

Rapport

Smartere transport – Møre og Romsdal: L3.1 Landbasert kontrollrom

Forfatter(e)

Lars Andreas Lien Wenersberg, SINTEF Ocean

Even Ambros Holte, SINTEF Ocean



Rapport

Smartere transport – Møre og Romsdal: L3.1 Landbasert kontrollrom

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2022 A-047	302004527-12	3.0	2022-10-17

EMNEORD:

Teknologifront,
automasjon,
kontrollrom,
arbeidsoppgaver,
funksjoner,
kommunikasjon og
operatørbelastning.

FORFATTER(E)

Lars Andreas Lien Wennersberg, SINTEF Ocean
Even Ambros Holte, SINTEF Ocean

OPPDRAGSGIVER(E)

Møre og Romsdal fylkeskommune

OPPDRAGSGIVERS REF.

Marte Berild Hjelle

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

73 + vedlegg

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-7174-437-3

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal. Hovedmålet har vært å utrede et felles kontrollromskonsept for prosjektets brukercase – Pendelfergen i Kristiansund og den hurtiggående Langevågsbåten i Ålesund.

Sentralt for konseptet er utledning av mulige krav som bør stilles til kontrollrommet og tilhørende operatører for autonom passasjertransport til sjøs, hvorpå et særlig fokus er rettet mot å avdekke hvilke oppgaver som skal utføres, hvilke hendelsestyper en operatør skal agere på, forholdet mellom frekvens og hendelsestyper, og ikke minst hva som kan sies omkring nødvendig responstid for operatør. Betragtninger er også gjort opp mot hvor mange operatører det vil være behov for, samt antakelser omkring tidsbruk for ulike aktiviteter som overvåking, styring, og andre av mer generell art.


Rapporten gir totalt sett grunnlag for identifisering av prioriterte satsninger som er nødvendig for å kunne realisere et kontrollromskonsept for autonom passasjertransport til sjøs med autonomigrad 3-4 som beskrevet i Smartere Transport L2.2.

**UTARBEIDET AV**


Lars Andreas Lien Wennersberg

**KONTROLLERT AV**

Marianne Hagaseth


Marianne Hagaseth (Nov 1, 2022 19:39 GMT+1)**GODKJENT AV**

Lars Magne Nonås


Lars Magne Nonås (Nov 3, 2022 16:11 GMT+1)

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2022-08-25	Rapportutkast sendt for internt kvalitetssjekk.
2.0	2022-08-31	Utkast sendt til oppdragsgiver for kommentering.
3.0	2022-10-17	Endelig versjon oversendt oppdragsgiver.

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	5
2	Innledning	10
2.1	Prosjektbakgrunn	10
2.2	Bruker caser	11
2.3	Rapportens formål, omfang og avgrensninger	12
3	Metode	14
4	State-of-the-Art – kontrollrom for autonome passasjerskip	16
4.1	Avgrensning av kontrollrommets ansvarsområder	16
4.2	Interaksjon mellom menneske og teknologi i kontrollrom	17
4.3	Nye oppgaver og nye roller – Behov for utdanning	19
4.4	Kvalifikasjonskrav og formelle utdanningsprogram	21
4.5	Standarder og regelverkskrav som påvirker bygging og drift av kontrollrom	22
4.6	Forretningsmodeller og driftsorganisasjon	23
4.7	Erfaringer fra pågående industriprosjekter	25
4.8	Oppsummering	26
5	Spesifisering av kontrollrommets ansvarsområde	27
5.1	Oppdragsbeskrivelse for kontrollrommet	27
5.2	System- og kontekstbeskrivelse	27
5.3	Oppdragsfaser for brukercasene	29
5.4	Fasemønstre	31
5.5	Funksjonsbeskrivelse	34
5.6	Systemoppgaver og avgrensning av kontrollromoperatørens ansvar	35
6	Kontrollromsoperatørens oppgaver	37
6.1	Kategorisering av oppgaver	38
6.2	Vurdering av oppgaver og sammenhenger mellom disse	39
6.3	Oppgavenes relasjon til læringsfase og overgang til autonom operasjon	40
7	Kommunikasjon mellom kontrollrom og andre systemer og aktører	41
8	Operatørbelastning og responstid	43
9	Konklusjon og videre utviklingsbehov	47
10	Referanser	51
A	Appendiks: Bakgrunnsinformasjon	54
A.1	Terminologi, begreper og konsepter	54

