøren sørge for at begge tog er trykksatt og klar til oppstart.

Basert på det eksisterende sekvensgrunnlaget laget av Aker Kværner ble et forslag til design utviklet. Etter at designet var ferdig utviklet ble det foretatt en gjennomgang av sekvensene for å kunne avduke feil og mangler. Denne gjennomgangen ble foretatt i samarbeid mellom kandidaten, en av operatører fra test simulatoren og en prosess ingeniører fra Aker Kværner. Under gjennomgangen ble det foretatt få mindre endringer hovedsaklig vedrørende sekvenstekster, men ingen store forandringer av designet. Sekvensene er designet etter Aker Kværner sin mal og ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Design*. I de påfølgende avsnittene følger en beskrivelse av sekvensenes funksjonalitet og oppbygging mer utførlig beskrevet enn i designet. En sekvensoversikt for *KS-25-9001* er vist i Figur 11.

KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog



Figur 11



Figur 12

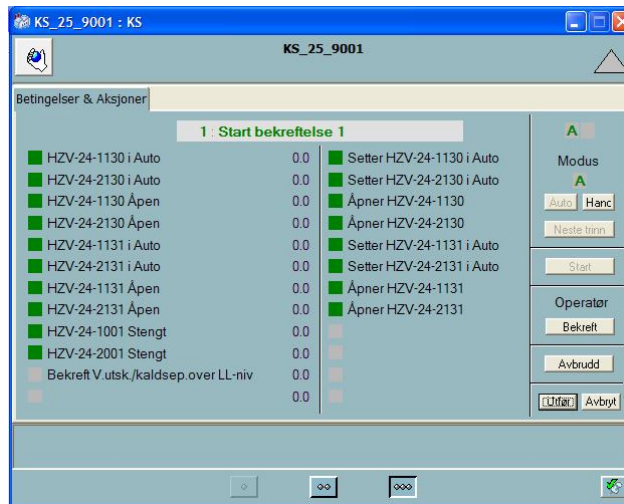
Figur 12 viser første steg i sekvensen *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* slik den presenteres for operatøren når han/hun aktiverer den fra SAS-systemet. Denne sekvensen har til hensikt å parallelt starte begge tog i resirkulasjonsmodus for å få gassen innenfor salgsspesifikasjonene. Når sekvensen kjøres av operatøren kan han/hun når som helst avbryte sekvensen for selv å overta kontrollen. Sekvensen vil da hoppe til initial tilstanden vist i figuren over. I denne tilstanden skal alle variabler benyttet av sekvensen frigjøres, samt at alle kontrollere og ventiler tilbakestilles. I tillegg utføres følgende punkter:

- Ventil HV-25-1114 og HV-25-2114 på TEX rekompresor innløp stenges for å være sikker på at løpehjulene til TEX ikke kan begynne å rotere når systemet startes i JT-modus
- Ventil HV-25-1113 og HV-2113 på TEX innløp stenges slik at det ikke slippes gass inn på TEX
- Det sjekkes at ingen relevant PSD er aktivert for togene (PSD_4_24_1_Y eller PSD_4_24_2_Y)
- Dersom operatøren ønsker å kjøre sekvensen må det bekreftes at trykket i kaldseparator og væskeutskiller for togene er innenfor ønsket område. Operatøren må også bekrefte at det er tilstrekkelig kapasitet på eksportkompressorene
- Sekvensen må startes av operatøren ved aktivering av startknapp som blir tilgjengelig når betingelsene ovenfor er oppfylt

Mellom hvert steg i sekvensene er det transaksjoner som består av betingelser som må oppfylles for å gå fra et steg til neste. Disse betingelsene blir listet under TR-Transaksjon for overgangene mellom hvert steg, TR0 vil være betingelsene for å gå fra steg 0 vist i Figur 11 til steg 1 vist i Figur 12. I alle steg er det lagt inn muligheten for manuell overstyring av sekvensen, dette innebærer at operatøren kan velge å sette sekvensen i *Hand* og tvinge sekvensen videre til neste steg ved å trykke på *Neste trinn*, når dette gjøres vil betingelsene i transaksjonstrinnet overstyres. Det er også en mulighet for autostart av sekvensen fra andre sekvenser. Sekvensen vil da gå direkte til steg 1 og betingelsene som ligger i transaksjonen vil aldri bli testet. Dette innebærer at en må legge alle betingelser og aksjoner fra steg 0 inn som en betingelse før autostart kan aktiveres fra en annen sekvens. Det er denne fremgangsmåten som vil bli benyttet i *KS-25-9005 Master Kontroll Sekvens* som blir beskrevet senere i oppgaven. Betingelsene for å gå fra steg 0 til steg 1 er beskrevet i TR0.

TR0:

1. Minst en av eksportkompressorene må være i drift
 2. Ventilene HV-25-1113, HV-2113, HV-25-1114 og HV-25-2114 må være stengt
 3. Ingen relevant PSD kan være aktivert dvs PSD_4_24_1_Y eller PSD_4_24_2_Y
 4. Operatøren må bekrefte eksportkompressor/er er i drift og at trykket i kaldseparator og væskeutskiller er innenfor ønsket område
 5. Operatøren må bekrefte *Start* av sekvensen
- Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 13

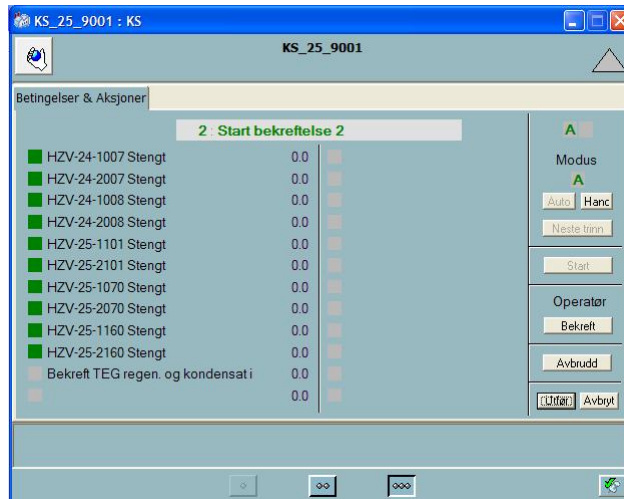
Figur 13 viser steg 1 Start bekreftelse 1

- Her åpnes det for gass fra *system 24 gasstørking* til *system 25 hydrokarbongass duggpunkt* ved å åpne utløpsventiler og bypass utløpsventiler for begge tog HZV-24-1130, HZV-24-2130, HZV-24-1131 og HZV-24-2131
- Innløpsventiler HZV-24-1001 og HZV-24-2001 stenges slik at det ikke kommer gass fra *system 16 gassmottak* inn i *system 24 gasstørking* når en skal resirkulere gass
- Operatøren må bekrefte at væskeutskiller og kaldseparator ikke har væsknivå under LL

TR1:

1. Innløpsventilene HZV-24-1001 og HZV-24-2001 må være stengt
2. Utløpsventiler og bypass utløpsventiler for begge tog HZV-24-1130, HZV-24-2130, HZV-24-1131 og HZV-24-2131 må være åpne
3. Operatøren må bekrefte at væsknivået i kaldseparator og væskeutskiller er under LL-nivå

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



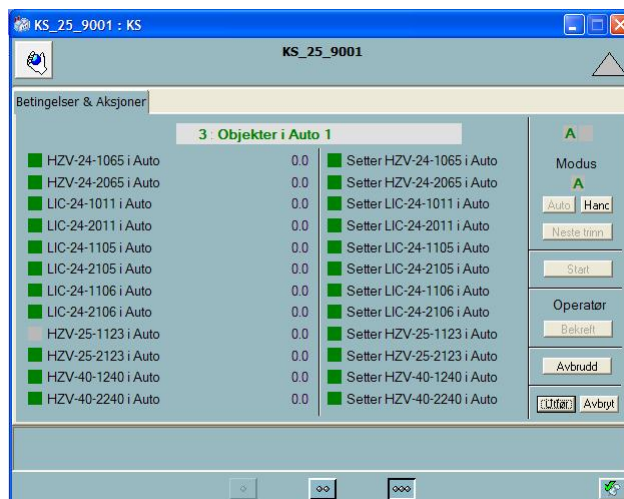
Figur 14

Figur 14 viser steg 2 Start bekreftelse 2

- Resirkulasjon linje og resirkulasjon bypass stenges for begge tog. Henholdsvis HZV-24-1007, HZV-24-2007, HZV-24-1008 og HZV-24-2008
- Det sjekkes at TEX bypass ventiler HZV-25-1101 og HZV-25-2101 er stengt
- Det sjekkes at TEX væskeutskiller væskeutløp HZV-25-1070 og HZV-25-2070 er stengt
- Det sjekkes at kald separator væskeutløp HZV-25-1160 og HZV-25-2160 er stengt
- Operatøren må bekrefte at *system 24 gasstørking inkludert TEG regenerering* er i gang og at *system 20 stabilisering og separasjon* er klar for drift. I tillegg må operatøren manuelt stenge TEX væskeutskiller væskeutløp og kaldseparator væskeutløp da disse ikke betjenes automatisk i sekvensen

TR2:

1. Ventilene HZV-24-1007, HZV-24-2007, HZV-24-1008, HZV-24-2008, HZV-25-1101, HZV-25-2101, HZV-25-1070 og HZV-25-2070 må være stengt
 2. Operatøren må bekrefte at *system 24 gasstørking inkludert TEG regenerering* er i gang og at *system 20 stabilisering og separasjon* er klar for drift
- Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 15

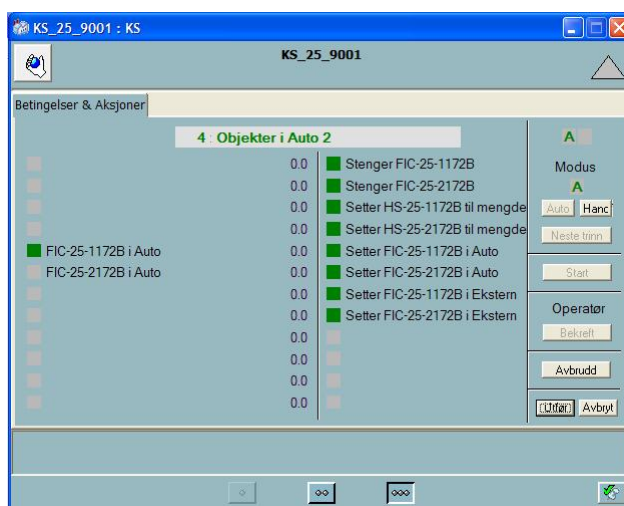
Figur 15 viser steg 3 Objekter i Auto 1

- Ventil for skimmet kondensat fra gasstørker til hovedseparator forvarmer settes i auto, henholdsvis HZV-24-1065 og HZV-24-2065
- Nivåkontroller for innløpsvasker LIC-24-1011 og LIC-24-2011 settes i auto
- Nivåregulatorer for væskeutskiller LIC-24-1105, LIC-24-2105, LIC-24-1106 og LIC-24-2106 settes i auto
- Gass eksport ventiler HZV-25-1123 og HZV-25-2123 fra togene settes i auto
- Ventil for varmt kjølemedium fra *system 40 kjølemedium* HZV-40-1240 og HZV-40-2140 settes i auto

TR3:

1. Nivåkontroller for innløpsvasker LIC-24-1011 og LIC-24-2011 bekreftes i auto
2. Nivåregulatorer for væskeutskiller LIC-24-1105, LIC-24-2105, LIC-24-1106 og LIC-24-2106 bekreftes i auto
3. Gass eksport fra togene HZV-25-1123 og HZV-25-2123 bekreftes i auto
4. Ventil for varmt kjølemedium fra *system 40 kjølemedium* HZV-40-1240 og HZV-40-2140 bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 16

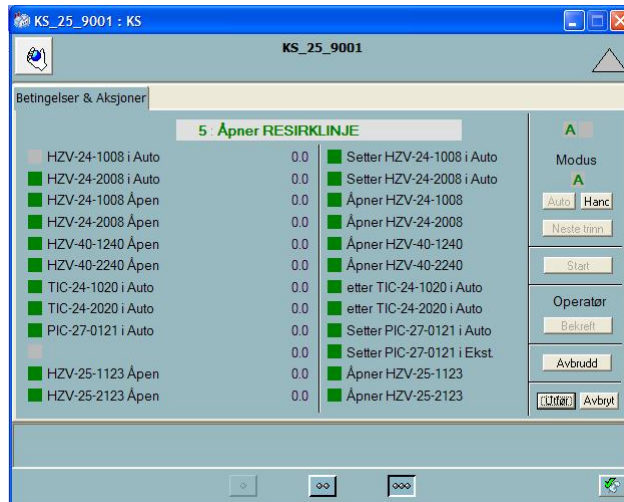
Figur 16 viser steg 4 Objekter i Auto 2

- JT kontroller HS-25-1172B og HS-25-2172B settes i auto med mengdekontroll
- JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B stenges og settes i auto med eksternt settpunkt

TR4:

1. JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



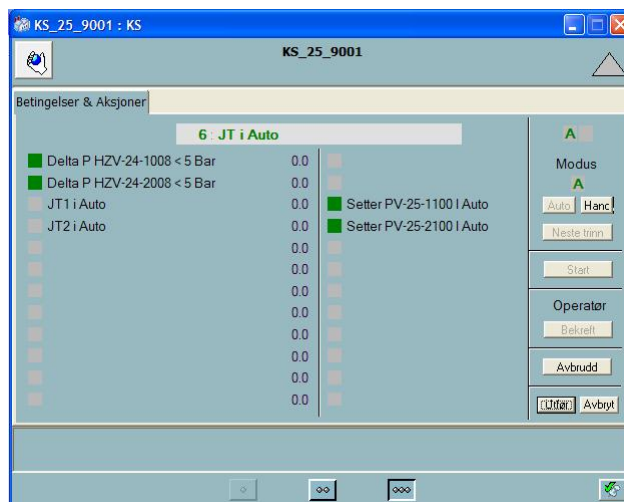
Figur 17

Figur 17 viser steg 5 Åpner Resirklinje

- Resirkulasjons bypass ventiler HZV-24-1008 og HZV-24-2008 åpnes
- Åpner for varmt kjølemedium fra *system 40 kjølemedium* HZV-40-1240 og HZV-40-2240
- Setter temperaturkontroller for retur av varmt kjølemedium fra innløpsvarmer til *system 40 kjølemedium* TIC-24-1020 og TIC-24-2020 i auto
- Setter trykkontroller PIC-27-0121 i auto med eksternt settpunkt fra PT-25-1107
- Åpner for gass eksport HZV-25-1123 og HZV-25-2123

TR5:

1. Resirkulasjons bypass ventiler HZV-24-1008 og HZV-24-2008 bekreftes i auto
 2. Resirkulasjons bypass ventiler HZV-24-1008 og HZV-24-2008 bekreftes åpnet
 3. Varmt kjølemedium fra *system 40 kjølemedium* HZV-40-1240 og HZV-40-2240 må være åpne
 4. Temperaturkontroller for retur av varmt kjølemedium fra innløpsvarmer til *system 40 kjølemedium* TIC-24-1020 og TIC-24-2020 bekreftes i auto
 5. Trykkontroller PIC-27-0121 bekreftes i auto
 6. Gass eksport ventiler HZV-25-1123 og HZV-25-2123 er åpne
- Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



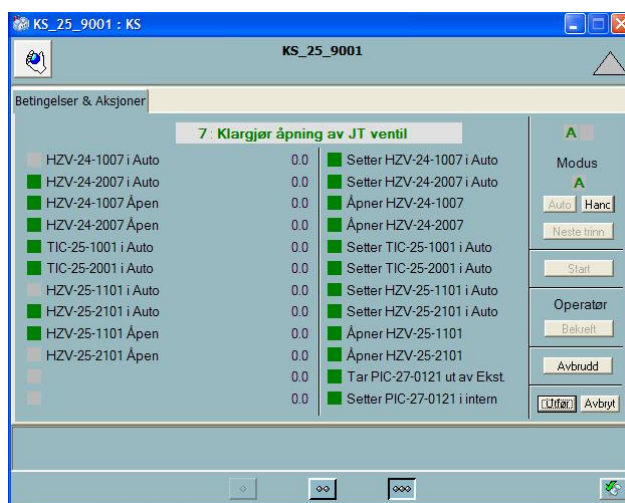
Figur 18

Figur 18 viser steg 6 JT i Auto

- Sekvensen kontrollerer at differensialtrykket over resirkulasjon bypass ventiler HZV-24-1008 og HZV-24-2008 er mindre enn +/- 5 bar
- JT ventilene PV-25-1100 og PV-25-2100 settes i auto

TR6:

1. Differensialtrykket over resirkulasjon bypass ventiler HZV-24-1008 og HZV-24-2008 er mindre enn +/- 5 bar
 2. JT ventiler PV-25-1100 og PV-25-2100 bekreftes i auto
- Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



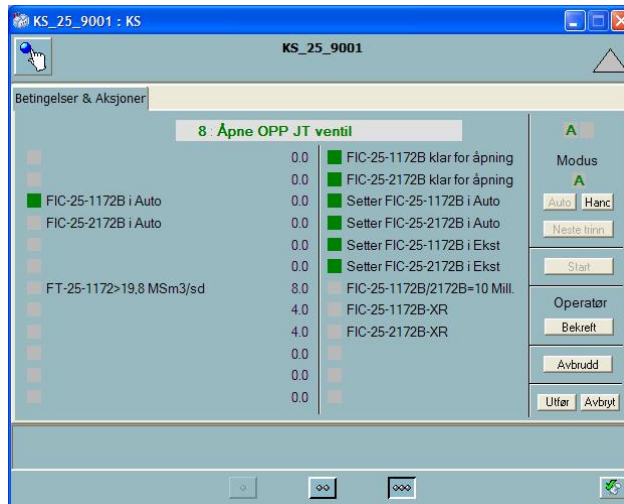
Figur 19

Figur 19 steg 7 Klargjør åpning av JT ventil

- Setter resirkulasjonsventiler HZV-24-1007 og HZV-24-2007 i auto og åpner
- Temperaturkontrollere TIC-25-1001 og TIC-25-2001 settes i auto med settpunkt -14°C
- TEX bypass ventiler HZV-25-1101 og HZV-25-2101 settes i auto og åpnes
- Trykkontroller for resirkulasjon PIC-27-0121 låses til internt settpunkt

TR7:

1. Resirkulasjonsventiler HZV-24-1007 og HZV-24-2007 bekreftes i auto
 2. Resirkulasjonsventiler HZV-24-1007 og HZV-24-2007 er åpne
 3. Temperaturkontrollere TIC-25-1001 og TIC-25-2001 bekreftes i auto
 4. TEX bypass ventiler HZV-25-1101 og HZV-25-2101 er åpne
- Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 20

Figur 20 viser steg 8 Åpne Opp JT ventil

- JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B settes i auto med eksternt settpunkt (XR=2) samt at FSL undertrykkes
- Strømningskontrollerne åpnes opp etter beregning i Formel 1

```

If (FIC_25_1172B_XR+FIC_25_2172B_XR < 19,8) then
  FIC_25_1172B_XR=FIC_25_1172B_XR+RampFactor (evt RampFactor/2);
  FIC_25_2172B_XR=FIC_25_2172B_XR+RampFactor (evt RampFactor/2);
else if (FIC_25_1172B_XR+FIC_25_2172B_XR >= 19,8) then
  FIC_25_1172B_XR=10;
    FIC_25_2172B_XR=10;
end if

```

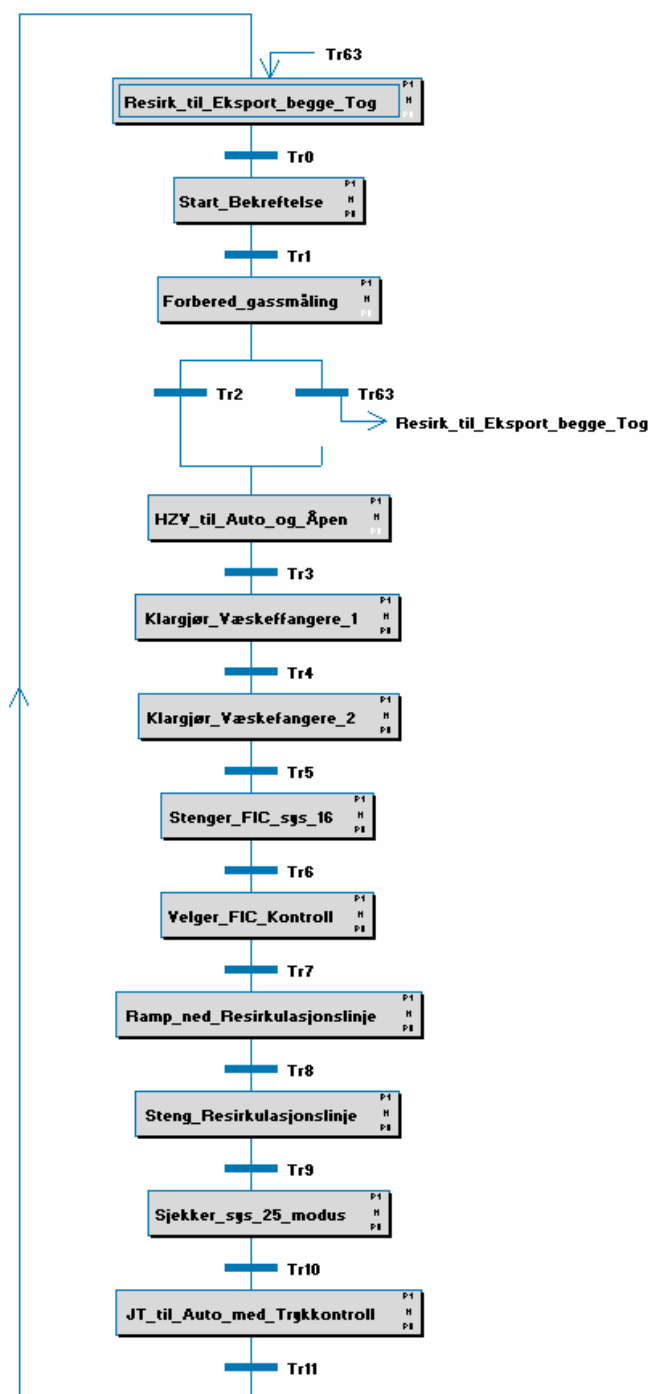
Formel 1

TR8:

1. JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B er ikke låst (FSL)
2. JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B bekreftes i auto
3. JT strømningskontrollere FIC-25-1172B og FIC-25-2172B har eksternt referansepunkt 10 MSm3/sd
4. Total strømming for gasstogene FT-25-1172+FT-25-2172 er mer enn 19,8MSm3/sd

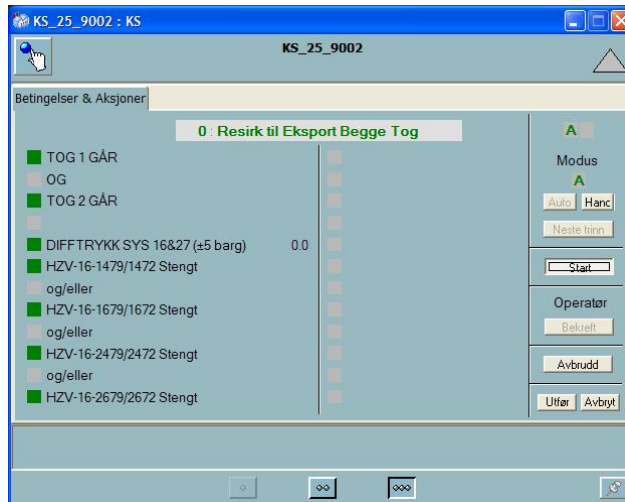
Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*

KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog



Figur 22

Figur 22 viser en oversikt over sekvensen *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*. Hvert steg i sekvensen vil bli mer fyldig beskrevet i de påfølgende avsnitt, men hovedhensikten er å bringe gasstogene over fra resirkuleringsmodus til produksjonsmodus der en produserer tilsvarende mengde som en tidligere resirkulerte.



Figur 23

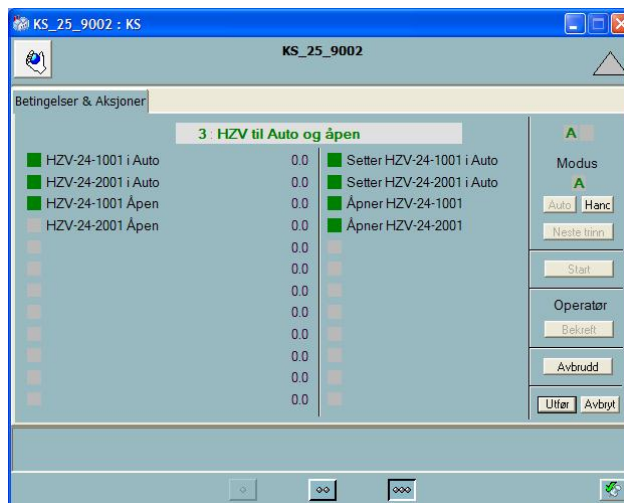
Figur 23 viser steg 0 Resirk til Eksport Begge Tog. Det er lagt inn muligheter for manuelt avbrudd av operatør på lik linje som i *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*. Sekvensen vil da frigjøre alle variabler og tilbake stille alle kontrollere og ventiler som blir benyttet i sekvensen. I steg 0 Resirk til Eksport gjøres følgende

- Her tilbakestilles alle kontrollere, timere og ventiler som blir benyttet i sekvensen
- Det kontrolleres at differensialtrykket (PT-16-0150-PT-27-0121) < +/- 2 bar pga myke tetninger
- Det kontrolleres at gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1472, HZV-16-1679, HZV-16-1672, HZV-16-1672, HZV-16-2479, HZV-16-2472, HZV-16-2679 og HZV-16-2672 er stengt
- Operatøren må bekrefte at han/hun ønsker å legge begge tog til eksport ved å starte sekvensen, etter å ha kontrollert punktene over

TR0:

1. Det må være strømning i begge tog FT-25-1172 og FT-25-2172
2. Differensialtrykket PT-16-0150-PT-27-0121 < +/- 2Bar
3. Gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1472, HZV-16-1679, HZV-16-1672, HZV-16-1672, HZV-16-2479, HZV-16-2472, HZV-16-2679 og HZV-16-2672 er stengt

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



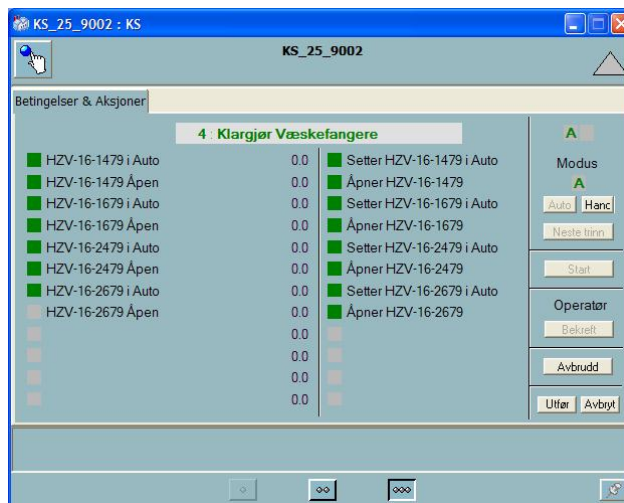
Figur 26

Figur 26 viser steg 3 HZV til auto og åpne

- Her settes HZV-24-1001 og HZV-24-2001 i auto og åpnes TR3:

1. HZV-24-1001 og HZV-24-2001 bekreftes i auto
2. HZV-24-1001 og HZV-24-2001 er åpen

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 27

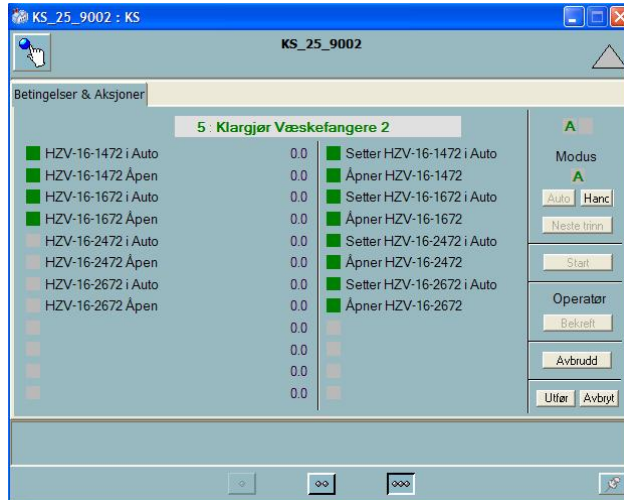
Figur 27 viser steg 4 Klargjør Væskefangere

- Her åpnes gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1679, HZV-16-2479, HZV-16-2679 dersom $UIC-16-0120 > 0$

TR4:

1. Gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1679, HZV-16-2479, HZV-16-2679 bekreftes i auto
2. Gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1679, HZV-16-2479, HZV-16-2679 er åpen

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 28

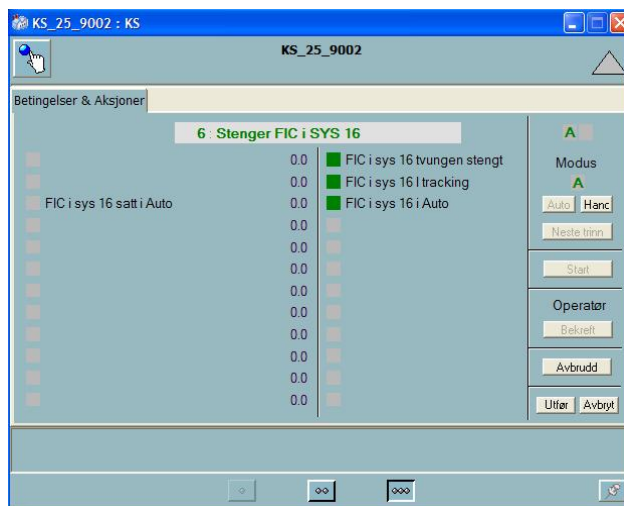
Figur 28 viser steg 5 Klargjør væskefangere 2

- Her åpnes gassutløp omløpsventiler fra gassvarmer HZV-16-1472, HZV-16-1672, HZV-16-2472, HZV-16-2672 dersom UIC-16-0120 > 0

TR5:

1. Gassutløp omløpsventiler fra gassvarmer HZV-16-1472, HZV-16-1672, HZV-16-2472, HZV-16-2672 bekreftes i auto
2. Gassutløp omløpsventiler fra gassvarmer HZV-16-1472, HZV-16-1672, HZV-16-2472, HZV-16-2672 er åpen

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 29

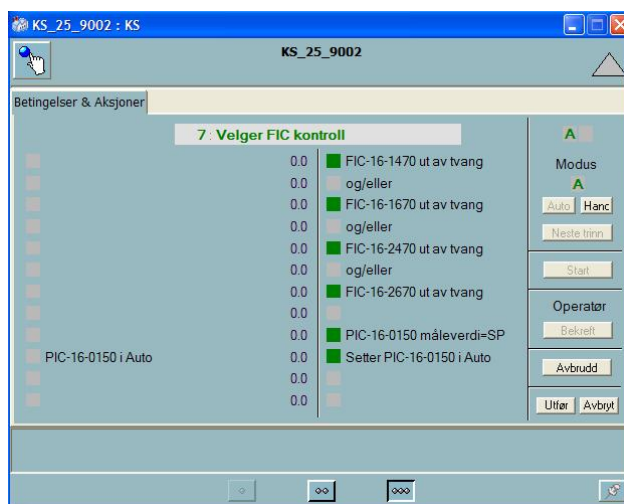
Figur 29 viser steg 6 Stenger FIC i SYS 16

- I dette steget tvinges strømningskontrollere for *system 16 gassmottak* stengt ved bruk av "Force Tracking" (XT=0, FT=1 og LA=1). Dette gjelder strømningskontrollerne FIC-16-1470, FIC-16-1670, FIC-16-2470 og FIC-16-2670

TR6:

1. Strømningskontrollere for *system 16 gassmottak* FIC-16-1470, FIC-16-1670, FIC-16-2470 og FIC-16-2670 bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 30

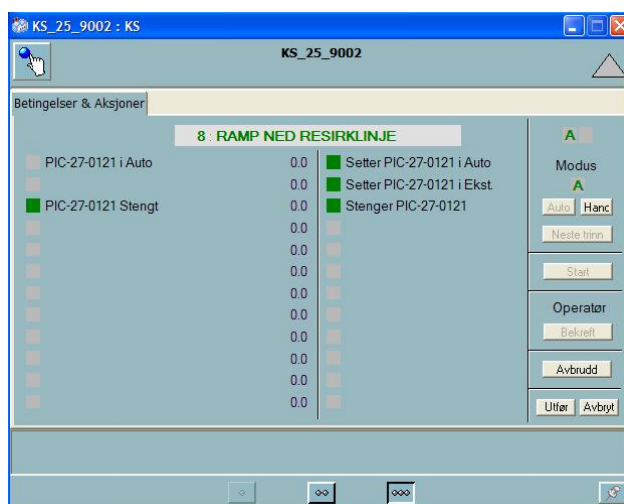
Figur 30 viser steg 7 Velger FIC kontroll

- Dersom gassutløp omløpsventiler for gassvarmere er åpen fjernes "Force Tracking" (FT = 0) fra strømningskontrollerne FIC-16-1470, FIC-16-1670, FIC-16-2470 og FIC-16-2670
- Trykkontroller PIC-16-0150 settes i auto med PV-tracking=true. Dette innebærer at trykkontrolleren gir inn et settpunkt til en tabellfordeling som fordeler lasten prosentmessig avhengig av aktuell verdi. Normalt er 25% av lasten fordelt på hvert hipps batteri. Strømningskontrollerne FIC-16-1470, FIC-16-1670, FIC-16-2470 og FIC-16-2670 sørger for å fordele lasten mellom de fire hipps ventilene på hvert batteri

TR7:

1. Trykkontroller PIC-16-0150 bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



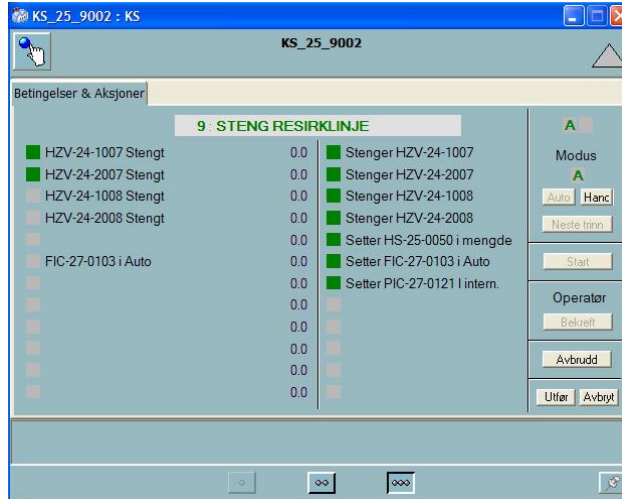
Figur 31

Figur 31 viser steg 8 Steng Ned Resirklinje

- Her settes resirkulasjonslinje trykkontroller PIC-27-0121 i auto med initielt settpunkt lik egen utgang for å stenge ned til null med nedstengingsrate på 2 % pr min
- Det kontrolleres at trykkontroller for resirkulasjonslinje PIC-27-0121 går til stengt posisjon

TR8:

1. Trykkontroller for resirkulasjonslinje PIC-27-0121 bekreftes i auto
2. Trykkontroller for resirkulasjonslinje PIC-27-0121 er stengt
Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



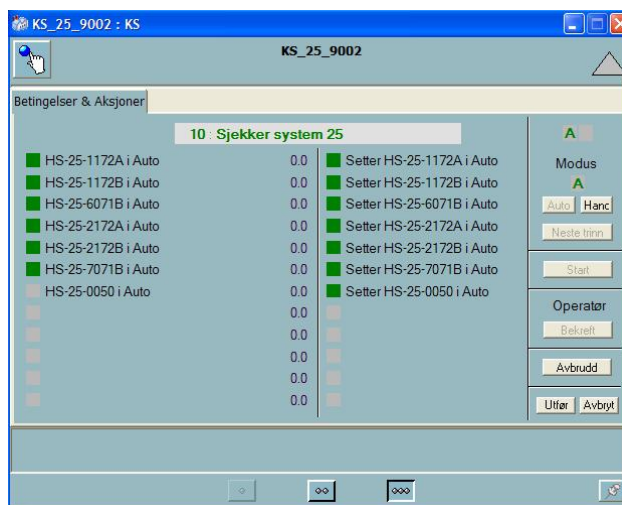
Figur 32

Figur 32 viser steg 9 Steng Resirkulasjonslinje

- Stenger resirkulasjons ventiler HZV-24-1007, HZV-24-2007, HZV-24-1008 og HZV-24-2008
- Kompressorer settes i strømningskontroll modus
- Strømningskontroller for kompressorer FIC-27-0103 settes i auto
- Trykkontroller for resirkulasjonsventil låses til internt settpunkt

TR9:

1. Resirkulasjons ventiler HZV-24-1007, HZV-24-2007, HZV-24-1008 og HZV-24-2008 er stengt
2. Strømningskontroller for kompressorer FIC-27-0103 bekreftes i auto
Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 33

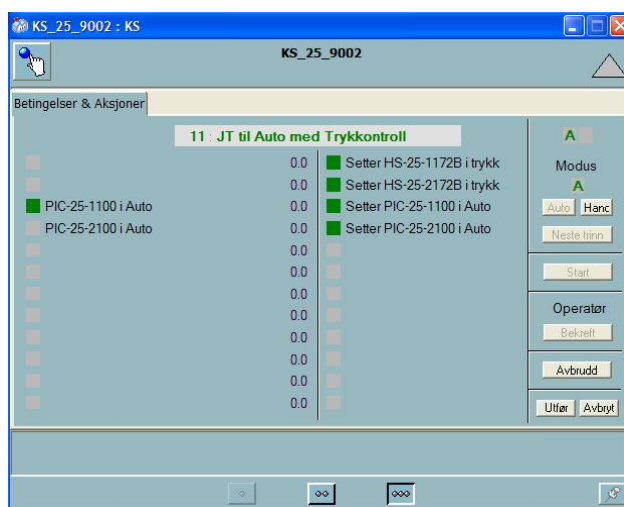
Figur 33 viser steg 10 Sjekker system 25 hydrokarbongass duggpunkt

- Kontrollerer at begge tog er i JT modus og setter HS-25-1172A, HS-25-1172B, HS-25-6071B, HS-25-2172A, HS-25-2172B, HS-25-7071B og HS-25-0050 i auto.
- Dersom tog 1 kjører i JT modus settes trykkontroller for JT PIC-25-1100 lik utgangen fra strømningskontroller JT FIC-25-1100, samme trykkontroller settes i auto og "Force tracking" aktiveres. Tilsvarende for tog 2 med trykkontroller PIC-25-2100 og strømningskontroller FIC-25-2100

TR10:

1. HS-25-1172A, HS-25-1172B, HS-25-6071B, HS-25-2172A, HS-25-2172B, HS-25-7071B og HS-25-0050 bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 34

Figur 34 viser steg 11 JT til auto med Trykkontroll

- Eksportkompressor kontroller HS-25-0050 settes i trykkontroll modus
- Eksportkompressor strømningskontroller settes i auto
- "Force Tracking" oppheves for trykkontrollerne PIC-25-1100 og PIC-25-2100
- Trykkontrollere for JT PIC-25-1100 og PIC-25-2100 låses til eksternt settpunkt
- JT kontrollere HS-25-1172B og HS-25-2172B settes i trykkontroll modus
- Trykkontrollere for JT PIC-25-1100 og PIC-25-2100 settes i auto
- Kontroller at trykkontrollere går i auto
- Sekvensen avsluttes og går til steg 0

TR11:

1. Trykkontrollere PIC-25-1100 og PIC-25-2100 bekreftes i auto

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*

Denne sekvensen er laget med utgangspunkt i Aker Kværner sin sekvens for å legge et tog fra resirkulasjon til eksport, men en del endringer er foretatt for å håndtere to parallelle tog. Tidligere måtte operatøren bekrefte hvilket tog som skulle legges til eksport, men slik sekvensen nå er skrevet vil begge tog bli lagt til eksport og operatørens bekreftelse er da overflødig. I den nye sekvensen er flere steg slått sammen for å holde togene synkrone i overgangen fra resirkulasjon til eksport. Dette innebærer at alle tidligere valg mellom togene ikke foretas, men at en har forsøkt å gjøre handlingene i de to togene så samtidig som mulig. Det er i sekvensen blitt valgt å fjerne muligheten for at togene er i TEX modus. Dette fordi en

ønsker en bestemt oppstartsrekkefølge som innebærer å legge over fra JT til TEX som en siste handling i forbindelse med oppstart av gasstogene. Målet er å spare tid i oppstarten av anlegget.

Når sekvensen har fullført overgangen fra resirkulasjon til eksport kan en øke produksjonsraten til ønsket rate. For å gjøre dette var det planlagt å designe en sekvens *KS-25-9003 Øk produksjon til ønsket produksjonsrate*. Å øke produksjonsraten er en saktevarierende prosess og ved å automatisere denne prosessen kunne operatøren fokusere på øvrige oppgaver. Dette har imidlertid vært noe som Shells operatører mener burde gjøres manuelt da prosessen erfaringsmessig kan oppføre seg forskjellig fra tid til annen. Dersom en skulle legge inn en automatisering her ville den måtte gjøres veldig treg for å ta høyde for uforutsette situasjoner. På grunn av dette vil ikke nødvendigvis en sekvensering av produksjonsøkningen være med på å bidra til en besparelse i oppkjøringstiden for anlegget.

Det er viktig at operatøren retter sin oppmerksomhet mot utstyret som påvirkes når en øker produksjonsraten. I sekvensbeskrivelsen under er det bare overfladisk beskrevet hvilke grep operatøren må gjøre for å øke produksjonen. Det er ikke beskrevet hvordan operatøren overvåker prosessen da en erfaren operatør trenger minst fire skjermbilder for å få oversikt over prosessen under produksjonsøkning. Dette innebærer at en må legge svært mange betingelser inn i sekvensene for å kunne automatisere dette. Etter hvert som en får erfaring med prosessen kan en sile ut de viktigste betingelsene. Ved å begrense antall betingelser vil en lettere kunne implementere en løsning med automatisk økning av produksjonen.

KS-25-9003 Øk produksjon til ønsket produksjonsrate

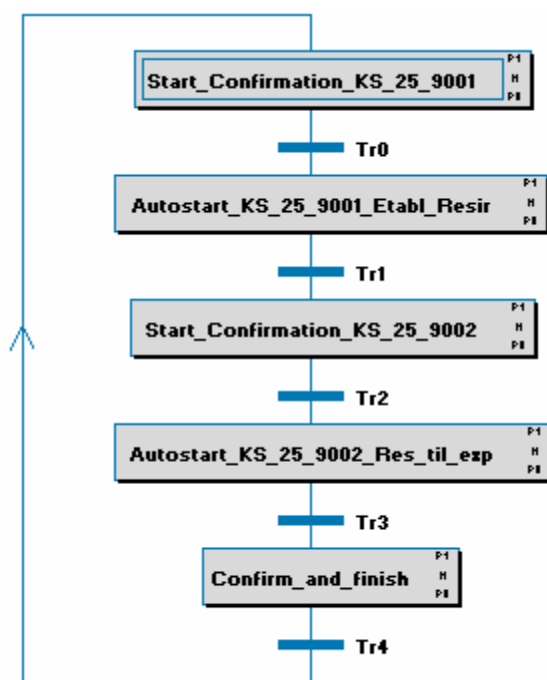
For å øke eksporten fra 20MSm³/sd til ønsket produksjonsrate er en avhengig av å ha nok tilgjengelig gass. Dette innebærer at trykket på innløpssiden av væskeutskillerne må være tilstrekkelig høyt. Operatøren velger ønsket produksjonsrate i forhold til tilgjengelig gass og håndterer selv produksjonsøkning til ønsket produksjonsrate ved å justere settpunktet for strømningskontroller FIC-27-0103. Hvor mye gass som er tilgjengelig er avhengig av hvor mange brønner en kan produsere fra. Det er i dag beregnet at hver brønn har en gjennomsnittlig produksjonskapasitet på ca 10MSm³/sd. En må altså ha minimum syv og helst åtte produserende brønner for å kunne oppnå full produksjon på 70MSm³/sd. Så mange brønner vil først være tilgjengelig et til to år etter oppstart av anlegget. Først da vil en ha fullt utbytte av løsningen med parallell oppstart av gasstogene. Når operatøren har økt produksjonen fra 20MSm³/sd til ønsket produksjonsrate kan en legge over fra JT til TEX.