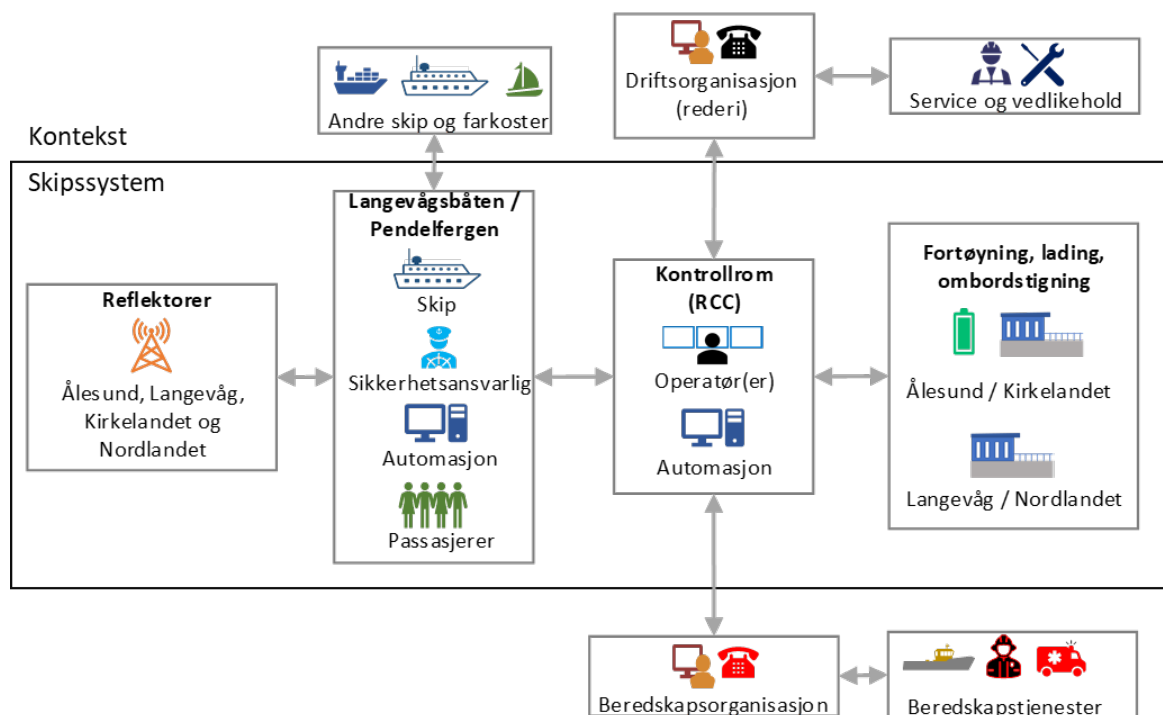
A.2	Rutetabeller	55
A.3	Driftsprofiler.....	56
A.4	Notasjon for beskrivelse av oppdragsfaser.....	57
A.5	Bekrivelse av oppdragsfaser for Langevågsbåten.....	58
A.6	Beskrivelse av oppdragsfaser for Pendelfergen.....	59
A.7	Funksjonsbeskrivelse	60
B	Appendiks: Detaljert oversikt over systemoppgaver	66
C	Appendiks: Detaljert oppgavebeskrivelse for kontrollromoperatør	68
C.1	SO1 - Automatisk seilas (AUTO)	68
C.2	SO3 – Planlegging og avvikshåndtering for seilas (MANUELL).....	68
C.3	SO4 – Nautisk kommunikasjon (SEMI).....	70
C.4	SO5 – Fortøyning ved kai (SEMI).....	70
C.5	SO6 – Automatisk fortøyning til og fra kai (AUTO)	70
C.6	SO8 – Automatisk stabilitetsmonitorering ved kailigge og seilas (AUTO)	71
C.7	SO10 – Automatisk maskineristyring ved kailigge og seilas (AUTO).....	71
C.8	SO13/17 – Manuell styring av skip i nødsituasjon (MANUELL)	72
C.9	SO19 – Nautisk kommunikasjon i nødsituasjon (MANUELL)	72
C.10	SO22 – Semiautomatisk styring av maskineri og teknisk utstyr i nødsituasjon (SEMI)	73
C.11	SO23 – Semiautomatisk sikkerhets og krisehåndtering (SEMI)	73

1 Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal, én av fem fylkeskommuner premiert i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge". Prosjektet har i en tidligere rapport (L2.2) konkludert med at det er realistisk å realisere en sjøverts passasjertransportløsning i skjæringspunktet mellom autonomnivå 3 og 4. Dette under forutsetning av en trinnvis innføring av autonomi, tilstedeværelse av én sikkerhetsansvarlig ombord skipene, samt at driften av skipene støttes av et landbasert kontrollrom. Med dette som utgangspunkt er formålet med denne rapporten å beskrive et konseptforslag for et felles landbasert kontrollrom for prosjektets to brukercaser; Langevågsbåten (hurtigbåt fra Ålesund til Langevåg) og Pendelfergen (fra Nordlandet til Kirkelandet i Kristiansund). Merk at seksjon 9 gir en mer utfyllende oppsummering av hovedresultatene sammen med de viktigste utviklingsbehovene som må prioriteres for å kunne realisere et kontrollrom innenfor anbefalt tid i Smartere Transport.