På grunn av at det er en viss forsinkelse i brønnstrømmen vil det ikke alltid være nødvendig å stenge brønnene selv om en skulle få en nedstengning av landanlegget. Her er det klart at en må skille mellom de ulike former for nedstengning og deres varighet. I tilfeller med lengre nedstengningsperioder vil det kanskje være behov for å stenge brønner, samt å trykkavlaste større deler av anlegget. I disse tilfellene er en avhengig av at operatøren selv trykksetter anlegget før sekvensene designet i oppgaven kan tas i bruk. Dersom en velger å ta i bruk denne eller lignende løsninger kan en utvidelse være å legge til funksjonalitet slik at også trykksetting og start av hjelpeutstyr inngår i sekvensen.

KS-25-9004 Begge tog fra JT til TEX

Sekvensen er allerede laget av Aker Kværner og heter *KS-25-8007 Begge JT til TEX*. Dokumentasjon for sekvensen ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Design*. Denne sekvensen skal i korte trekk overføre produksjonen fra JT til TEX. Sekvensen kan benyttes både når begge tog er i resirkulasjon og når begge tog er i eksport modus. Fordi TEX har et kritisk turtallsområde mellom 3400-3900 må sekvensen unngå å være i dette turtallsområdet over lengre tid. Dersom TEX blir liggende innenfor kritisk turtallsområde i mer enn 4 min, vil det automatisk bli lagt over til JT modus.

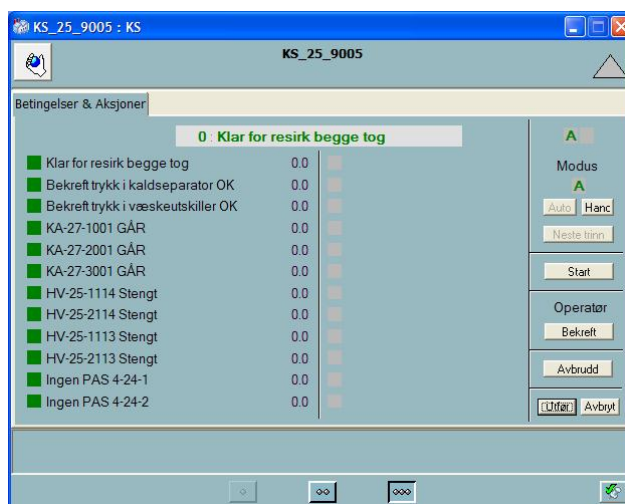
KS-25-9005 Master Kontroll Sekvens MKS



Figur 35

Sekvensen *K-S25-9005 Master Kontroll Sekvens* er vist i Figur 35. Tanken bak MKS er å lette oppstarten etter en nedstengning slik at operatøren kan fokusere på andre oppgaver ved oppstart av anlegget. MKS skal i tillegg til å forenkle oppstarten også bidra til å redusere oppstartstiden ved å benytte seg av sekvensene som *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* og *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* som er designet i denne oppgaven. I sekvensene som kjøres fra MKS må operatøren bekrefte og godkjenne/kontrollere en rekke betingelser samt at det i noen tilfeller må utføres manuelle operasjoner av feltoperatør. Under *Kap 6 Analyser og endringsforslag* blir det diskutert hvorvidt disse funksjonene kan automatiseres og om de burde automatiseres.

Det kan også diskuteres hvorvidt en skal legge inn en automatisering av produksjonsøkning og omlegging fra JT til TEX modus. Det er i utgangspunktet valgt å kun kjøre sekvensene *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* og *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* i MKS. Ved en fremtidig utvidelse er det tilrettelagt for automatisering av hele oppstarten fra etablering av resirkulasjon begge tog til eksport med TEX. Mer om utvidelser kommer under videre arbeid. En mer detaljert gjennomgang av stegene i sekvensen vil bli gitt i de påfølgende avsnitt.



Figur 36

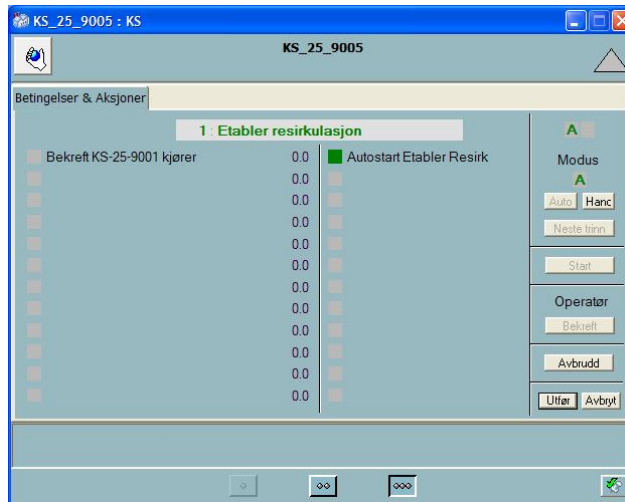
Figur 36 viser steg 0 Klar for resirk begge tog. Operatøren kan når som helst avbryte sekvensen. Sekvensen vil da frigjøre alle variabler og tilbakestille alle kontrollere og ventiler som blir benyttet i sekvensen. Siden denne sekvensen vil autostarte andre sekvenser, må de betingelser og aksjoner som inngår i initial steget for sekvensene en ønsker å starte legges inn i MKS. Dette er på grunn av at når en autostarter en sekvens vil sekvensen som autostartes automatisk gå direkte til steg 1. Betingelser og aksjoner i steg 0 blir dermed ikke utført før sekvensen er ferdig. Dette innebærer at følgende betingelser og aksjoner må være med i steg 0 for MKS

- Alle variabler frigjøres og en tilbakestiller alle kontrollere og ventiler som blir benyttet i sekvensen
- Dersom operatøren ønsker å kjøre sekvensen må det bekreftes at trykket i kaldseparator og væskeutskiller for togene er innenfor ønsket område
- Operatøren må også bekrefte at det er tilstrekkelig kapasitet på eksportkompressorene
- Ventil HV-25-1114 og HV-25-2114 på TEX rekompresor innløp stenges for å være sikker på at løpehjulene til TEX ikke kan begynne å rotere når systemet startes i JT-modus
- Ventil HV-25-1113 og HV-2113 på TEX innløp stenges
- Det sjekkes at ingen relevant PSD er aktivert for togene (PSD_4_24_1_Y eller PSD_4_24_2_Y)
- Sekvensen må startes av operatøren når en er klar for resirkulasjon i begge tog

TRO:

1. Ventil HV-25-1114 og HV-25-2114 på TEX rekompresor innløp er stengt
2. Ventil HV-25-1113 og HV-2113 på TEX innløp er stengt
3. Ingen relevant PSD er aktivert (PSD_4_24_1_Y eller PSD_4_24_2_Y)
4. Operatøren har trykket bekreft
5. Operatøren har trykket start

Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 37

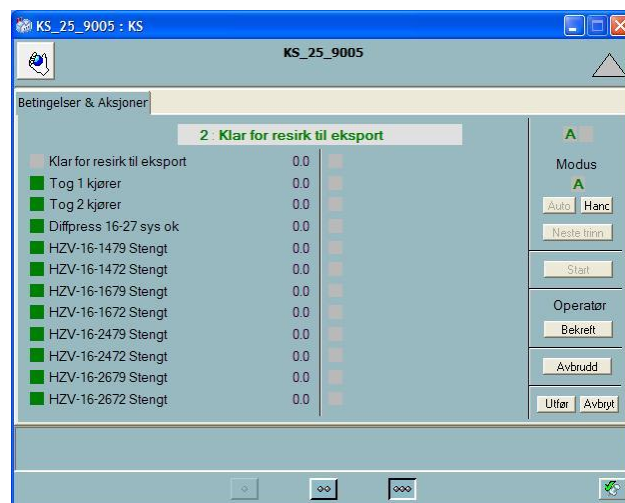
Figur 37 viser steg 1 Etabler resirkulasjon

- Kjører autostart av sekvens *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*

TR1:

1. *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* kjører
 Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*

Når *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* begynner å kjøre, legger interaksjonsvinduet for denne sekvensen seg over MKS interaksjonsvinduet. Dette gjør at operatøren ikke får flere objekter å holde orden på. I siste steg av sekvensen *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* bekrefter operatøren at togene er i resirkulasjon med stabil rate på 20MSm³/sd. Når operatøren har gjort dette, lukker han/hun interaksjonsvinduet for *KS-25-9001* slik at MKS kommer frem igjen. Etter å ha gjort dette vil steg 2 i MKS vises. Dersom operatøren ønsker det kan begge sekvenser vises ved siden av hverandre ved enkelt å bruke "dra og slipp" funksjonalitet på interaksjonsvinduene. I *Kap 6 Analyse og endringsforslag* foreslås en alternativ løsning som vil bidra til å forenkle operatørens oppgaver.



Figur 38

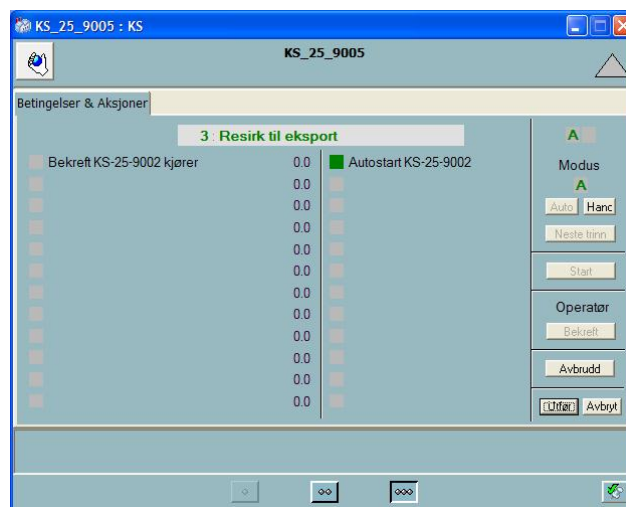
Figur 38 viser steg 2 Klar for resirk til eksport

- Her kontrolleres det at begge tog er i drift

- Det kontrolleres at differensialtrykket (PT-16-0150-PT-27-0121) < +/- 2Bar
- Det kontrolleres at gassutløp fra gassvarmer HZV-16-1479, HZV-16-1472, HZV-16-1679, HZV-16-1672, HZV-16-1672, HZV-16-2479, HZV-16-2472, HZV-16-2679 og HZV-16-2672 er stengt
- Operatøren må bekrefte at han/hun ønsker å legge begge tog til eksport ved å trykke *Bekreft* etter å ha kontrollert at gassen følger salgs spesifikasjon. Bekreft knappen vil ikke bli gjort tilgjengelig med mindre punktene over er oppfylt

TR2:

1. For å gå videre til neste steg trengs bare operatørens bekreftelse. Koden i sekvensen er skrevet slik at operatøren ikke får *Bekreft* knappen tilgjengelig før begge tog er i drift og gassutløp fra gassvarmere er stengt
 Eller operatøren kan kjøre manuelt med *Hand* og *Neste Trinn*



Figur 39

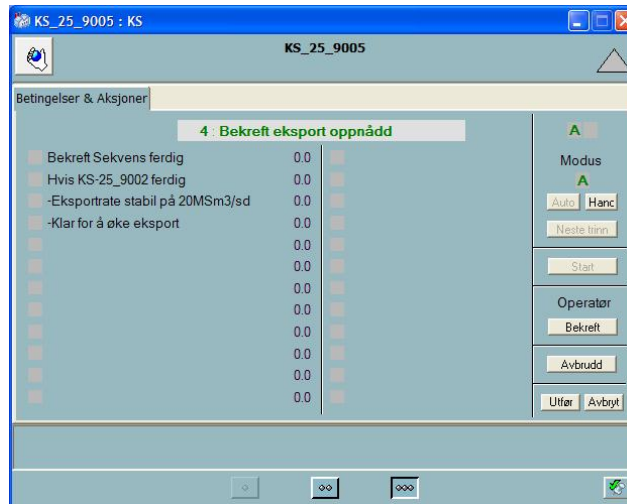
Figur 39 viser steg 3 Resirk til eksport

- Her kjøres autostart av sekvens *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*

TR3:

1. *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* kjører

Også her vil interaksjonsvinduet for den autostartede sekvensen legge seg over interaksjonsvinduet for MKS. Dette gjøres fordi det er betingelsene og aksjonene i de autostartede sekvensene som krever operatørens oppmerksomhet. Når *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* er ferdig lukker operatøren dens interaksjonsvindu og MKS vil da være kommet til steg 4. I *Kap 6 Analyse og endringsforslag* blir det foreslått en alternativ løsning. Denne vil bidra til at sekvensene som autostartes fra MKS ikke er avhengig av at operatøren utfører aksjoner og bekrefter betingelser etter at sekvensene er autostartet.



Figur 40

Figur 40 viser steg 4 Bekreft eksport oppnådd

- Operatøren bekrefter at *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* er ferdig og at eksportraten er stabil på 20MSm³/sd
- Operatøren informeres om at dersom eksportraten er stabil på 20MSm³/sd kan eksportraten økes
- Sekvensen avsluttes og går til steg 0

TR4:

1. Når operatøren bekrefter stabil eksportrate går sekvensen til steg 0 og sekvensen avsluttes ved at operatøren lukker interaksjonsvinduet

Det viser seg altså at MKS, slik designet i oppgaven, bidrar til å redusere antallet objekter operatøren trenger å betjene. Dette øker brukervennligheten for operatøren. En ytterligere forbedret løsning blir presentert i *Kap 6 Analyse og endringsforslag*. Det som gjenstår er å finne et omtrentlig tall som indikerer hvor mye tid en forventer å spare i oppstarten av anlegget med denne nye løsningen.

4.4 Estimert besparelse ved bruk av MKS

For å kunne beregne hvor mye tid en forventer å spare i oppstarten av anlegget, med denne nye løsningen, har en tatt utgangspunkt i sekvensene laget av Aker Kværner. Ved å gjennomføre tidstester med disse sekvensene på simulator, har en kunnet avdekke en omtrentlig besparelse for de nye sekvensene. Et mer konkret tall vil en først kunne få når en kan laste ned de nye sekvensene på simulator for Ormen Lange. Dessverre vil ikke dette la seg gjennomføre før i månedsskiftet juli/august (2007).

Når det gjelder tidstestene ble disse gjennomført sammen med operatører med over 20 års erfaring fra arbeid innen olje og energi. En må derfor anslå at resultatene tidsmessig kanskje er i overkant raskt for den gjennomsnittlige operatør ved anlegget. Det er viktig å legge merke til at testene er gjennomført ved bruk av simulator og resultatene vil derfor kunne avvike fra det en oppnår i den fysiske prosessen.

Forberedelsene til testen innbar at operatørene fikk i oppgave å gjøre klart anlegget for å kunne aktivere sekvenser for å starte gasstogene i resirkulasjon. Deretter tok en tiden som operatøren benyttet for å kjøre de enkelte sekvensene. Målet med testen var å estimere hvor lang tid en forventer å bruke på å legge begge gasstog til eksport med de opprinnelige sekvensene. Testen ble gjentatt og en gjennomsnittstid er det som legges til grunn i oppgaven for å beregne tiden en forventer å spare i oppstarten ved å benytte de nye sekvensene.

Sekvens	Beskrivelse	Tid
<i>KS-25-6004</i>	<i>Etabler resirkulasjon JT første tog</i>	<i>31min</i>
<i>KS-25-8002</i>	<i>Resirkulasjon til eksport første tog</i>	<i>38min</i>
<i>KS-25-7004</i>	<i>Etabler resirkulasjon JT andre tog</i>	<i>31min</i>
<i>KS-25-8006</i>	<i>Andre tog til produksjon</i>	<i>38min</i>
<i>Testresultater</i>	<i>Totalt eksisterende sekvenser</i>	<i>138min</i>

Sekvens	Beskrivelse	Tid
<i>KS-25-9001</i>	<i>Etabler resirkulasjon JT</i>	<i>35min</i>
<i>KS-25-9002</i>	<i>Resirkulasjon til eksport begge tog</i>	<i>43min</i>
<i>Estimert tidsbruk</i>	<i>Totalt nye sekvenser</i>	<i>78min</i>

Som en ser av regnestykket er det en hel del å spare på å innføre sekvenser for parallell oppstart av gasstogene. Estimaten er basert på at en benytter en halvert produksjonsøkningsfaktor som vist i Formel 1. Dersom en kan øke denne faktoren vil en kunne spare ytterligere tid i oppstarten. En kan altså konkludere med at den nye løsningen med parallell oppstart av gasstogene kan bidra til å redusere oppstartstiden med inntil en time. Det er derfor god grunn for implementasjon av løsningen.

Kap 5 Implementasjon og testing

For å kunne implementere sekvensene som er designet i denne oppgaven, har Aker Kværner stilt til disposisjon en bærbar pc med en kopi av nodene der 25 systemet er implementert i dag. Når en ikke har mye erfaring med oppsett og bruk av *ABB Control Builder*, *Control Plant* og kjøring med *soft controller* krever det en hel del innsats for å få systemet til å fungere. Med hjelp og støtte fra personell i Aker Kværner har dette latt seg gjennomføre. Etter litt motgang har det lyktes å implementere sekvensene *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*, *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* og *KS-25-9005 Master Kontroll Sekvens*.

Det en trenger som programmeringsgrunnlag for å kunne implementere sekvensene er i utgangspunktet grunnlaget utviklet i designfasen som beskrevet i *Kap 4 Design*. Designet har blitt laget etter Aker Kværner sin mal for design og er vedlagt på cd under filen *Hovedoppgave\Sekvens Design*. Denne designmåten gir en enkel og god oversikt over hvilke betingelser og aksjoner som må gjennomføres og i hvilken rekkefølge. I tillegg gir designet en god oversikt over alle steg som er med i sekvensen og i hvilken rekkefølge stegene må kjøres. Dette gjøres ved at en ved inngangen av hvert steg merker av hvilket steg en går inn i og hvilket steg som er det neste.

Det er også mulig å legge inn hopp tilstander (Jump Condition). Dette brukes for eksempel dersom en i et steg skal vurderer hvilken tilstand systemet er i. Avhengig av hvilken tilstand systemet befinner seg i hopper en direkte til det aktuelle steget i sekvensen som håndterer denne tilstanden. Dersom en er usikker på om en sekvens blir hengende for lenge i en gitt tilstand, kan en benytte en timer/teller som etter en gitt tid angir avbrudd og sekvensen avbrytes. Denne type handling vil også bli indikert i designet som "Timeout" eller "Interrupt".

Et viktig problem som dukket opp under implementasjonen, var at interaksjonsvinduerne for sekvensene som er innebygget i *Control Builder/Control Plant*, kun kan inneholde 12 aksjoner og betingelser i hvert steg. Dette gjorde at programmeringsgrunnlaget måtte endres før en kunne ta det i bruk. Ved å legge til flere steg slik at hvert steg maksimalt inneholder 12 aksjoner og betingelser løste en dette problemet. Programmeringsgrunnlaget eller designet som er laget i denne oppgaven finner en på vedlagt cd under filen *Hovedoppgave\Sekvens Design*.

5.1 Programmering av sekvenser

Et viktig grep før implementering av sekvensene ble gjort var å lage alle variabler som benyttes i en sekvens som datatype for den gitte sekvensen. Ved å gjøre dette er det lett å holde orden på alle variabler. *Control Builder* gir kun tilgang til bruk av gyldige variabler som er lagret i datatype biblioteket ved programmering av sekvensene. På denne måten oppdager en enkelt dersom en variabel er utelatt. Bruk av datatype biblioteket er også viktig ved MMS kommunikasjon. Da kan en samle de variabler fra datatype biblioteket som en ønsker å sende fra en node til en annen i en MMS blokk. Ved å sende datatype variable med MMS blokker, vil variablene fra datatype biblioteket i en node bli tilgjengelig i annen node. På denne måten oppnår en entydige variabelnavn som beskriver hvilken sekvens variabelen tilhører, samt hvilken funksjon den skal utrette.

Datatype bibliotekene er vedlagt på cd i filene *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS-25-900X\Data type*. En kan også finne datatype biblioteket i kode filen *C10_25* under mappen

Hovedoppgave\Dokumentasjon\Dokumentasjon ABB Controlbuilder\Komplett dokumentasjon alle sekvenser.

For hver av sekvensene er det laget en reset blokk som tilbakestill sekvensen dersom en tripp skulle oppstå. En tripp oppstår dersom operatøren manuelt avbryter sekvensen eller dersom en relevant prosessavstengning aktiveres. Da vil alle variabler frigjøres og en tilbakestill alle kontrollere og ventiler som blir benyttet i sekvensen. Sekvensen avsluttes og operatøren må tilbakestill relevante NAS/PAS før sekvensen igjen kan kjøres. Siden den innebygde funksjonen i *Control Builder* for reset av sekvenser kun reagerer på fallende flanke, har det vært nødvendig å lage tripp overvåkingen som en puls. Dette sikrer at reset blir aktivert umiddelbart når en tripp oppstår og en trenger ikke vente til sekvensen er ferdig å kjøre det aktuelle steget den befinner seg i.

Selve designet av interaksjonsvindue er innbygget i *Control Builder/Control Plant* og dette er vist i Figur 12-41 med unntak av sekvens oversiktene. Ved programmering velger en hvilken funksjonalitet som skal være tilgjengelig for operatøren i interaksjonsvinduet. I oppgaven er det lagt inn muligheter for manuell kjøring av sekvensene ved at operatøren setter sekvensene i *hand*, alternativt kan sekvensene kjøres i *auto*. Operatøren må i *hand* selv aktivere aksjoner og kontrollere at nødvendige betingelser er oppfylt før han/hun tvinger sekvensen videre ved å trykke *neste trinn* i sekvensens interaksjonsvindu.

Når sekvensen kjøres i *auto* vil sekvensen selv kjøre aksjoner og kontrollere betingelser. Det vil i noen tilfeller være behov for operatørens bekreftelse for å gå videre i sekvensen, da gjøres en *Bekreft* knapp tilgjengelig for operatøren. I første steg av sekvensene vil operatøren, dersom en kjører i *auto*, manuelt måtte starte sekvensen. *Start* knappen vil kun gjøres tilgjengelig dersom nødvendige betingelser for oppstart av sekvensen er oppfylt.

Ved programmering av selve sekvensenes funksjonalitet er det benyttet sekvensielle funksjonsblokker. Innen hver funksjonsblokk kan en legge inn betingelser som presenteres for operatøren og aksjoner som utføres og presenteres. Hver funksjonsblokk består av tre deler, se vedlagt cd *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\Sekvens kode*. Her vil *P1* utføres på stigende flanke, dvs i det en kommer inn i det aktuelle steget. *N* utføres kontinuerlig så lenge en er i det aktuelle steget i sekvensen, mens *P0* utføres på fallende flanke altså når en går ut av det aktuelle steget. Denne oppbyggingen gjør at aksjoner en aktiverer ved inngangen av et gitt steg altså i *P1*, vil kunne resettes ved utgangen av steget i *P0*. Ved å utnytte denne funksjonaliteten kan en rydde opp i variabler en allokterer innfor et enkelt steg.

For å konkretisere tankegangen litt mer direkte er det altså slik at binære aksjoner som å åpne en ventil, starte en motor, stette en ventil i *auto* og lignende legges inn som aksjoner i *P1*. Her tilbakestilles interaksjonsvindu variabler og en angir hvilket steg i sekvensen en er kommet til. *Control Plant* henter, basert på hvilket steg og hvilken sekvens det er, opp sekvenstekstene som presenteres for operatøren. En kan også aktivere og deaktivere knapper som er synlige for operatøren.

Kontinuerlige funksjoner, som å regulere en ventil opp/ ned til en bestemt posisjon, øke en motor til et gitt turtall, gradvis øke strømmingen til en gitt verdi og lignende legges inn i *N*. I tillegg legges det inn som en betingelse i transaksjonen til neste steg at ventilen skal ha oppnådd den ønskede posisjon, motoren ha det ønskede turtall og strømmingen være en gitt verdi. Innen *N* legges også oppdatering av interaksjonsvinduet sine variabler, slik får

operatøren kontinuerlig en oppdatering av systemets status etter hvert som aksjoner utføres og betingelser blir oppfylt.

Ved utgangen av steget, altså når alle betingelser for å gå videre til neste steg er oppfylt, kan en i *PO* tilbakestille de variabler en ikke lengre trenger. Dette kan for eksempel være ventiler en har satt i auto for å åpne/lukke. Når ventilen er kommet til ønsket posisjon trenger en ikke lenger å ha denne i auto og den kan da frigjøres slik at den blir tilgjengelig for operatøren. På denne måten rydder en opp alle allokeringer en gjør underveis i sekvensen, slik at operatøren ikke må bruke tid på låse opp ventiler som er låst i auto når han/hun ønske betjene disse.

All kode for sekvensene ligger som skjermbilder eller ABB dokumentasjon på vedlagt cd under filene *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\Sekvens kode*. I tillegg ligger *Control Builder* filen under *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\Implementasjonsfil*. Når det gjelder kodens virkemåte er denne hovedsaklig beskrevet under designgjennomgangen i *Kap 4 Design* med noen tillegg beskrevet i dette kapitlet.

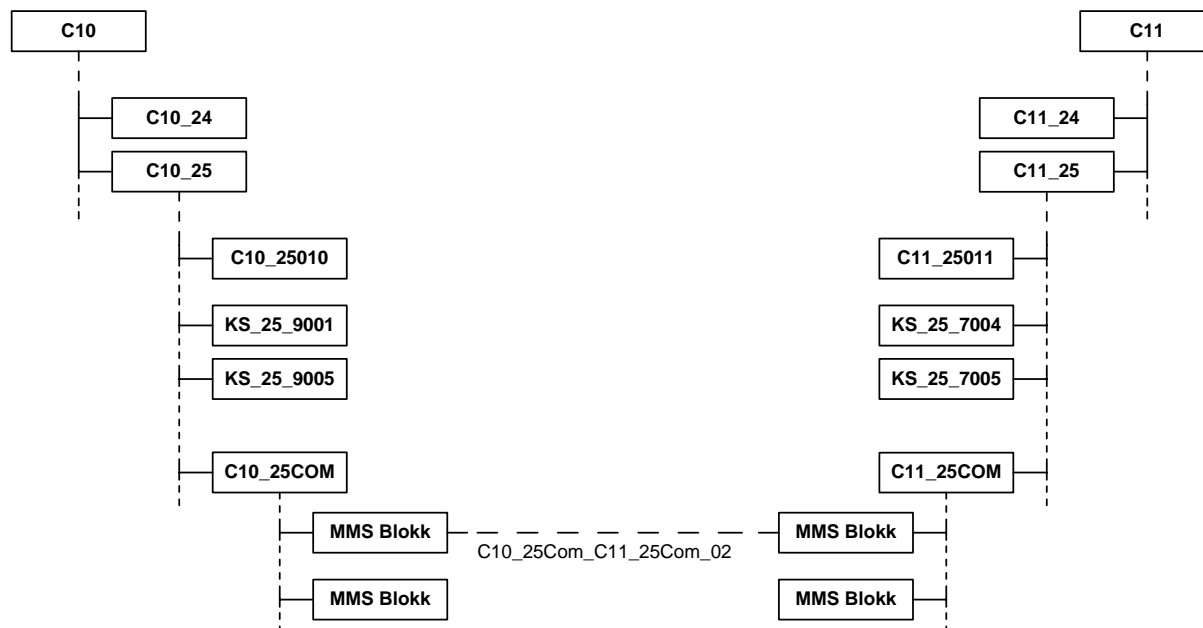
5.2 MMS kommunikasjon

For å kunne sende signaler mellom noder som er plassert i ulike under stasjoner i anlegget benytter en "Manufacturing Message Specification" (MMS kommunikasjon). Variabler som sendes som MMS signaler kan være binære eller reelle. Eksempel på et binært signal kan være om en ventil er åpen eller lukket, mens et reelt signal vil kontinuerlig kunne gi den eksakte ventilposisjonen. Det benyttes forskjellige MMS blokker for binære og reelle signaler, men prinsippet for å sende og motta signalene er likt. MMS blokker for reelle variabler håndterer 4 signaler, mens en binær MMS blokk kan håndtere inntil 32 signaler.

I oppgaven er det laget MMS kommunikasjon for å sende og motta signaler i node C10 og C11, men det gjenstår å behandle signalene/variablene som sendes eller mottas fra andre noder som C12, C16, P58 og P62. Det som gjenstår er å opprette MMS blokker for å sende og motta i nodene C12, C16, P58 og P62, samt at variablene må kobles mot kontroll modulene i de respektive nodene. Dette er ikke gjennomført da kandidaten kun har hatt tilgang til en begrenset del av systemet, hvor nodene nevnt over ikke inngår. De signaler/variabler dette innebærer, vil under testing bli manipulerte slik at en kan teste logikken i sekvensene.

For å strukturere MMS kommunikasjonen har en objektorientert innfallsvinkel vært benyttet slik at alle MMS blokker samles i en kommunikasjonsblokk som vist i Figur 41. En alternativ måte er å legge MMS blokkene direkte inn i sekvensene men dette gjør det svært vanskelig å holde oversikten. I filen *Hovedoppgave\Dokumentasjon\Dokumentasjon ABB Controlbuilder\Komplett dokumentasjon alle sekvenser\C10COM_25* finner en MMS kode for alle MMS blokker i node C10. En kan også finne MMS blokkene under mappene for de enkelte sekvensene på vedlagt cd under *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\ MMS eller Sekvens kode*.

For å benytte en variabel som MMS signal i ABB systemet, er en avhengig av å gjøre variabelen globalt tilgjengelig. Det vil i de påfølgende avsnitt bli gitt et eksempel ut fra Figur 41 på hvordan en kan sende variabler fra node C10 til node C11.



Figur 41

Dersom en tenker seg en situasjon hvor en kjører sekvensen *KS-25-9001* som ligger i node C10. Under kjøring av sekvensen kommer en til et steg i sekvensen der en ønsker å sette strømningskontrollerer FIC_25_2172B i auto. Denne strømningskontrolleren styres fra node C11 og en må derfor benytte MMS kommunikasjon mellom C10 og C11 for å gjennomføre aksjonen. I sekvensen settes variabelen FIC_25_2172B_LA sann, denne variabelen må være lagret som en ekstern variabel i sekvensen. Den samme variabelen må også lagres som en ekstern variabel i kontroll modulen C10_25, som sekvensen ligger under. For at variabelen skal være tilgjengelig for alle underliggende kontroll moduler må den også lagres som en global variabel i applikasjonen C10.

Variabelen FIC_25_2172B_LA vil da være tilgjengelig for kommunikasjonsblokken C10_25COM, men for at MMS blokken som skal sende variabelen fra C10 til C11 skal få tilgang til variabelen må den også lagres som en ekstern variabel i kommunikasjonsblokken C10_25COM. MMS blokken som skal sende variabelen fra C10 og MMS blokken som skal motta variabelen i C11, åpner en felles kommunikasjonskanal som i Figur 41 heter C10_25Com_C11_25Com_02. Her forteller navnet at det er et MMS signal fra 25 systemet i node C10 som sendes til 25 systemet i node C11. Det siste sifferet er bare for å skille de ulike MMS blokkene som sender mellom samme systemer.

FIC_25_2172B ligger i C11_25011, men for at MMS signalet/variabelen FIC_25_2172B_LA skal knyttes opp mot C11_25011, må denne lagres på tilsvarende måte som en gjorde i C10 for å sende. Dette innebærer at en lagrer FIC_25_2172B_LA som en ekstern variabel i kommunikasjonsblokken C11_25COM og i kontroll modulen C11_25, samt at en lagrer variabelen som en global variabel under applikasjonen C11. Dersom en gjør dette vil variabelen være tilgjengelig for C11_25011, men det gjenstår å koble MMS variabelen mot selve kontroll blokken i C11_25011. Dette gjøres forskjellig avhengig om det kun er en eller flere variable som skal kobles mot kontroll blokken.

Dersom en kun har en variabel som skal kunne låse strømningskontrolleren i auto kan denne variabelen legges direkte inn i blokken. Alternativet, dersom det er flere variabler som skal kunne sette FIC_25_2172B i auto, er å lage en *eller port* hvor en kobler utgangen fra *eller porten* til LA inngangen for kontroll blokken. Ved å koble alle de variabler som skal kunne

sette FIC_25_2172B i auto til inngangen på *eller porten*, vil FIC_25_2172B settes til auto dersom en av variablene på inngangen til *eller porten* blir aktivert. Det er her flere mulige løsninger, men denne er enkel og oversiktlig dersom noen senere ønsker å endre på funksjonaliteten i systemet.

På vedlagt cd under filene *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\MMS* ligger skjermbildene av MMS blokkene slik disse fremstår i *Control Builder*. Under *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\Sekvens Kode* ligger ABB dokumentasjon for de enkelte MMS blokkene laget i denne oppgaven. MMS kommunikasjonen er i forbindelse med testing av sekvensen kun gjennomført mellom nodene C10 og C11 og ved en fremtidig implementasjon gjenstår det å opprette MMS blokker i de øvrige berørte noder som nevnt tidligere, samt å teste kommunikasjonen. MMS kommunikasjonen som er opprettet i node C10 og C11 kan da benyttes som et eksempel på hvordan en oppretter MMS kommunikasjon da denne er testet og fungerer.

5.3 Sekvens tekster

Det å lage sekvens tekster i ABB systemet er svært tungvint. Aker Kværner har derfor laget en excel makro som forenkler det hele. Excel filene ligger på vedlagt cd under *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900I\Sekvens Tekster*. Dessverre har det ikke latt seg gjøre å få en kopi av denne makroen. For å benytte makroen legger en til en tom sekvens tekst fil for den aktuelle sekvensen i *Control Plant*. Deretter kan en benytte ”dra og slipp” funksjonalitet for å koble excel filen med sekvens tekst filen i *Control Plant*. Det en gjør er å dra den tomme sekvens tekst filen fra *Control Plant* og slippe denne i excel ruten øverst til venstre i excel arket. En kan så fylle inn sekvens tekstene slik det er gjort for excel filene på vedlagt cd. Når en er ferdig med å lage sekvens tekstene laster en opp endringene i *Control Plant*.

En ulempe med sekvenstekster er at det i interaksjonsvinduene er en begrensning på hvor lange sekvenstekstene kan være og dermed hvor mye informasjon en kan gi operatøren. I forbindelse med analyse av menneske maskin grensesnittet senere i oppgaven vil dette bli diskutert. Hvordan sekvenstekstene kobles mot interaksjonsvinduene for den enkelte sekvensen kan en se av koden for de enkelte sekvensene. Koden for sekvensene ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_900X\Sekvens kode*. Kort fortalt blir sekvenstekstene innlest ved at sekvensen i koden angir hvilket aktuelt steg den befinner seg i. Sekvenstekstene for det aktuelle steget lastes så opp i interaksjonsvinduet for sekvensen.

5.4 Testing med soft kontrollere

For å teste sekvensene og deres funksjonalitet har det i oppgaven blitt benyttet en *soft controller*. *Soft controlleren* linkes mot den aktuelle datamaskinen en ønsker å kjøre *Control Builder* fra. Før en starter *soft controlleren*, må en kontrollere at noden en ønsker å teste i *Control Builder* er koblet mot den aktuelle *soft controlleren*. Dette gjøres ved å gå inn på *controllers* i *Control Builder* og editere *hardware* slik at den er satt opp mot den aktuelle *soft controlleren*. Når dette er gjort kan en starte *soft controller* og gå online med *Control Builder*. Dette forutsetter at programmet er feilfritt og at en ikke har løkker som kan føre til at programmet blir stående fast i en tilstand.

En løkke oppstår for eksempel dersom en forsøker å aksisere samme variabel fra to steder samtidig. Da vil det bli en konflikt om hvilken del av programmet som skal få tilgang til variabelen og en vil ikke med sikkerhet kunne forutsi hvilken verdi som skrives til variabelen. Dersom en har slike løkker, vil en når en går online i *Control Builder* vinduet få opp en rapport som på en svært avansert og lite forståelig måte prøver å forklare hvordan løkken er oppstått. Det er derfor utrolig viktig å holde orden på de variablene en bruker underveis og sikre at en slik situasjon ikke oppstår.

Selve testingen ble gjennomført ved å kjøre hver enkelt sekvens stegvis. Hvert steg i sekvensene består av et sett med aksjoner og betingelser. Under testen ble det kontrollert at sekvensen utfører riktige aksjoner og at operatøren får tilbakemelding om hvilke aksjoner som utføres. Det ble kontrollert at operatøren også får tilbakemelding om hvilke betingelser som er oppfylt. Et eksempel på aksjon kan være å åpne en ventil. Betingelsen for å gå videre til neste steg kan da være at ventilen er bekreftet åpen. I andre tilfeller kan det være at en ikke kan gå videre før for eksempel differensialtrykket over en ventil er innenfor ønsket område. Da er det ikke en direkte sammenheng mellom en utført aksjon og betingelsen. Det er da viktig at denne betingelsen presenteres for operatøren på en slik måte at han/hun intuitivt forstår at betingelsen er selvstendig.

Alle feil og mangler som ble avduket under testingen ble utbedret og testet på nytt inntil ønsket funksjonalitet ble oppnådd. Det å vise resultater for en test utført i online modus er svært vanskelig, men i de påfølgende avsnittene vil fremgangsmåten som er benyttet bli beskrevet. I utgangspunktet ble det testet at alle signaler som hver av sekvensene benytter var tilkoblet de korrekte kontroll blokkene i henhold til SCD tegningene. Når et signal var testet og fungerte slik en ønsket ble dette signalet markert med gul markeringstusj.

SCD tegningene som ble benyttet som grunnlag for testen ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon\Prosess tegninger*. I mappen *Hovedoppgave\Dokumentasjon\SCD* ligger JPG filer med skjermbilder fra *Control Builder* der signalene ble kontrollert og testet. Under online kjøring med *soft controller* ble det testet at alle signaler var koblet til de rette kontroll blokkene.

I den videre testingen ble selve logikken i sekvensene testet. Utgangspunktet som ble benyttet under denne testen var programmeringsgrunnlaget som ble laget i designfasen tidligere i oppgaven. Programmeringsgrunnlaget ligger i excel filen *Nye sekvenser i 25 sys* under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Design* på vedlagt cd. Testen ble gjennomført ved å kontrollere at sekvensen i hvert steg inneholdt alle aksjoner og betingelser, samt at disse var koblet mot interaksjonsvinduet og mot de aktuelle funksjonsblokkene de tilhørte. Også her ble det benyttet markeringstusj for å holde oversikten over hvilke aksjoner og betingelser som var testet.

Noen skjermbilder fra testen er vedlagt på cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Implementasjon\KS_25_9001\Logikk Test*. Disse skjermbildene viser sammenhengen mellom betingelser og aksjoner som presenteres for operatøren, samt hvordan selve logikken i *Control Builder* oppfører seg når sekvensene kjøres. For signaler som er tilknyttet funksjonsblokker i noder utenfor C10 og C11 vil en ikke få en automatisk respons, men her må en selv gi respons ved å manipulere på signalene i MMS blokkene slik at det tilsynelatende er en kobling mot funksjonsblokkene.

Dessverre vil det ikke bli anledning til å teste funksjonaliteten fullt ut med simulator av prosessen, før Aker Kværner i månedsskiftet juli/august oppdaterer simulatorverktøyet med de nye oppdateringene fra hovedsystemet. Bakgrunnen for dette er at simuleringsverktøyet i dag blir benyttet til opplæring av operatører og en ønsker at operatørene skal få mest mulig tilgjengelig tid på simulatorene før disse oppdateres med nye endringer. De nye endringene er et resultat av testing utført av Hydro i forbindelse med ferdigstillingen av prosjektet. Programvaren som er implementert i denne oppgaven er laget ut fra en kopi av hovedsystemet og denne vil i følge Aker Kværner ikke kunne kjøres på simulator før simulatorene oppdateres.

Kunnskaper om Industrial IT System 800xA er hentet fra ABB sitt programmeringskurs *T315 System 800xA with AC 800M Enngenering*. Kursbeskrivelsen ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Dokumentasjon\Programmeringskurs*.

Kap 6 Analyser og endringsforslag

Målet med denne analysen er å belyse de betingelser og aksjoner som ikke er automatisert i de nye sekvensene. Ved å studere betingelser og aksjoner som operatøren må utføre i sekvensene ønsker en å finne ut om det er mulig og hvorvidt det er gunstig å automatisere disse funksjonene. For å enkelt knytte analysen mot sekvensene er det foretatt en stegvis gjennomgang av de nye sekvensene der hvert av punktene operatøren må utføre blir diskutert.

KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog

Operatøren bekrefter at trykket i kaldseparator er innenfor ønsket driftsområde. At operatøren leser av trykkløseren for kaldseparatoren kan automatiseres ved å legge det hele inn i sekvensen som en betingelse. Denne betingelsen kunne for eksempel være å sjekke at en det ikke ligger inne en tripp (LL eller HH), eller enda strengere ingen varslings alarm (L eller H). Dersom trykket i kaldseparator er innenfor et ønsket område, er betingelsen oppfylt, sekvensen kan da automatisk bekrefte betingelsen slik at sekvensen går videre til neste betingelse. Å automatisere denne funksjonen vil spare operatøren for en enkel avlesningsoppgave, men er ikke spesielt tidsbesparende å automatisere. Det er også mulig å tenke seg at bakgrunnen for at operatøren i dag utfører denne oppgaven ikke bare er for å lese av et trykk, men heller det å skaffe seg et inntrykk av situasjonen eller tilstanden rundt kaldseparator og væskeutskiller i 25 systemet.

Operatøren må videre bekrefte at trykket i væskeutskiller er innenfor ønsket område. Også her kunne en enkelt automatisere operatørens oppgave ved å bestemme hvilket måleområde en ønsker at trykket skal ligge innenfor og videre utforme dette som en betingelse. Denne betingelsen kunne for eksempel være å sjekke at det ikke ligger inne en tripp (LL eller HH) eller enda strengere ingen varslings alarm (L eller H). Betingelsen vil fungere slik at dersom måleverdien er innenfor ønsket område, vil sekvensen vise betingelsen som oppfylt og gå videre til neste betingelse. I motsatt fall vil sekvensen vente til betingelsen blir oppfylt. En kan også her argumentere med at besparelsen i forhold til å automatisere denne funksjonen tidsmessig er liten. Begge disse betingelsene ligger i første steg av sekvensen og det er derfor ikke tidsmessig noe å spare ved å automatisere betingelsene.

Før oppstart av begge gasstog til resirkulasjon må operatøren sørge for at eksportkompressorene har tilstrekkelig tilgjengelig kapasitet i forhold til resirkulasjonsmengden. Normalt vil en under oppstart ha minst to kompressorer i gang før en etablerer gasstog med resirkulasjon. Det er imidlertid slik at dersom en ønsker å benytte *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* er det bare behov for en tilgjengelig kompressor. Når en senere ønsker å øke mengden må en derimot ha flere eksportkompressorer tilgjengelig. Ved en fremtidig utvidelse av MKS, kan det å legge inn automatisk oppstart av eksportkompressorer være en mulighet med potensiale for å spare tid i oppstarten.

Det at en kan klare oppstarten med bare en tilgjengelig kompressor er en fordel i forhold til å spare tid i oppstarten, spesielt dersom en har hatt en kortvarig nedstengning pga en elektrisk tripp. Anlegget vil da normalt være trykksatt og det er bare å starte nødvendig hjelpeutstyr og iverksette oppstart av gasstogene i henhold til oppstartsprosedyre. Det vil si at en må starte en eksportgasskompressor før en starter sekvens for resirkulasjon av gasstogene. Mens oppstartssekvensen kjøres kan en starte de øvrige gassportkompressorene etter behov.

Dessverre er også sekvensene for oppstart av gasskompressorene full av betingelser som operatøren må bekrefte oppfylt. Spesielt det at en feltoperatør fysisk må drenere kompressoren gjør en automatisering vanskelig. Dersom en ønsker å automatisere, måtte en her finne et måleprinsipp som kan konstatere at kompressoren er væskefri. Det å automatisk åpne en ventil for å drenere kompressoren er ikke spesielt vanskelig, men en må være sikker på at det ikke kan oppstå væskeslag når en senere starter kompressoren. Et slikt måleprinsipp måtte derfor godkjennes av leverandøren for eksportgasskompressorene, slik at en unngår en garanti tvist mellom kunde og leverandør.

Det å kontrollere betingelsen for om det er tilstrekkelig eksportkapasitet for å starte resirkulasjon, kan bare delvis automatiseres når betingelsen ikke er oppfylt. Da må en starte en eller flere eksportgasskompressorer, noe som krever både feltoperatør og operatørens oppmerksomhet. I dag er anlegget laget slik at en feltoperatør fysisk drenerer kompressoren og kontrollerer at denne er fri for væske, slik at væskeslag ikke oppstår under oppstarten. En kan derfor, slik anlegget er i dag, ikke se det hensiktsmessig å automatisere denne funksjonaliteten i sekvensen, men at det ville være tidsbesparende er overhengende sannsynlig. Det vil også kunne lette operatøren og feltoperatørens oppgaver og dermed bidra til å minimere bemanningen i anlegget.

Ved nærmere undersøkelser gjennom samtaler med Hydro operatører, har det kommet frem at ved Oseberg Delta, har en satt inn *briller* der det tidligere var manuelle dreneringsventiler for å drenere eksportkompressorene. Bakgrunnen for at dette ble gjort var at når en opererer med tørrgass, så vil det ikke oppstå noen kondensering i kompressorene selv om en i noen tilfeller må trykkavlaste. Dette er fordi en i gassbehandlingen som ligger før kompresjon, har krav til maksimalt vandduggpunkt og hydrokarbonduggpunkt. Kravet er så lavt at en skal tåle en trykkavlastning uten at kondensat utfelles, derfor er det ikke noe behov for drenering. Oseberg Delta har selvfølgelig ikke samme dimensjoner som Ormen Lange anlegget, men produserer nærmere 30MSm³/sd.

Det kunne derfor være interessant å finne ut om den samme løsningen kan benyttes ved Ormen Lange anlegget. Også her er det tørrgass som produseres med tilsvarende krav til maksimalt vandduggpunkt og hydrokarbonduggpunkt som ved Oseberg. Det må også tas i betraktning at manuell drenering av kompressorene vil innebære en risiko for feltoperatøren, ettersom det vil oppstå et stort differensialtrykk over disse dreneringsventilene.

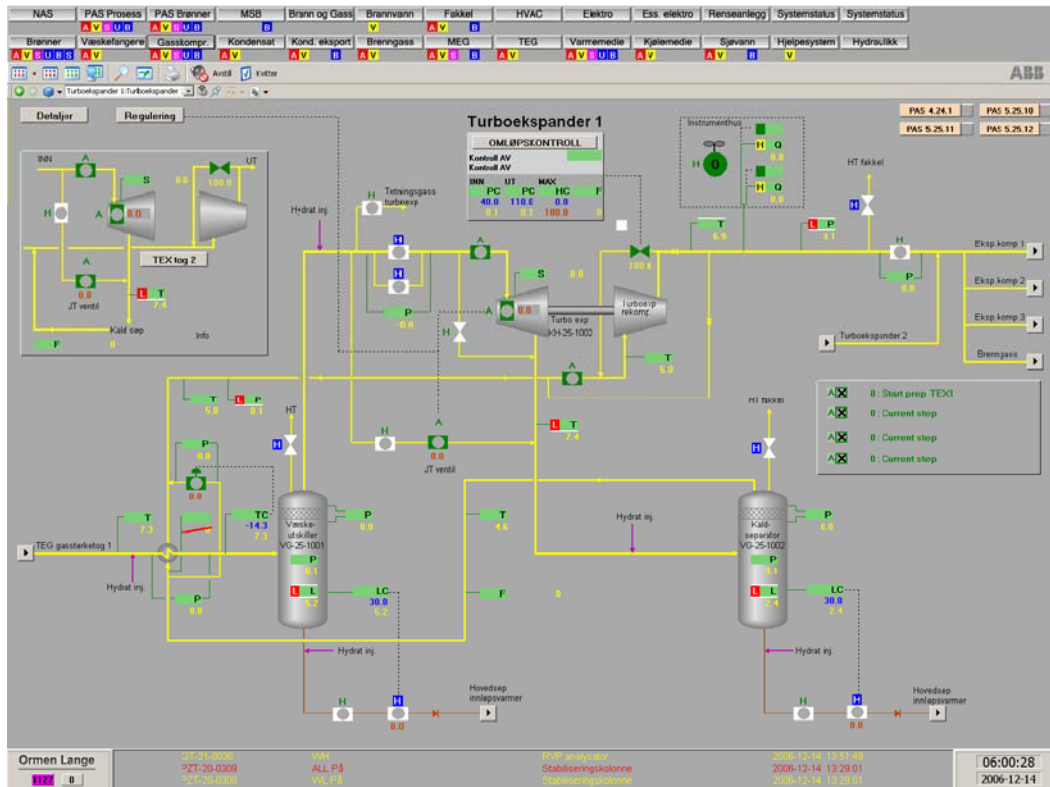
Skulle det med erfaring vise seg at det ikke er behov for manuell drenering av eksportgasskompressorene, vil en kunne spare fra 10-45 min i forbindelse med oppstart av hver enkelt kompressor. Dette er avhengig av hvor mange feltoperatører en har tilgjengelig og hvor de befinner seg i anlegget når de tilkalles. Ettersom Ormen Lange landanlegget er meget stort, er det store avstander internt på anlegget. Hvor feltoperatøren befinner seg vil derfor ha betydning for hvor raskt en kan få drenert kompressorene. Dersom en i tillegg automatiserer hele oppstarten av kompressorene, slik det blir foreslått med sekvensene som inngår i MKS i dette kapitlet, vil dette i stor grad kunne bidra til å redusere oppstartstiden av gasstogene.

Neste betingelse operatøren må bekrefte i sekvensen er at væsknivået i kaldseparatorene (VG-25-1002 og VG-25-2002) og i væskeutskillerne (VG-25-1001 og VG-25-2001) er

over 10 %, som tilsvarer LL-nivå. Væskeutskiller og kaldseparator for TEX 1 er vist i Figur 42. Denne betingelsen kan automatiseres ved at sekvensen enkelt sjekker om nivåfølerne for tankene nevnt over ligger inne med en LL alarm eller ikke. Alternativ løsning er å flytte betingelsen til første steg i sekvensen og dermed unngå at sekvensen stopper underveis etter at den er startet. Da operatøren allerede skal sjekke trykket i tankene, er det ikke noe i veien for at han/hun samtidig kontrollerer væsknivået.

Slik sekvensen er skrevet vil operatøren videre måtte manuelt stenge ventilene for kondensat/væskeutløp til hovedseparator innløpsvarmer. Disse ventilene er vist i Figur 42 på væskeutløpet fra væskeutskiller og kaldseparator. Det som er problemet er at operatøren aldri blir bedt om å åpne disse ventilene igjen. Dette har i mange tilfeller ført til utilsiktede trip av anlegget under kjøring på simulator, fordi væsknivået i væskeutskiller og kaldseparator raskt blir for høyt. Dette ville i praksis ha kostet penger og er noe en ønsker å unngå. I sekvensene designet tidligere i oppgaven er ikke dette problemet løst, men i de påfølgende avsnitt vil problemet bli diskutert.

Bakgrunnen for at dette ikke er automatisert i dag er nok en glipp i programmeringsgrunnlaget. Det kan virke som at tanken er at ventilene skulle vært stengt automatisk, men dette kommer ikke frem av programmeringsgrunnlaget. Etter det ble oppdaget har Hydro sendt et endringsforslag til leverandør, men en oppdatert løsning er ikke til stede enda. Bakgrunnen for å stenge ventilen på væskeutløpet til væskeutskiller og kaldseparator er at dersom ventilene som regulerer væsknivået ikke holder tett, vil et overtrykk i tankene tømme tankene når disse blir trykksatt og dette er ikke ønskelig. Det er imidlertid slik at dersom væsknivået til en hver tid er over lavt nivå vil dette si at ventilene holder tett. En trenger dermed ikke å stenge ventilene med mindre noen av dem lekker. Alternativet er at stenging og åpning av ventilene legges inn automatisk i sekvensen, slik at en unngår å få utilsiktede trip på grunn av at en glemmer å åpne ventilene, eller at reguleringsventilene lekker.



Figur 42

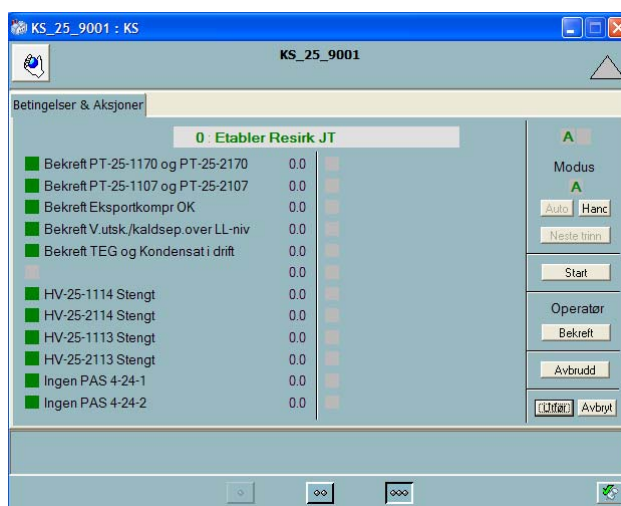
En løsning der en ikke stoler på nivåreguleringsventilene kan derfor være å foretrekke. Ved å flytte operatørbetingelsen knyttet til kontroll av nivået i tankene til første steg i sekvensen, unngår en at sekvensen stopper under kjøring. Videre må en i steg 2 i sekvensen stenge væskeutløp fra væskeutskiller og kaldseparator ved bruk av HZV-25-1070, HZV-25-2070, HZV-25-1160 og HZV-25-2160. For å sikre at disse blir åpnet før væsknivået begynner å stige i tankene, kunne en legge inn aksjoner og betingelser for åpning av disse under steg 5 etter at forberedelser for å åpne JT er ferdig. På denne måten unngår en at ventilen, slik det ofte skjer i dag, blir glemt i lukket stilling og først oppdaget når nivået er så høyt at en tripp er nært forestående eller inntruffet.

Neste steg som krever operatørens oppmerksomhet er om *system 20 stabilisering og separasjon* samt *system 24 gasstørking* er klart. Denne betingelsen vil være vanskelig å automatisere ettersom det ikke er en enkelt føler som kan kontrolleres, men snarere et helt del system som skal være driftsatt og klart. Tidsbesparelsen ved en automatisering er ikke spesielt stor og det vil føre til at operatøren får mindre kontakt med prosessen. Også denne betingelsen kan flyttes til første steg i sekvensen, slik at sekvensen ikke stopper under kjøring for å avvente operatørens bekreftelse.

Det en kunne ønske med sekvensen var kanskje at denne var helautomatisk slik at operatørens inngripen var overflødig. En kan som i diskusjonen over automatisere mye av de betingelsene operatøren må bekrefte i sekvensen, men ikke alle er like hensiktsmessig å automatisere. En kan vel kort sagt trekke følgende slutning ut fra diskusjonen over. Dersom operatøren kan gjøre alle sine bekreftelser og grep i første steg av sekvensen og den øvrige delen av sekvensen kan automatiseres, så er dette en god løsning.

Dette vil innebære at sekvensen *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* skrives om slik at operatøren allerede i første steg må bekrefte at *system 20 stabilisering og separasjon* og *system 24 gasstørking med TEG regenerering* er klart, samt at trykket og

væskenivået i kaldseparator og væskeutskiller er som ønsket. Operatøren må også sørge for at det er tilstrekkelig kompressorkraft tilgjengelig før han/hun starter sekvensen. Den eneste operatøroppgaven som da må automatiseres og som bør automatiseres, er stengning og åpning av utløpsventilene for væske fra væskeutskiller og kaldseparator. Det er skissert to løsninger for å gjøre dette. En kan stole på at reguleringsventilene for nivåregulering i tankene holder tett. Ved å gjøre dette trenger operatøren kun å kontrollere at nivået er over 10 % som er LL grensen, eller en kan automatisere det hele som beskrevet etter Figur 42. Den siste løsningen er å foretrekke og det er den som blir benyttet i oppgaven.



Figur 43

I Figur 43 vist over, er første steg av *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* vist. Her er det illustrert hvordan denne sekvensen er endret, for å samlet alle operatørens oppgaver i første steg av sekvensen. Ved å gjøre dette, samt å automatisere problemet med utløpsventilene fra væskeutskiller og kaldseparator, har en gjort om sekvensen slik at denne i øvrige steg er automatisert. Sekvensen er her oppdatert i henhold til endringsforslag utarbeidet i forbindelse med analysen. Nå fungerer sekvensen slik at når operatøren har startet sekvensen, så kjøres alle steg inntil sekvensen er ferdig uten at operatøren må gripe inn. Dette gjør at en har en løsning som er svært brukervennlig og som løser samme oppgaver som den opprinnelige sekvensen. Det er mulig at en også vil spare tid ved at sekvensen ikke stopper flere ganger for at operatøren skal gripe inn.

Endringer gjort i forbindelse med design av denne nye løsningen er vist på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvens Design*. All øvrig dokumentasjon som sekvens kode, interaksjonsvinduer og sekvens tekster ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Sekvenser oppdatert ihht endringsforslag\KS_25_9001\...* Endringene vedrørende automatisering av stengning og åpning av utløpsventiler finner en i koden under steg 2 og steg 5 for *KS-25-9001*.

KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog

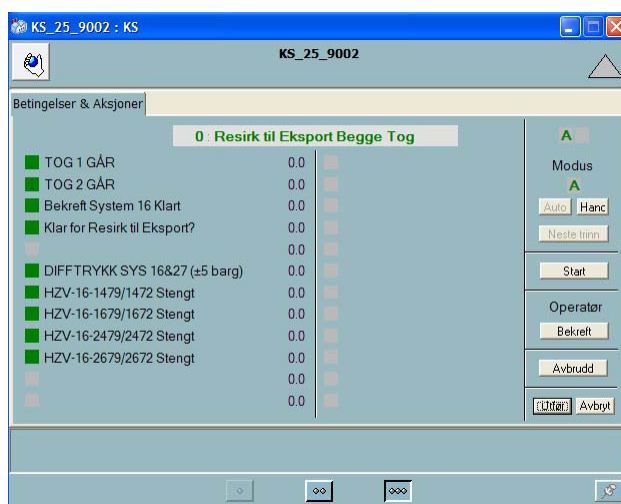
I *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* starter operatøren med å bekrefte at han/hun ønsker å legge begge tog til eksport ved å starte sekvensen etter å ha kontrollert at begge tog er i drift i resirkulasjonsmodus. I tillegg kontrollerer operatøren at differensialtrykket mellom 16 og 27 systemet er mindre enn +/- 2bar. Dette er viktig for at ventiler med myke tetninger ikke skal skades når de betjenes i sekvensen. Når det gjelder mulighetene for å automatisere disse grepene over, kan en lage betingelser som automatisk bekrefter eller avkrefter at differensialtrykket er innenfor det ønskede område.

Ettersom alt gjøres i første steg i sekvensen og det ikke vil innebære noen større tidsbesparelse ved å automatisere anbefales ingen endring.

At begge tog er i drift i resirkulasjonsmodus kan legges inn som en betingelse. Slik det er tenkt i denne oppgaven skal en først kjøre sekvensen *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*, for å parallelt starte begge tog i resirkulasjonsmodus. Dersom *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* startes som neste sekvens vil togene være i resirkulasjonsmodus. Det er derfor ikke nødvendig å legge dette inn som en automatisk betingelse, men det er ønskelig at operatøren skal kontrollere at gassen er innenfor salgsspesifikasjon og da vil operatøren samtidig lett kunne kontrollere hvilken tilstand togene er i. Normalt vil gassen være innenfor salgsspesifikasjon når sekvensen for å opprette resirkulasjon er ferdig å kjøre, men dette må legges inn som et krav som operatøren bekrefter for å kjøre *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*.

I steg 1 for *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* skal operatøren kontrollere at *system 16 gassmottak* med væskefangere, gassvarmere og ventilposisjonene er ok. Dette punktet er noe som er vagt definert, men innebærer at operatøren skal bekrefte at *system 16 gassmottak* er klart til å levere gass slik at en kan begynne å eksportere gass. Denne betingelsen vil være vanskelig å automatisere ettersom det ikke er en enkelt føler som kan kontrolleres, men snarere et helt del system som skal være driftsatt og klart. Tidsbesparelsen ved en automatisering er ikke spesielt stor og det vil føre til at operatøren får mindre kontakt med prosessen. Denne betingelsen kan flyttes til første steg i sekvensen slik at sekvensen ikke stopper under kjøring for å avvente operatørens bekreftelse og er derfor å foretrekke.

Ved å flytte betingelsen til første steg i sekvensen vil en oppnå samme funksjonalitet som beskrevet for den nye *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*. Operatøren kan gjøre alle bekreftelser og aksjoner før han/hun starter sekvensen og etter denne er startet trenger ikke sekvensen operatørens inngripen underveis. En ytterligere automatisering vil ikke bidra i større grad til innbesparelse i oppstartstiden og er derfor utelatt.



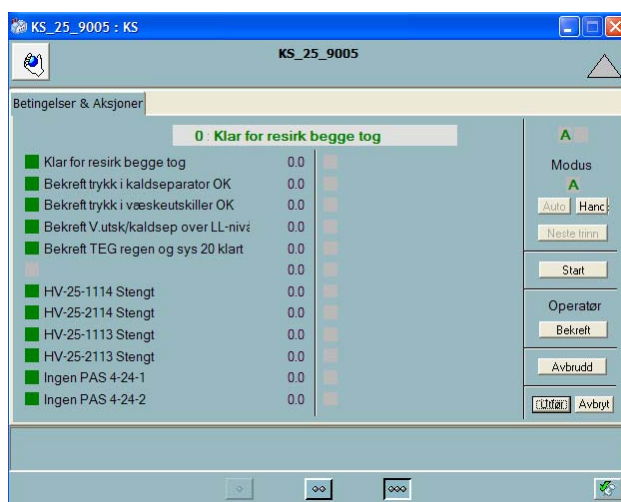
Figur 44

I Figur 44 ser en at alle operatørbetingelsene er samlet i steg 0 for *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog* på samme måte som for *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*. Når en i MKS beskrevet i neste avsnitt ønsker å autostarte en sekvens, vil en legge inn alle betingelser og aksjoner fra steg 0 i sekvensen som

betingelser for å kjøre autostart i MKS. Grunnen til dette er at når en autostarter en sekvens vil sekvensen gå direkte til steg 1 og de betingelser og aksjoner som ligger i steg 0 vil aldri bli utført og testet.

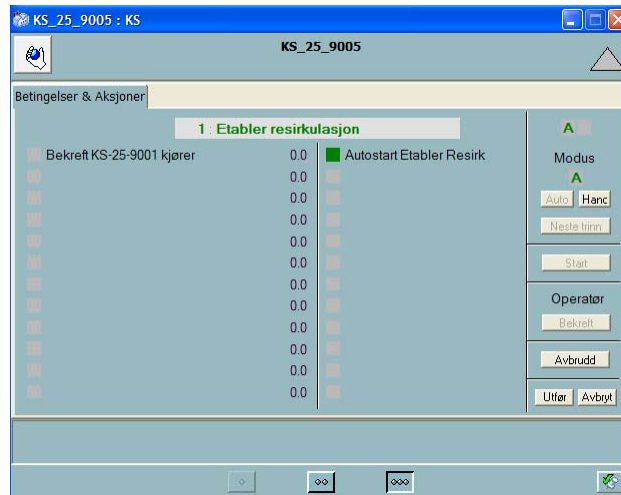
KS-25-9005 Master Kontroll Sekvens MKS

Med MKS ønsker en å forenkle operatørens oppgave og minimalisere oppstartstiden ved at en fra MKS kjører de nye sekvensene for parallell oppstart av gasstogene. Dette gjøres for at operatøren skal få mest mulig oversikt over prosessen samtidig som antall aktive objekter han/hun må følge med på holdes på et minimum. Da MKS kjører andre underliggende sekvenser er det som nevnt over ønskelig å samle alle betingelser og aksjoner som krever operatørens oppmerksomhet i MKS slik at sekvensene etter at de blir autostartet av MKS ikke blir hengende og vente på operatørens inngripen. Dette er en av grunnene til å automatisere de aksjoner og betingelser som ble beskrevet i avsnittene over for sekvensene *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* og *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*.



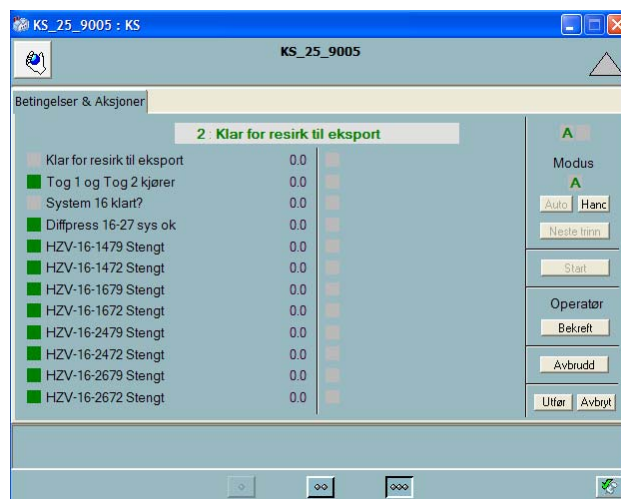
Figur 45

Som en ser av Figur 45, vil steg 0 i MKS være tilsvarende steg 0 for *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*. Ved å samle alle betingelsene i MKS, vil operatøren kun ha en sekvens og dermed kun et objekt å forholde seg til under oppstart av gasstogene. For å starte sekvensen må operatøren først bekrefte at de fem betingelsene øverst i Figur 45 er oppfylt. For at startknappen skal bli gjort tilgjengelig, må alle de andre betingelsene også være oppfylt. Først når alle betingelsene er oppfylt, vil operatøren kunne starte sekvensen og den vil da gå til steg 1.



Figur 46

I steg 1 for MKS aktiveres autostart av *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*. Ettersom autostart fører til at denne sekvensen da startes direkte i steg 1, vil ikke sekvensen trenge operatørens inngripen, da det ikke lengre er noen betingelser og aksjoner som operatørens må bekrefte utover i sekvensen. Det er her en ser viktigheten av å samle alle betingelser og aksjoner i første steg for sekvensene som autostarteres fra MKS. Denne nye løsningen gjør at operatøren kun trenger å forholde seg til interaksjonsvinduet for MKS. Når MKS autostarter *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*, vil interaksjonsvinduet for denne sekvensen legge seg over interaksjonsvinduet for MKS. Slik får operatøren den nødvendige informasjonen om systemets tilstand og utvikling. Når *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* er ferdig å kjøre, lukkes interaksjonsvinduet og en har igjen fokus på MKS og sekvensen går videre til steg 2.



Figur 47

I steg 2 vist i Figur 47 ligger alle betingelser for oppstart og kjøring av *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*. Operatøren må her kontrollere at begge gasstog er klar for eksport. Dette innebærer at begge tog er i resirkulasjonsmodus, *system 16 gassmottak* er klart og at gassen oppfyller de krav som stilles til vandduggpunkt og hydrokarbonduggpunkt. Når operatøren bekrefter dette, går MKS videre til steg 3.

Kap 7 Menneske maskin interaksjon

7.1 Analyse av menneske maskin grensesnittet

Ved utforming av menneske maskin grensesnitt er det mange mulige fremgangsmåter. I denne diskusjonen er det tatt utgangspunkt i en Heuristisk evaluering. Denne metoden kan benyttes både før, under og etter utvikling av menneske maskin grensesnitt. Det vil bli gitt en gjennomgang av metodens innhold, før evaluering foretas.

Heuristisk evaluering

Den heuristiske evalueringsmetoden er en lite tid og resurskrevende metode. Det anbefales normalt at 2-3 eksperter fra fagfeltet benyttes for å gjennomføre testen, men dette er ikke et krav. Metodens formål er å skape fokus rundt viktige punkter ved utformingen av menneske maskin grensesnitt. Det skal imidlertid sies at metoden ikke fokuserer mye på omgivelsenes betydning så dette vil bli diskutert separat.

Metoden er tenkt slik at hver av de involverte ekspertene arbeider hver for seg inntil resultatene sammenlignes. I dette tilfellet er det operatørgrensesnittet for Ormen Lange som skal evalueres, med hovedfokus på SAS systemet og sekvensene som er benyttet. Metoden består av følgende punkter for å evaluere grensesnittet mellom menneske og maskin:

- Enkel og naturlig dialog
- Støtter brukerspråket
- Minimaliserer brukerens behov for å huske detaljer
- Konsistens
- Tilbakemelding
- Klart markerte utganger
- Snarveier
- Gode feilmeldinger
- Forhindrer feil
- Hjelp og dokumentasjon

Med enkel og naturlig dialog menes det at grensesnittet samstemmer med brukerens oppgaver og brukerkonseptet. Grafisk design og fargevalg er ikke forstyrrende for operatørens oppgaver og det er enkelt for operatøren å navigere i grensesnittet.

Når det gjelder støtte av brukerspråket vurderes det med hensyn til valg av terminologi, navngiving av parametere og objekter. Dette er viktig for at brukeren raskt skal kjenne igjen utstyret det refereres til i den fysiske prosessen. I et anlegg på størrelse med Ormen Lange er det mange tusen komponenter/tags og disse må navngis på en måte som gjør det enkelt for operatøren å gjenkjenne komponenten. Koblinger og metaforer som benyttes må være enkelt for brukeren å gjenkjenne og interaksjonen må lages fra et brukerperspektiv.

Å minimalisere brukerens behov for å huske er svært viktig da det som tidligere nevnt i store anlegg ikke er godt å holde oversikten. Rutiner og gjentatte operasjoner sitter nok godt i fingrene på operatørene, men det er mange operasjoner som ikke brukes til daglig. Disse operasjonene kan presentere brukergrensesnittet på en slik måte, at brukeren ikke trenger å huske dem. Dette kan være graf beskrivelser, utstyrsmerking, generiske kommandoer osv. I sekvensene kan grensesnittet foreslå hvilke valg operatøren har, slik at operatøren ikke trenger å huske alle muligheter, men heller kan konsentrere seg om å foreta de rette valgene når det

trengs. Ved bruk av tekstbasert kommunikasjon bør det åpnes for klipp og lim muligheter, samt at grensesnittet kan foreslå tekster.

Konsistens er viktig for at brukeren enkelt skal kjenne seg igjen når han/hun navigerer i grensesnittet. Dette kan gjøres ved å presentere samme informasjon på alle skjermbilder. Grensesnittet kan ha et sett med grunnleggende prinsipper som alltid kan benyttes. Med et standardisert grensesnitt vil brukeren lett kjenne seg igjen og kan med enkelthet navigere mellom forskjellige skjermbilder for å innhente nødvendig informasjon og kunne gi de ønskede kommandoer. Det er viktig at det ikke er bare designet som er konsistent, men også oppgaver som skal utføres og den funksjonelle oppbyggingen i grensesnittet.

Tilbakemelding er viktig for at brukeren skal vite at en kommando er utført eller under utførelse. Det kan være en tilbakemelding om at den ønskede kommandoen tar en viss tid å utføre, eller bare at ventilen brukeren ønsket å åpne faktisk ble åpnet. Ved å få tilbakemelding fra grensesnittet vil brukeren forstå om kommandoene han/hun gir blir tolket på riktig måte. Det bør komme feilmelding før en svikt oppstår, slik at brukeren kan vurdere situasjonen og evt utbedre feilen før svikten oppstår.

All tilbakemelding til brukeren bør formuleres på en positiv måte, gjerne som en veiledning til hvordan brukeren kan rette opp en evt feil. Mennesker reagerer ofte bedre på positive tilbakemeldinger enn på negative. For å motivere brukeren til å gjøre en best mulig jobb er det gunstig å formulere feilmeldinger på en måte som oppfordrer brukeren til dette. Responstid er også viktig i den forstand at etter en kommando er gitt bør en tilbakemelding på at kommandoen er under utføring komme raskt. På denne måten unngår en at brukeren blir utålmodig og utfører kommandoen på ny.

Klart markerte utganger gjør at brukeren kan ha kontroll når han/hun navigerer i grensesnittet. Det er også her viktig med rask respons slik at brukeren raskt kan navigere til ønsket del av grensesnittet. Dersom brukeren har gjort endringer og deretter velger å lukke aktuelt program/vindu i grensesnittet, bør brukeren få spørsmål om han/hun ønsker å lagre endringene før programmet avsluttes. Det kan også legges inn muligheter for å gå tilbake fra en del av grensesnittet på samme måte som en kom inn.

Snarveier kan benyttes for å aksisere hyppig benyttede kommandoer og deler av grensesnittet. Det kan være snarveier for å åpne alarmlister, hendelseslister og for å benytte ”klipp og lim” funksjonalitet etc.

Gode feilmeldinger hjelper brukeren å forstå hvilken tilstand prosessen befinner seg i. For å oppnå dette må feilmeldinger formuleres klart og tydelig. Om mulig kan det legges inn hjelp for brukeren til å løse feil som oppstår. Det er viktig at feilmeldingene er pålitelig og ikke skremmende for brukeren.

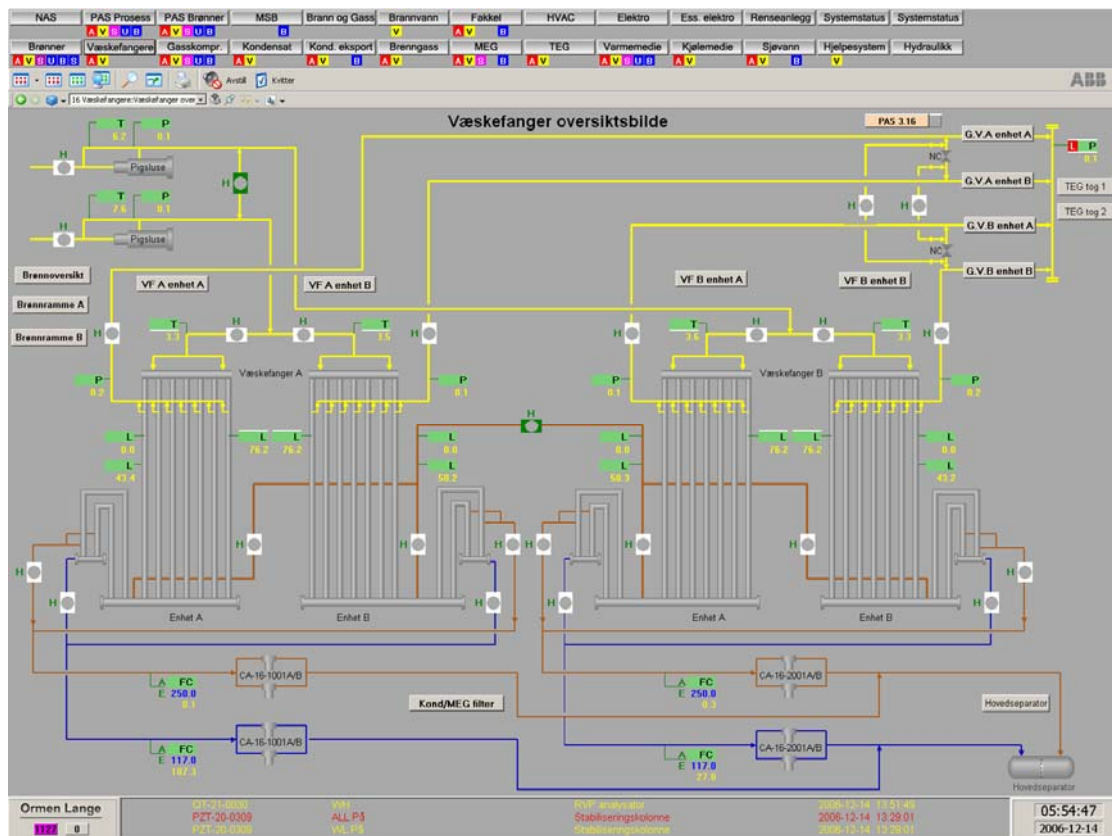
Forhindring av feil er viktig å tenke på fra designfasen. Og skulle feil oppstå er det viktig at grensesnittet har en alarmhåndtering som fremhever opphavet til feilen der det lar seg gjøre. En feil fører ofte med seg en del følgefeil og det er viktig å kunne spore opphavet til en feil.

For å lette brukerens oppgave bør det være utformet en form for dokumentasjon og hjelp til situasjoner der brukeren trenger støtte for å komme videre. Hjelp og dokumentasjon er en støtte til brukeren for å forstå objekt funksjoner, diagrammer, figurer, manualer og annet mens han/hun løser oppgaver.

I avsnittene ovenfor beskrives innhold og hensikt i heuristisk evaluering. Selve gjennomføringen av testen ble utført ved ”engineering” simulator ved Ormen Lange. I tillegg til gjennomføring av testen ble selve designet av sekvensene evaluert. Det tok nærmere fire timer å gjennomføre testen, da er etterarbeidet ikke innberegnet.

Test resultat

Dialogen som benyttes i forhold til skjermbilder er tekstlige beskrivelser og grafiske gjengivelser av prosessen i farger ved bruk av objekter. Et eksempel fra SAS systemet sitt oversiktsbilde av væskefangerne er vist i Figur 50. På figuren er gass illustrert i gul farge, kondensat i brunt og MEG/vann i blått. På samme måte er fargene benyttet gjennom hele bildehierarkiet og dette gir et konsistent inntrykk for brukeren. Øvrig dialog en treffer ved bruk av skjermbildene i SAS systemet er visuell blinking i gult ved hendelser og i rødt med akustisk varsling ved alarmer. I tillegg finnes det en egen alarmliste og hendelsesliste med tekstlig beskrivelse av oppståtte alarmer og hendelser.



Figur 50

Operatørstasjon skjermbildene, som det illustrert i Figur 50, opereres normalt fra operatørstasjoner med PC brukergrensesnitt. Symboler og forkortelser i skjermbildene er i henhold til Norsk Hydro sine spesifikasjoner. Ved hjelp av denne gjennomgående standarden både ved valg av farger, utseende på objekter og bruk av merking gjør det enklere for operatørene å navigere ved bruk av SAS systemet.

Hvert enkelt objekt er i tillegg utstyrt med et eget sett med funksjoner som beskrives i henhold til symbollegenden. Av symbollegenden kan en se at det er enkelt for brukeren å identifisere seg med hvilken tilstand et aktuelt objekt befinner seg i. Symbollegenden for SAS systemet finner en i systemmanual for *sys 69 SAS* side 19-21, denne filen ligger på vedlagt cd under mappen *Hovedoppgave\Ormen Lange Dokumentasjon\Driftsinstrukser shell*. Når det

gjelder det grafiske designet og utformingen, er dette også gjennomført slik at det ikke er mer informasjon på skjermen enn det brukeren trenger. Noen av oversiktsbildene kan inneholde veldig mye informasjon, men dette er i følge erfarne operatører nødvendig for å skaffe seg oversikt over prosessens tilstand.

Navigering mellom skjermbildene er forenklet ved at det er laget *hoppe knapper*. Dette gjør at en kan gå fra et skjermbilde til neste og tilsvarende vei tilbake. Det er gode tekstlige beskrivelser på hoppeknappene slik at operatøren ikke trenger å huske hvor de enkelte knappene er lenket til. Når testen ble gjennomført på simulator for Ormen Lange, var ikke alle funksjoner ferdigutviklet. En del *hoppe knapper* for å navigere mellom skjermbildene fungerte ikke. Dette er noe utvikler av systemet retter før oppstart og er derfor ikke vektlagt under testen.

Sekvensenes enkle og naturlige dialog ble evaluert. Her har en sammen med operatører fra Shell kommet frem til at de tekstlige beskrivelsene i sekvensene kunne vært formulert annerledes, slik at operatøren i klarhet vet hva beskrivelsene innebærer. Det er flere steder sekvensene stopper for at operatøren skal bekrefte betingelser eller utføre aksjoner. I flere av disse tilfellene er den tekstlige beskrivelsen lite forklarende, dette fører til at operatørene kan oppfatte tekstene ulikt.

Sekvensenes funksjonalitet og brukervennlighet med hensyn til grafisk design og utforming kunne vært utført annerledes. En ønsker å unngå at operatørene ikke forstår de tekstlige beskrivelsene av tilstander og aksjoner som sekvensen presenterer. Det har også oppstått situasjoner der operatøren blir bedt om å bekrefte en betingelse, uten at operatøren forstår nøyaktig hva betingelsen innebærer. Et eksempel fra sekvensen KS-25-7001 er vist i Figur 51. Her får operatøren følgende melding: ” Bekreft trykksatt og væsknivå”. Første gang en leser denne teksten er det ikke nødvendigvis innlysende for operatøren hva denne betingelsen og aksjonen innebærer. Dette vil skape usikkerhet hos en uerfaren operatør og kan i værte fall føre til at operatøren feiltolker meldingen og en uønsket aksjon kan bli iverksatt.



Figur 51

Når sekvensene kjører kan det, som vist i Figur 51, være tilfeller der sekvensen krever at operatøren må bekrefte en betingelse eller utføre en aksjon. Dersom denne betingelsen eller aksjonen ligger i første steg i sekvensen er det normalt ikke et problem. I andre tilfeller kan det være at operatøren starter en sekvens som går automatisk frem til steg x, hvor det kun med tekst, på samme måte som i Figur 51, er beskrevet at operatøren skal bekrefte noe. Dersom

operatøren har andre oppgaver å arbeide med i parallell, vil det være vanskelig for vedkommende å oppdage at sekvensen har stoppet.

Dette vil gjøre at en oppstartsprosedyre kan ta lengre tid enn nødvendig. Et forslag kunne her være å legge til et ikon som varsler operatøren ved for eksempel å begynner å blinke dersom operatøren ikke har gjort noen inngripen etter en viss tid. Et annet forslag vil bli omhandlet senere under forslag til endringer.

Funksjonaliteten til selve sekvensene er god og i følge operatører en viktig støtte, for å kunne utføre tidkrevende og vanskelige oppgaver i prosessbehandlingen. Sekvensene er et viktig verktøy for å kunne frigjøre hukommelsen til operatørene slik at de i tillegg kan fokusere på andre arbeidsoppgaver. Prosessen er stor og omfattende med mange del systemer, så operatørene trenger den støtte som sekvenser og automatisk oppstart av utstyr gir. I utgangspunktet er det planlagt at prosessen skal kunne opereres av kun to operatører, samt tre feltoperatører. Dette innebærer at en hel del automatisering er nødvendig for at det skal la seg gjøre å holde kontroll på hele prosessen.

Bruken av terminologi er gjennomført på en god måte og er enkel å forstå ved bruk av skjermbildene. En kan føre musepekeren over et objekt og få den nøyaktige komponent beskrivelsen for objektet. På denne måten er det lett for brukeren å gjenkjenne utstyr/komponenter fra den fysiske prosessen. Forkortelser og tekstlige beskrivelser er godt gjennomført slik at operatørene med letthet kan bruke systemet for å utføre sine oppgaver. I sekvensene er det begrensninger på hvor lange tekstene kan være. Dette er nok noe av opphavet til at operatørene i noen tilfeller ikke fullt ut forstår hvilken aksjon eller betingelse sekvensen presenterer. Tekstenes utforming blir diskutert, men det er ikke fremlagt konkrete endringsforslag da dette er noe som må evalueres av Shell som operatør. Den grafiske illustrasjonen av utstyret er god og det er en gjennomført bruk av symbol og merking, slik at brukerterskelen ikke er for høy. Behovet brukeren har for å huske er minsket ved hjelp av sekvenser og god merking.

Det er mulig å legge inn ytterligere hjelp for brukeren, for eksempel ved innføring av en hjelp funksjon. Denne kunne operatørene benyttet seg av dersom en oppgave ikke lot seg løse slik han/hun hadde tenkt. Operasjonene som utføres i anlegget er ofte tidskritiske og det å slå opp i en brukermanual tar ofte lang tid, noe operatørene ikke alltid har. Brukergrensesnittet har imidlertid gode beskrivelser på hoppeknapper slik at operatøren ikke må huske hvor alle disse fører. Den hjelp funksjonaliteten som ble funnet under utførelsen av testen var god, men vanskelig å finne da en måtte via et trendobjekt for å få tilgang til den. Ved å legge denne tilgangen mer tilgjengelig for brukeren, ville det kanskje være lettere for operatørene å finne løsninger på problemer de normalt ikke støter på.

Skjermbildene og oppbyggingen av SAS systemet er i sin tid konsistent og gjennomført på en slik måte at samme grunnleggende funksjonalitet er tilgjengelig på alle nivåer i skjermbilde hierarkiet. Samme informasjon blir presentert øverst på alle skjermbilder og funksjonene/objektene opereres på samme måte i hele systemet. Utformingen av sekvensene når disse kjøres er lik for alle. Samme knapper er vist i alle steg av sekvensen, men alle knappene er ikke nødvendigvis tilgjengelig da dette avhenger av hvilken tilstand systemet befinner seg i. Sekvensene kunne innholdt en mer entydig tekstlig fremstilling av objektene som opereres, da dette er gjort på forskjellig måte avhengig av hvem som har utviklet sekvensen.

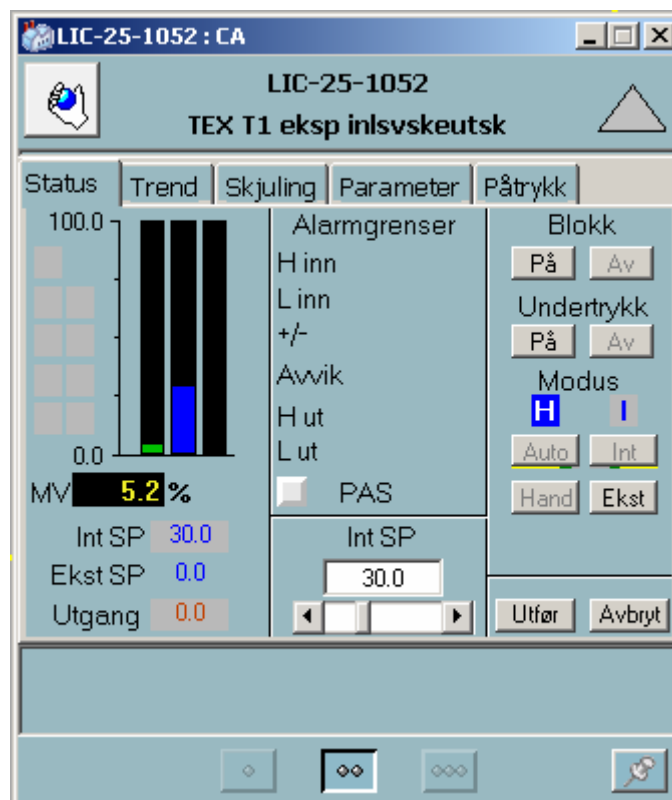
Når en opererer et objekt får en rask tilbakemelding på at operasjonen er under utførelse. Systemet gir informasjon om progresjon og operatøren kan dermed benytte ventetiden på å

utføre andre handlinger mens funksjonen utføres. Tilbakemeldingene fra systemet er utformet på en enkel og positiv måte slik at brukeren enkelt oppfatter hva som skjer. Det er kort responstid og ved feil varsles operatøren før selve svikten oppstår slik at han/hun kan utbedre situasjonen dersom det er mulig.

Det er klart markerte utganger fra alle sekvenser og skjermbilder i hele SAS systemet, samt at det er laget *hoppe knapper* for at brukeren skal kunne gå frem og tilbake mellom skjermbildene. Ved lukking av et interaksjonsvindu er det ikke lagt inn spørsmål om operatøren ønsker å lagre endringene alle plasser. Dette er gjort da det ikke alltid er ønskelig i følge Shell operatørene.

Snarveier er laget med både hurtigtaster og høyreklikking på objekter. I følge Shell operatører er dette også noe en kan legge til etter hvert som behovene oppstår når systemet er tatt i bruk. Systemet støtter "klipp og lim" funksjonalitet. En liten detalj en kan merke seg er at en ved bruk av interaksjonsvindu for objektene i noen tilfeller må bekrefte med utfør, mens i andre tilfeller ikke. Hensikten med at operatøren må bekrefte med utfør er å sikre at brukeren ikke er uheldig og aktiverer en utilsiktet funksjon, men dette gjør at det tar lengre tid å aktivere en ønsket funksjon. Et eksempel på et interaksjonsvindu for en nivåkontroller er vist i Figur 52.

I interaksjonsvinduene er det også i noen tilfeller laget mulighet for å benytte dra og slipp funksjonalitet for å endre ventilåpning, settpunkt og lignende. Denne funksjonaliteten krever ikke at en bekrefter med utfør, noe en måtte gjøre dersom en for eksempel skulle starte en pumpe. Shell operatørene stiller seg noe kritisk til denne løsningen, ettersom en del utstyr ikke tåler raske endringer. Ved en utilsiktet stor endring vil dette kunne få store konsekvenser. For nivåkontrolleren, vist i Figur 52, kan en for eksempel benytte "dra og slipp" funksjonalitet for å endre settpunkt.



Figur 52

For å gå til alarmlister og hendelseslister er det laget snarveier med ikoner øverst i SAS systemet. Slik kan disse enkelt aksiseres uavhengig av hvor i bilde hierarkiet en befinner seg.

Feilmeldingene er formulert enkelt og er lett å knytte tilbake til objektene. Feilmeldingene er formulert på en presis og positiv måte slik at brukeren ikke blir skremt, men heller motivert for å løse det aktuelle problemet. Det er klart at i et så stort system er ikke alle feilmeldinger nødvendigvis perfekt formulert. Her er det muligheter for å gjøre endringer i ettertid, når en får mer erfaring med systemet. Det er laget en støtte for alarmhåndtering slik at de viktigste alarmer vil bli prioritert, noe som gjør operatørens oppgave enklere. Operatøren har muligheten til å prioritere alarmene på inntil fire forskjellige nivåer.

Mye funksjonalitet er laget i systemet for å forhindre feil. Dette er gjort ved å benytte redundans og ved å ha grundige tester av funksjonalitet på simulator. Etersom anlegget er under bygging og selve funksjonaliteten fortsatt er under utvikling blir det forløpende gjort oppdateringer for å få anlegget så robust som mulig. Alle operatører gjennomgår en grundig opplæring ved bruk av simulator og ved å på denne måten heve operatørene sitt kunnskapsnivå, håper en å kunne unngå en del feil. En kan på simulatorene legge inn feil som kan oppstå i anlegget, slik at operatørene kan trene på å håndtere ulike situasjoner. Dette vil i tillegg til å øke brukernes kunnskapsnivå, gjøre brukeren bedre i stand til å håndtere uforutsette feilsituasjoner som måtte oppstå.

Simulatoren benyttes også aktivt for å teste og utvikle sekvenser. Sekvensene utgjør en betydelig støtte for å unngå feil da deres handlinger er forutsigbare og lik hver gang. Både elektronisk og mekanisk overvåking beskytter prosessen for å hindre at feil oppstår.

Det ble tidligere nevnt at en kanskje kunne gjøre hjelpefunksjonen mer tilgjengelig slik at operatørene kan søke støtte når det trengs. Under testen ble det funnet at hjelpefunksjonen inneholder muligheter for å søke etter hvordan et objekt skal opereres, hvordan en skal lese av tall og grafer for objektet med mer. Funksjonen mangler kanskje noe informasjon om hvordan en kan lage trendbilder, hvordan kombinere trendbilder fra flere objekter og beskrivelser av noe funksjonalitet som ikke nødvendigvis er innlysende for objektene.

Det en kan konkludere med er at hjelp funksjonen vil kunne bidra til å minimalisere operatørens behov for å huske mange detaljer som ikke benyttes ofte. Men det viktigste er at denne funksjonen blir mest mulig tilgjengelig for brukeren.

For øvrig kan det sies at dokumentasjonen som foreligger er svært omfattende og kan være frustrerende stor å finne frem i dersom en holder på med en tidskritisk operasjon. Dokumentasjonen og hjelpeverktøyene er enda under utvikling og vil nok bli bedre før overleveringen av anlegget vil bli foretatt. Den støttefunksjonaliteten som var i systemet under testen, er hovedsakelig laget slik at operatøren kan søke etter en bestemt komponent. Operatøren finner på denne måten komponentens plassering i skjerm bilde hierarkiet. I følge utbygging av anlegget er det planlagt å legge til mer utfyllende beskrivelser av objektene etter hvert.

Oppsummering

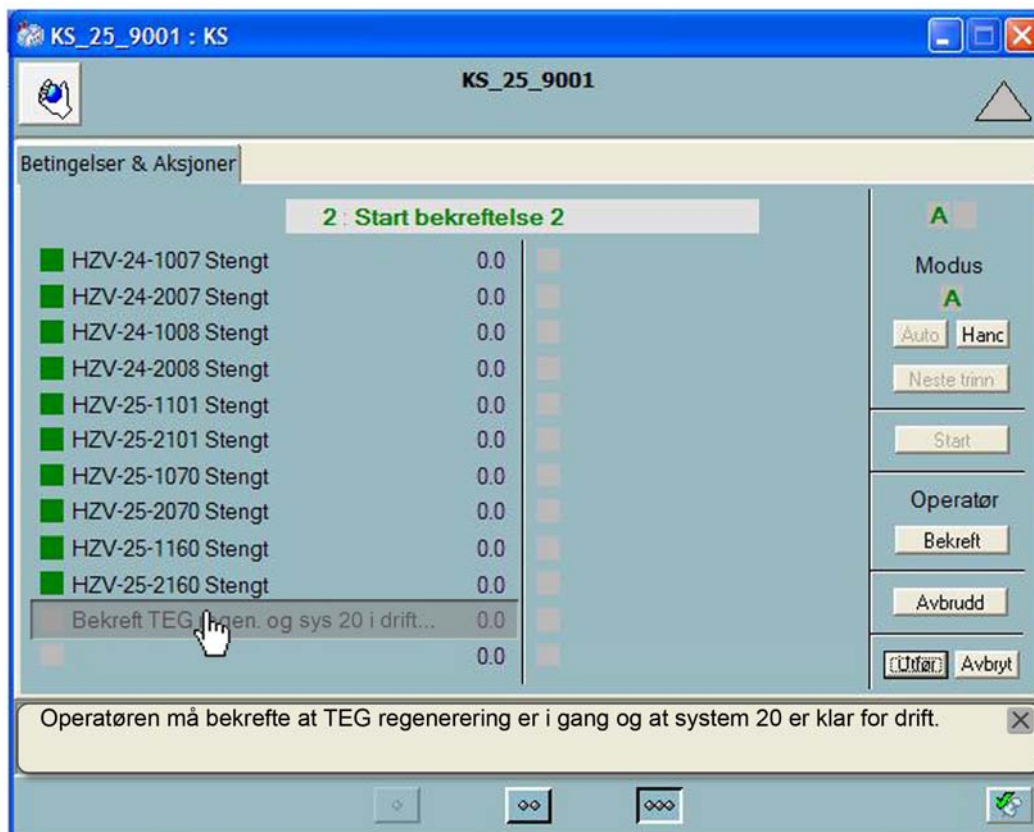
Etter å ha gjennomført en heuristisk evaluering av sekvensene og den delen av SAS systemet som inngår i dette, har testgruppen kommet frem til følgende omdiskuterte punkter.

- De tekstlige beskrivelsene i sekvensene bør utformes på en entydig måte i alle sekvenser, slik at det blir en gjennomgående konsistens i sekvensene
- Dersom det er utviklingsverktøyet som legger begrensningen for hvor lange sekvens tekster en kan benytte, bør utviklingsverktøyet vurderes. De tekstlige beskrivelsene er svært viktig for at operatørene skal kunne forstå og utføre oppgavene sine på en god måte
- For at operatørene skal gjøres oppmerksom på at sekvensen venter på en bekreftelse, kunne en legge til en form for visuell varsling som aktiveres dersom operatøren ikke har gjort noen inngripen etter en viss tid
- Under testen var det tilgjengelig en hjelp funksjonalitet, dessverre må en gå via trendbildene for å få tilgang til denne hjelp funksjonaliteten. Her anbefales det å legge til et ikon på den faste kommandolinjen i SAS systemet, slik at denne funksjonaliteten blir mer synlig og tilgjengelig for brukeren
- Det arbeides med utvikling av hjelp og støtte funksjoner for SAS systemet som vil kunne gi brukeren et støtteapparat for å finne informasjon. Her kan det dreie seg om hvordan funksjonalitet skal benyttes, hva som er hensikten med en bestemt funksjon og når den kan benyttes. Under testen etterlyser operatørene spesielt hjelp til å bygge trendkurver og verktøy for å lage trendkurver. Ettersom systemet er under utvikling vil ikke innholdet i denne hjelpfunksjonen bli diskutert videre

I de påfølgende avsnittene vil en forsøke å kaste lys over hvordan noen av disse problemene kan løses og dermed elimineres. Dette er bare å regne som forslag og det vil nok finnes mange alternative løsninger. Da oppgaven omhandler design og implementasjon av sekvenser er det nærliggende å håndtere de problemstillinger som inngår i sekvensene. Dette innebærer problemet med at sekvenstekstene ikke kan overstige en bestemt lengde og at operatøren ikke gjøres tilstrekkelig oppmerksom på når en sekvens venter på operatørens inngripen. I tillegg diskuteres det et forslag til hvordan en kan knytte sekvensene opp mot skjermbildene i SAS systemet. Litteraturløst bakgrunn om menneske maskin systemer er hentet fra [5] og [6].

7.2 Endringsforslag

Det er her lagt vekt på å forbedre mulighetene for tekstlige beskrivelser i sekvensene. Dette gjøres ved å legge til et visningsalternativ for en fullstendig tekstbeskrivelse i kontrollvinduet nederst. Dette er tenkt å virke slik at dersom operatøren er usikker på en tekstlig beskrivelse i sekvensen, kan han/hun klikke på den aktuelle teksten i sekvensvinduet, for å få opp en mer fullstendig tekstlig beskrivelse. På denne måten ønsker en å unngå problemet med at tekstene programmereren legger til blir for lang eller uforståelig. Et designforslag for å løse dette problemet er vist i Figur 53 under.

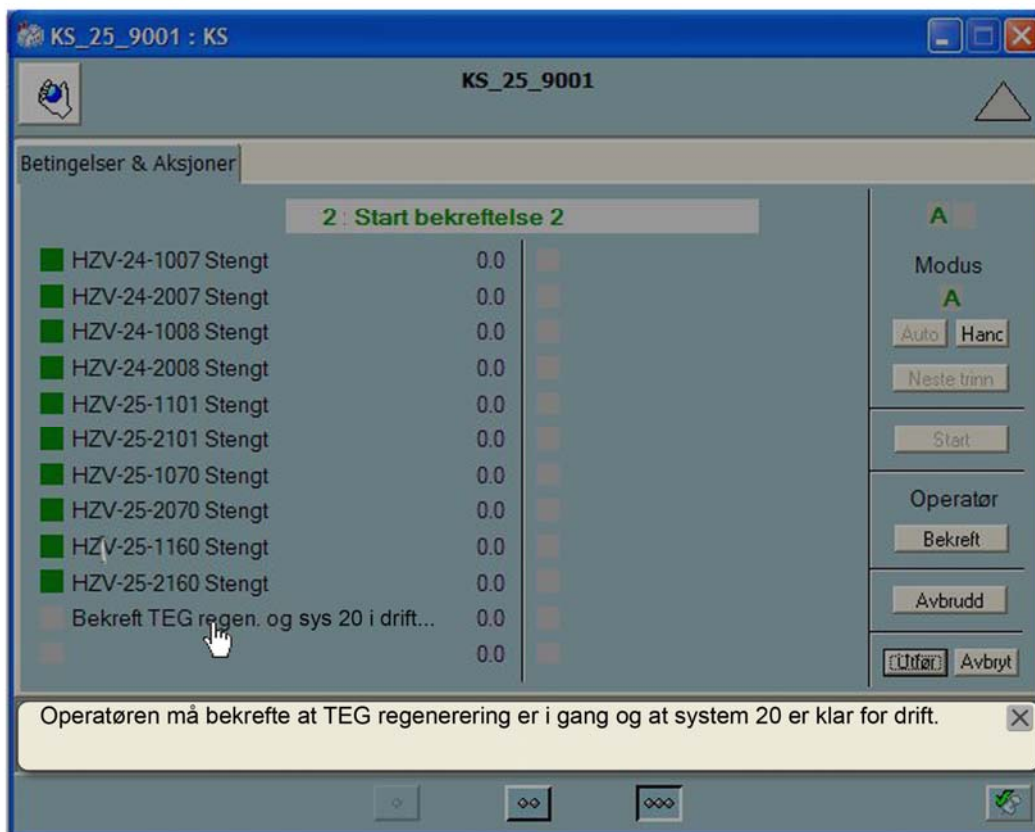


Figur 53

Dette eksempelet er hentet fra sekvensen *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog* steg 2, hvor operatøren skal bekrefte at TEG regenerering er i drift og at *system 20 stabilisering og separasjon* er klar for drift. Den opprinnelige teksten som ble presentert for operatøren før designendringen var "Bekreft TEG regen og sys 20 i drift". En erfaren operatør husker hva dette innebærer, men for en ny operatør under mer stressende forhold, er det ikke sikkert at vedkommende forstår fullt ut hva den korte beskrivelsen innebærer. Det er derfor ønskelig å legge til funksjonalitet slik at dersom operatøren er usikker på hva en beskrivelse innebærer, så kan operatøren klikke på den aktuelle teksten og få opp en mer fullstendig beskrivelse.

Det er klart at også her må programmereren vurdere teksten som legges til, slik at den viktigste delen av teksten blir synelig i interaksjonsvinduet. Programmereren kan da skrive en lengre og mer utfyllende tekst for objektene, som operatøren kan velge å vise ved behov ved å klikke på teksten. Sekvensvinduet må gjøres om slik at for lange sekvenser ikke overskriver annen informasjon i sekvensvinduet, slik det er i dag. En løsning på dette er vist i Figur 53, ved at en avslutter den synelige delen av teksten med flere etterfølgende punktum (...). Dette gjøres for å indikere at teksten er lengre enn det interaksjonsvinduet kan presentere. Etersom

Ormen Lange anlegget inneholder flere tusen objekter er det klart at operatøren ikke husker alle. Dette gjør at det er et behov for kunne benytte lengre tekster i noen tilfeller for å bedre illustrere for operatøren hvilket objekt det dreier seg om. Figur 53 og Figur 54 er bare forslag til hvordan dette evt kan gjennomføres.



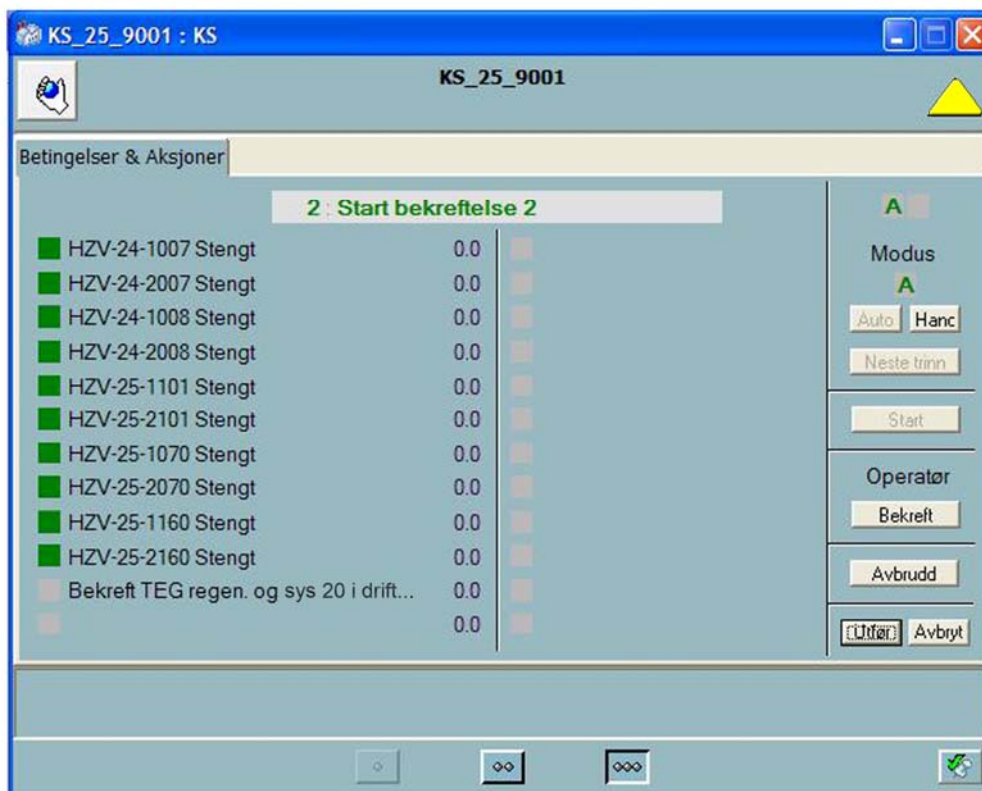
Figur 54

Den alternative løsningen, vist i Figur 54, er et forsøk på å flytte fokus over fra interaksjonsvinduet til teksten ved å mørklegge resten av interaksjonsvinduet. Når operatøren fører musen over teksten forandrer musepekeren seg fra en pil til en hånd slik en er vant med fra internett og windows. På denne måten forstår operatøren at det er mulig å klikke på teksten. Ved å gjøre dette får operatøren opp en mer fyldig beskrivelse av den aktuelle betingelsen eller aksjonen. Ved å lukke tekstboksen kan operatøren se på andre objekter.

Gjennomføringen av dette er noe en må diskutere med ABB og Aker Kværner som har utviklet og benyttet verktøyet for implementering av eksisterende sekvenser. Dette er bare å regne som et forslag og det finnes flere mulige løsninger. Etter å ha jobbet sammen med Shell operatører under testing av sekvensene, kommer det klart frem at dette er et område med forbedringspotensial.

For å håndtere problemet med at operatøren ikke får noen varslingsikon, har en valgt å benytte trekanten øverst til høyre i interaksjonsvinduet for sekvensene som et operatørikon. Slik systemet fungerer i dag vil sekvensen stoppe, og kun med en tekstlig beskrivelse fortelle operatøren at han/hun må utføre en handling. Ved å benytte trekanten øverst til høyre som et varslingsikon, kan en gi operatøren visuell varslingsikon om at sekvensen venter på operatørens handling. Operatør ikonet er tenkt å virke slik at dersom ikke operatøren har bekreftet betingelsen eller utført aksjonen sekvensen forespør innen en viss tid, (for eksempel 30sek),

så vil operatørikonet begynne å blinke gult, som vist i Figur 55. Ikonet vil skifte mellom lys og mørk gul farge tilsvarende varslingsignalene ellers i SAS systemet. Den eneste indikasjonen som tidligere ble vist for operatøren var teksten ”Bekreft TEG regen og sys 20 i drift”. I Figur 55 kan en sammenligne disse måtene å varsle operatøren på. Det synes klart at en blinkende gul trekant er langt lettere å oppdage enn teksten. En kan derfor konkludere med at denne nye formen for visuell varsling er bedre enn den eksisterende.



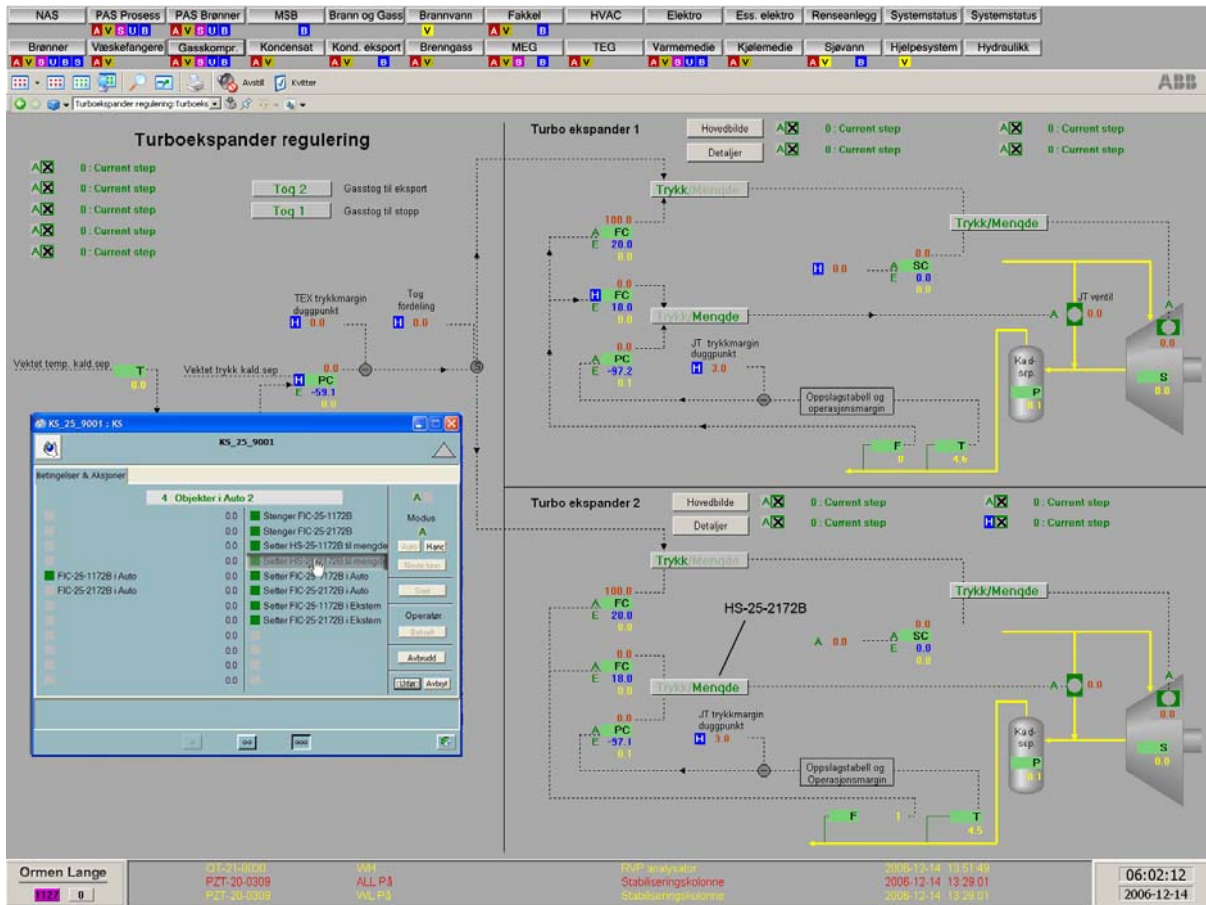
Figur 55

Ikonet vil fortsette å blinke til operatøren trykker på ikonet for å bekrefte at han/hun holder på med utførelsen. Ikonet vil da slutte å blinke, men fortsatt vises i gult inntil sekvensen mottar bekreftelse på at aksjon eller betingelse er utført. Alternativt vil ikonet aldri bli gult dersom operatøren bekrefter uten å klikke på ikonet. Om operatøren trykker bekreft før tiden har utløpt, vil ikonet aldri begynne å blinke.

Når det gjelder sekvensenes oppknytting mot skjermbildene kunne en legge inn en link fra sekvensbildet til den aktuelle komponenten/objektet sitt skjermbilde i SAS systemet. På denne måten ville operatøren dersom han/hun er usikker på hvor og hvilken funksjon en aktuell komponent har, kunne klikke på komponenten i interaksjonsvinduet og hoppe til dens plassering i skjermbildene for SAS systemet. Et eksempel på dette er forsøkt illustrert i Figur 56.

Også i dette tilfellet kan en tenke seg at musepekeren forandres til en hånd når den føres over den aktuelle komponenten. Ved å linke komponenten til det mest aktuelle skjermbildet i SAS systemet med hensyn til tilstanden sekvensen befinner seg i, vil operatøren ved å klikke på komponenten raskt kunne få oversikten over hensikt, virkemåte og omgivelser. I Eksempelet i Figur 56, er det forsøkt å illustrere at når operatøren klikker på aksjonen ”Setter HS-25-2172B til mengde”, så vil skjermbildet i SAS skifte til TEX regulering. Den aktuelle komponenten HS-25-2172B er ikke fremhevet i Figur 56, men dette kunne vært gjort. Ved å fremheve den

aktuelle komponenten blir det lettere for operatøren å finne den. En kan av Figur 56 se at aksjonen fra sekvensen har satt både HS-25-1172B og HS-25-2172B i mengdekontroll. Denne koblingen mellom betingelser og aksjoner i sekvensen, vil kunne være til stor hjelp for operatørene i en opplæringsfase, men også seinere dersom en glemmer hvor en kan finne en aktuell komponent.



Figur 56

Dessverre er det ikke tilrettelagt for denne funksjonaliteten og en må her gjøre endringer i ABB *Control Builder* strukturen for å kunne oppnå denne funksjonaliteten. Dette ville imidlertid være en svært god støtte for operatørene, spesielt i situasjoner der en ventil ikke åpner som den skal eller en pumpe ikke starter etc. Operatøren ville da raskt kunne finne objektet og dermed ikke benytte unødvendig tid på å søke seg frem til riktig skjermbilde. Det er klart at det etter hvert som operatørene får erfaring med systemet, kanskje ikke vil være behov for denne funksjonaliteten, men den vil kunne bidra til at operatørene ikke trenger å huske like mye. Denne løsningen vil kunne være til stor hjelp i opplæringsfasen når operatørene ikke kjenner skjermbilde oppbyggingen.

Oppsummering

Gjennom denne oppgaven har leseren blitt gjort kjent med Ormen Lange landanlegg for produksjon av gass. Oppgaven presenterer bakgrunnsinformasjon for flere store hovedsystemer som inngår i forbindelse med oppstart av gassforedlingsprosessen. Men hvilke løsninger har en så utredet i denne oppgaven når en ser tilbake på problemstillingen:

1. Kan en redusere tiden det tar å starte opp gassanlegget etter en produksjonsstans?
2. Er det mulig å forenkle operatørens oppgaver i forbindelse med oppstart av anlegget?

Løsningene

1. Ved å starte begge produksjonslinjer parallelt vil en kunne redusere oppstartstiden med inntil 1 time
- 2a. For å forenkle operatørens arbeid, samler en alle operatørens oppgaver i sekvensenes første steg. På denne måten unngår en at sekvensene under kjøring blir hengende og vente på at operatøren bekrefter betingelser eller utfører aksjoner
- 2b. Ved å samle flere sekvenser i MKS vil operatørene få færre sekvenser å forholde seg til, samtidig som antallet objekter vil reduseres

I de eksisterende sekvensene som er laget for Ormen Lange, må en starte en produksjonslinje om gangen. Dette innebærer å starte resirkulasjon av gass for å få gassen innenfor salgsspesifikasjonene, for så å legge over til eksport når gassen oppnår disse spesifikasjonene. Når første produksjonslinje eksporterer gass vil en kunne starte neste produksjonslinje.

I denne oppgaven skisseres en løsning som gjør det mulig å starte begge produksjonslinjer parallelt. Denne løsningen vil, med de antagelser gjort i oppgaven, kunne bidra til å redusere oppstartstiden med inntil 1 time. Dette oppnår en ved å synkronisere oppstarten til begge produksjonslinjer, samt at en fordeler gassgjennomstrømmingen mellom linjene. Beregninger gjort av Aker Kværner viser at en i resirkulasjonslinjen kan ha en gassrate på $20\text{MSm}^3/\text{sd}$. Dette gjør det mulig å starte begge produksjonslinjer samtidig ved hjelp av JT, men ikke med TEX.

En har derfor i oppgaven valgt å designe en løsning for parallell oppstart av begge produksjonslinjer ved hjelp av sekvenser. Første sekvens i oppgaven *KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*, skal starte resirkulasjon av gass for begge produksjonslinjer inntil en oppnår salgsspesifikasjon. Når gassen er innenfor salgskravene kan en aktivere neste sekvens *KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*. Denne sekvensen stenger gradvis ned resirkulasjonslinjen, mens eksporten økes inntil en når stabil rate tilsvarende det en hadde i resirkulasjonslinjen.

Men en ønsket ikke bare å redusere oppstartstiden, det er også ønskelig å forenkle operatørens oppgaver. I første del av oppgaven fokuseres det på å redusere oppstartstiden gjennom design og implementasjon av sekvenser. For å flytte fokus mot operatøren har det blitt gjennomført analyser av de nye sekvensene. Analysene konkretiserer hvilke tiltak som kan iverksettes for å bidra til å forenkle operatørens oppgaver.

Løsningen som er valgt i oppgaven går ut på å samle alle operatørens oppgaver i første steg av sekvensene. Ved å gjøre dette unngår en at sekvensene blir hengende og vente på operatør

bekreftelser og aksjoner senere i sekvensen. Ved at operatøren utfører alle aksjoner og bekreftelser i første steg, oppnår en at de øvrige stegene i sekvensene blir automatisert. Dette har vist seg svært nyttig når en ønsker å benytte MKS for å automatisk starte andre sekvenser. Da kan en legge alle operatørens oppgaver inn i MKS, slik at sekvensene som kjøres fra MKS ikke krever operatørens inngripen etter at de er startet. I oppgaven autostartes sekvensene for parallell oppstart av produksjonslinjene ved hjelp av MKS.

Når en autostarter en sekvens fra MKS vil den sekvensen som autostartes automatisk hoppe direkte til andre steg i sekvensen. Dette innebærer at alle de betingelser og aksjoner som ligger i første steg av sekvensen, inklusive operatørens, må samles i MKS som betingelser for å kunne aktivere autostart. Denne løsningen bidrar til å øke brukervennligheten for operatøren ved å redusere antallet sekvenser operatøren trenger å aktivere, samt antallet objekter operatøren må holde oversikt over.

Oppstartstiden reduseres kanskje ytterligere av at sekvensene ikke lenger trenger å stoppe for å vente på operatørens inngripen etter at sekvensene er startet. Når det gjelder dette med at operatøren må gjøre handlinger under kjøring av sekvensene, blir det i oppgaven foreslått at operatøren kan varsles ved hjelp av en blinkende trekant i sekvensenes interaksjonsvindu. Dette vil kunne bidra til at operatøren lettere oppfatter at sekvensen har stoppet og avventer operatørens handling.

Under arbeidet med kommunikasjonen mellom menneske og maskin ble det gjennomført en heuristisk evaluering av brukergrensesnittet. Resultatet viser noen områder med forbedringspotensiale. Blant annet operatørvarsling og sekvens tekster. Det som går igjen i testen er manglende konsistens i sekvenstekstene. I noen tilfeller kunne sekvenstekstene vært mer beskrivene, slik at operatøren lettere forstår teksten. I oppgaven legges det frem forslag til endring av sekvensenes interaksjonsvindu for å løse dette problemet.

Videre arbeid

I denne oppgaven er det tatt med mye bakgrunnsinformasjon om store deler av hovedsystemene for Ormen Lange landanlegg. Dette er gjort med tanke på at noen kanskje vil videreføre arbeidet som er gjort i oppgaven. Sekvensene som er designet i oppgaven er laget med tanke på at det skal være mulig å utvide og legge til logikk, slik at visjonen om et helautomatisk anlegg med minimale menneskelige ressurser er til stede. Selv om dette kanskje er urealistisk er det fortsatt mulig å strebe etter å komme nærmere dette målet. For å holde bemanningen på to operatører og tre feltoperatører, slik det er planlagt i dag, er en avhengig av mye automatikk for å løse de oppgaver en har ved styring av gassforedlingsprosessen.

Dessverre har tidsbegrensningen for master oppgaven ført til at oppgaven kun omfatter implementasjon av de to nye sekvensene designet i oppgaven. I tillegg har tilgang til simulator, programmeringsverktøy og personell for bistand i oppgaven, måttet vike for andre prioriterte gjøremål med hensyn til fremdrift i prosjektet. Ettersom det har vært et stort tidspress når det gjelder bruk av simulator, er det klart at oppgavens fokus har blitt tilpasset i forhold til dette. Simulatoren blir brukt til opplæring av operatører, justering av parametere, tuning av kontrollere og forberedelser til oppstart

Når det gjelder videre muligheter, ligger det derfor en spesielt spennende oppgave i det å simulere den designede løsningen med prosess simulator for Ormen Lange. Dette må gjøres ved hjelp av *ABB Control Builder*. Her er det behov for å kunne programmere sekvenser, noe en kan lære ved å delta på ABB sitt kurs i programmering [xxx]. I oppgaven er det laget MMS kommunikasjon for å sende og motta signaler i node C10 og C11, men det gjenstår å behandle signalene/variablene som sendes eller mottas fra andre noder som C12, C16, P58 og P62. Det som gjenstår er å opprette MMS blokker for å sende og motta i nodene C12, C16, P58 og P62, samt at variablene må kobles mot kontroll modulene i de respektive nodene.

På grunn av plassmangel i eksisterende simulatorbibliotek må de nye sekvensene, inklusive MKS, legges til et nytt simulatorbibliotek. Dette må så lastes inn på simulatoren når det er ferdig utviklet. Selve programmeringsarbeidet som gjenstår for å kunne laste inn sekvensene er nok ikke det mest tidkrevende. Den vanskelige delen er å sette seg inn i *ABB Control Builder* og hvordan en kan lage et bibliotek i *Control Builder* som kan implementeres på simulatoren. For å finne mer informasjon rundt dette anbefales det å kontakte Frode Hammerø eller Bjarte Jelle SAS lead.

For å kunne kjøre de nye sekvensene implementert i *ABB Control Builder*, må det gjøres endringer i det grafiske brukergrensesnittet i SAS systemet, slik at den nye sekvensen MKS blir tilgjengelig for operatøren. Endringene i det grafiske grensesnittet må gjøres ved bruk av visual basic og knyttes opp mot logikken i *Control Builder*. Her er det svært viktig at variabelnavn stemmer overens for å unngå feil. Når kommunikasjonen mellom den nye logikken og det grafiske grensesnittet virker, kan en starte med testing av sekvensene. Her kan det være at tidsparametere må endres eller at logikken kanskje ikke fungerer slik som planlagt etc. Ut fra testen må nødvendige endringer foretas og testes på ny.

Hvor mye raskere en kan starte anlegget med de nye sekvensene sammenlignet med de gamle, er en svært viktig test. Denne kan bare utføres etter å ha implementert sekvensene på simulator. En forutsetning må da være at anlegget er trykksatt og nødvendige forberedelser er gjennomført, samt at alle hjelpesystemer er i drift. Med utgangspunkt i dette er det i oppgaven

beregnet en teoretisk besparelse på inntil en time, dersom en skal gjenopprette produksjon med begge gasstog etter en driftsstans. Slik situasjonen er nå vil tilgangen på simulator øke etter hvert som anlegget nærmer seg oppstart i oktober 2007. Simulatoren som er laget for anlegget, vil etter at anlegget har startet produksjonen i oktober, bli flyttet til Kristiansund der en støtte gruppe for anlegget skal arbeide. I følge Aker Kværner vil simulatoren være oppdatert slik at testing kan utføres fra månedsskiftet juli/august.

Det er klart at tilgangen på simulatoren og mulighetene for å gjøre endringer direkte på simulator, er langt større når simulatoren ikke lengre skal benyttes som et opplæringsverktøy, for operatører og oppstarts rådgivere. Dette vil være avgjørende når det gjelder mulighetene for videre arbeid med implementering og testing. Selv om en ikke får testet løsningen på simulator før i august er ikke dette noe som haster. En vil ikke kunne utnytte løsningen designet i denne oppgaven fullt ut før en har fem eller flere produksjonsbrønner tilgjengelig. Dette vil først være tilfelle i løpet av første kvartal 2008, noe som innebærer at en har hele høsten på implementasjon og testing av løsningen.

Et annet aspekt som oppgaven belyser er behovet for å endre designet av interaksjonsvinduene til sekvensene. Dette er en oppgave som i samarbeid med ABB ville være til stor hjelp for brukerne av systemet og ikke minst når neste system skal lages. Det er mange punkter som har vært påpekt gjennom oppgaven. Det at en har en begrensning for hvor lange sekvens tekster en kan benytte er spesielt viktig. Etter å ha jobbet på simulatoren sammen med Shell og Hydro sine operatører over lengre tid, er sekvens tekstene fortsatt opphav til forvirring. Dette skyldes nok spesielt det at tekstene ikke har vært formulert på en konsistent måte hele veien, men i tillegg også det at en kun får presentert en begrenset tekst.

I oppgaven blir det foreslått forskjellige løsninger på disse problemene. Løsningsforslagene i oppgaven kan gjerne benyttes som bakgrunnsmateriale for et videre arbeid, men det er nok mange alternative løsninger som kan benyttes. Spesielt dette med å legge til et operatørikon er noe en bør ta med dersom en velger å jobbe videre med dette. Sekvensene designet og implementert i denne oppgaven, har etter analysegjennomgang og endringer samlet alle operatørens oppgaver i første steg i sekvensen. Ved å gjøre dette stopper ikke sekvensen underveis for å avvete operatørens handling. Dette er ikke tilfelle i de opprinnelige sekvensene som er laget for anlegget. Det er derfor et behov for varsling av operatøren når sekvensene avventer handling.

Et annet punkt som har blitt belyst gjennom oppgaven og som kan arbeides videre med, er å automatisere en større del av sekvensene. Under designarbeidet med oppgaven ble det foreslått en sekvens for å automatisk kunne øke produksjonen fra 20MSm³/sd til ønsket produksjonsrate. Denne sekvensen har, etter samtaler med operatører som skal benytte anlegget, blitt utelatt fra oppgaven. Dette er noe en kunne arbeidet videre med da begrunnelsen for å utelate sekvensen er manglende erfaringsdata fra prosessen. Slike data vil etter hvert foreligge og logikken i sekvensen kan tilpasses de erfaringer operatørene etter hvert får. Den logikken som trengs i sekvensen kan lages basert på observasjon av operatørens oppgaver ved produksjonsøkning.

Gjennom oppgaven er det laget forskjellige forslag til hvordan noen av operatørens oppgaver i forbindelse med kjøring av sekvenser kan automatiseres. Det er her flere oppgaver som er vanskelig å automatisere, da en har behov for en feltoperatør for å gjøre jobben. En av disse oppgavene er ved oppstart av eksportgass kompressorene, da operatøren må få en feltoperatør til å drenere kompressoren, før den kan settes i drift. Det diskuteres i oppgaven om det er behov for denne dreneringen og om den eventuelt kan automatiseres. Dersom en ønsker å

automatisere drenering må en inn med automatiske ventiler og på en eller annen måte klare å foreta en måling, for å vite når tanken er ferdig drenert. Slik det er i dag vil feltoperatøren åpne dreneringsventilen og kontrollere at kompressoren er væskefri før oppstart. Det er som tidligere nevnt en risiko involvert ved å gjøre dette på grunn av differensialtrykket over ventilen.

Ved et videre arbeid innen automatisering av oppstart for eksportgasskompressorene vil det å finne ut om det er et behov for manuell drenering være et viktig punkt. En kan vente til anlegget er satt i drift og foreta målinger og analyser for å kartlegge dette behovet. Skulle det vise seg at en, som ved Oseberg Delta kan sette inn "briller" vil dette føre til en stor reduksjon i oppstartstiden for anlegget. Her må det gjøres sammenligninger mellom gass spesifikasjonene for Oseberg og Ormen Lange, slik at en basert på erfaringsdataene kan foreta en beregning som viser om behovet for manuell drenering er nødvendig. For å kunne gjennomføre en slik løsning, er en avhengig av en god dialog med leverandøren av kompressorene, slik at en kan bygge opp den nødvendige forståelsen for hvordan et system for drenering må fungere med hensyn til å beholde garanti etc.

Dersom en vurderer en videre utvidelse av MKS, kunne en legge til sekvenser for oppstart av eksportgasskompressorene. Dette ville dersom det skulle la seg gjøre å automatisere oppstarten av eksportgasskompressorene, bidra til å minimalisere bemanningen, samt å redusere oppstartstiden av anlegget betydelig. Ved del automatisering av sekvenser slik det er gjort i oppgaven, anbefales det å samle alle operatørens oppgaver i første steg av sekvensen.

Samtidig som arbeidet med denne oppgaven har pågått, har Aker Kværner arbeidet med å lage en sekvens for trykksetting av anlegget. Denne sekvensen har dessverre ikke vært tilgjengelig slik at den kunne presenteres i oppgaven. Men skulle funksjonaliteten i denne sekvensen være slik at den kan brukes for å trykksette anlegget i henhold til system manual for *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*, burde denne sekvensen absolutt inngå som en del av MKS sin funksjonalitet. Et videre arbeid ville da innebære å skaffe den nødvendige dokumentasjon for denne nye sekvensen og gjøre en vurdering av sekvensen i forhold til bruk ved trykksetting i *25 systemet*. Et alternativ er å lage en egen sekvens for trykksetting av *system 25 hydrokarbongass duggpunkt*, som kan implementeres i MKS, slik at en ikke lengre er avhengig av at operatøren trykksetter anlegget for å kunne kjøre MKS.

Dersom tiden ikke var et element i oppgaven, kunne en MKS løsning for bruk ved Ormen Lange for fremtidig implementasjon innholde følgende:

- 1) En automatisk trykksettingssekvens som trykksetter *16-27 systemet*
- 2) Automatiske oppstartssekvenser for eksportgasskompressorene
- 3) Sekvens for oppstart av *system 24 gasstørking inkludert TEG regenerering*
- 4) Sekvens for oppstart av *system 20 separasjon og stabilisering*
- 5) Sekvens for å opprette resirkulasjon for begge tog med JT (*KS-25-9001 Etabler Resirkulasjon JT begge tog*)
- 6) Sekvens for å legge begge tog til eksport (*KS-25-9002 Resirkulasjon til eksport begge tog*)
- 7) Sekvens for å øke til ønsket produksjonsrate
- 8) En sekvens for å legge begge tog over fra JT til TEX (*KS-25-8007 i oppgaven KS-25-9004 Begge tog fra JT til TEX*)

Når en benytter autostarter fra MKS, oppnå en svært brukervennlig og god løsning. Dette gjøres ved at en samler alle betingelser og aksjoner som operatøren må bekrefte eller utføre i

første steg av sekvensen. Siden autostartede sekvenser begynner direkte i andre steg av sekvensen, vil ikke sekvensene som autostartes stoppe under kjøring. Det som er viktig er at alle betingelser operatøren må utføre, samles i MKS som betingelser for å aktivere autostart.

Dette er bare å regne som et forslag til hvilken funksjonalitet en kan innlemme i MKS, men det punktet som sannsynligvis vil ha det største potensialet, med unntak av løsningen laget i denne oppgaven, vil nok være å få automatisert oppstarten av eksportgasskompressorene. Skulle det vise seg at behovet for manuell drenering ikke er til stede, vil automatisering kunne gjennomføres med en ikke alt for tidkrevende implementasjon.

Dette er i hovedsak de oppgavene som er viktigst ved et videre arbeid ut fra det bakgrunns materialet som blir presentert gjennom oppgaven. På vedlagt cd ligger all dokumentasjon og kode som en trenger for å gjenskape arbeidet gjort i oppgaven.

Referanser

- [1] T.Nedregaard: Produksjon av olje og gass, Vett & viten, 2.utgave, Nesbru, 2003.
- [2] T.Onshus: Instrumenteringssystemer, Institutt for teknisk kybernetikk, 4 utgave, Trondheim, 2006.
- [3] Norwegian Technology Center NTS: NORSOK STANDARD Safety and automation system (SAS), rev.2, NTS, Majorstua, 2001.
- [4] Norwegian Technology Center NTS: NORSOK STANDARD System Control Diagrams, rev.1, NTS, Majorstua, 2001.
- [5] K.Bråten, E. Nordbø, A.C.Jenssen: Utvikling av menneske-maskin-systemer, Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller, 2001.
- [6] A.B.Aune: Bruerkommunikasjon i automatiserte anlegg, Institutt for teknisk kybernetikk, Gløshaugen, 2000.

Presentasjon vedlagt cd

Alle vedlegg ligger på vedlagt cd og er inndelt etter mappesystemet vist under. Under mappen *Dokumentasjon* finner en generell dokumentasjon som er akkumulert under arbeidet med oppgaven. Mappen *Ormen Lange Dokumentasjon* inneholder dokumentasjon kandidaten har hatt tilgjengelig under arbeidet med oppgaven. Under mappen *Sekvens Design* og *Sekvens Implementasjon* ligger alle sekvenser som er designet og implementert i denne oppgaven. I den siste av hovedfilene *Sekvenser oppdatert iht endringsforslag* finner en implementasjonsfiler og sekvensene oppdatert i henhold til endringsforslagene i analysen.