Samtaler som prosjektet har gjennomført med ulike aktører har avdekket at det per i dag er begrenset med kontrollromserfaring fra operasjon av autonome skip. Et annet viktig aspekt er at dette med kontrollrom – avhengig av den spesifikke operasjonen – har et stort utfallsrom mht. ulike operasjonsmodeller, fysisk utforming, menneske-maskin interaksjon, etc. Fra industrien sin side er norske Massterly og belgiske Seafar to aktører som har tatt en tydelig markedsposisjon som fremtidig leverandør av kontrollromstjenester for maritim transport. Riktignok er begge disse aktørene hovedsakelig innrettet mot godstransport, men mye av deres tilnærming antas overførbart til operasjon, overvåkning og manøvrering av ferger og rene passasjerskip.

Hovedoppdraget til kontrollrommet er i dette arbeidet definert som å gi nødvendig navigasjonsstøtte til prosjektets to brukercaser for sikker drift av skipene som påkrevd av myndigheter. I tillegg skal kontrollrommet bidra med å sikre krav til driftstid og regularitet som definert av kontrakt med oppdragsgiver og som forventet av passasjerer. Merk at passasjersikkerhet ved kritiske hendelser ivaretas ved involvering av beredskapsorganisasjon og sikkerhetsansvarlig om bord skipene. Det resulterende kontrollromkonseptet kan på et overordnet nivå beskrives av figuren under. Her vises sammenhengen mellom kontrollrommet og de andre aktørene og systemene som er involvert i driften av prosjektets brukercaser. Denne oppdelingen er viktig fordi den danner grunnlaget for hva som er antatt inkludert i kontrollrommet og ikke, hvem kontrollrommet skal kommunisere med og hvilke oppgaver det skal tillegges.



Rapporten argumenterer for etablering av ett felles kontrollrom for prosjektets to brukercaser, og at dette kan realiseres innenfor tidshorizonten som beskrevet i rapport L2.2 (dvs. frem mot 2030). Kontrollrommet skal kunne driftes med én enkelt operatør per skift, da under forutsetning om at følgende identifiserte utviklingsbehov prioriteres:

- Utvikle skipsautomasjon til et nivå som gjør den i stand til å melde fra til kontrollromsoperatør ved behov for manuell fjernstyring eller ved behov for at kontrollromsoperatør må vurdere informasjon når skipsautomasjonen gi beskjed om dette.
- Utvikle god forståelse for hva som er realistiske responstider for en kontrollromsoperatør ved ulike operasjonelle scenarier.
- Validere kontrollromsoperatørens formelle kompetansebehov sammen med de oppgavene som de settes til å utføre.
- Utvikle tilpassede grensesnitt mellom kontrollromoperatør og automasjonssystemer som reduserer informasjons-overbelastning og minimerer kjedsomhet. Herunder fysisk utforming og visualisering. Dette er også sterkt knyttet til hvilke oppgaver kontrollromoperatøren skal utføre.
- Definere tydelige kommunikasjonsprotokoller mellom de aktørene som er involvert i driften av skipene, både i normalsituasjon og ved nødsituasjoner. Dette gjelder spesielt til og fra kontrollromoperatør (og sikkerhetsansvarlig som ble omhandlet i L2.2) da disse vil inneha nye roller sammenlignet med konvensjonelle skip.

En gradvis innføring av kontrollrom bør legges til grunn, mye grunnet behovet for stegvis innføring av autonomi generelt. Dette innebærer at for en innledende fase vil et kontrollrom egentlig ikke ha noen reell funksjon mht. selve skipsoperasjonen, men bør likevel etableres for å sikre erfaring og kunnskapsoppbygging. En gradvis overføring av funksjoner og oppgaver fra skip til kontrollrom fremstår dermed som en fornuftig tilnærming. I praksis betyr dette at man vil ha en overgangsfase fra oppstart der operatør utfører planlagte sjekker av utstyr og tilstand til automasjonssystemet, til en fase der automasjonssystemet i større grad ber om validering og vurdering av informasjon, til en siste fase hvor man

for det meste belager seg på at automasjonen er i stand til å vite og gi beskjed til operatør når det er behov for inngripen og manuell styring.

Vedrørende fysisk utforming og instrumentering består kontrollrommet primært av nødvendig utstyr for prosessering, visualisering og behandling av data mht. hva en operatør har behov for. I tillegg består senteret av kommunikasjonsmidler mot nødvendige aktører. I dette tilfellet er det vurdert at rederi- og beredskapsorganisasjonen ikke skal være en del av kontrollrommet, hvorpå følgende hovedargumentet løftes frem:

- Fremstår som lite hensiktsmessig å bygge opp en permanent beredskapsorganisasjon for to brukercaser, evt. på sikt – også for hvert kontrollrom.
- Dersom en hendelse inntreffer for et av skip/rutene forutsettes det at kontrollrommet må ha uforandret tilgjengelig kapasitet for ivaretagelse av sikker og effektiv operasjonen ved øvrige skip/ruter.
- Det er antatt hensiktsmessig å legge denne funksjonen til en profesjonell aktør med spisset erfaring og kompetanse for å ivareta trygg og effektiv bistand ved en sikkerhetskritisk hendelse. Herunder koordinering mot øvrige beredskapsaktører som bl.a. Hovedredningssentralen og Kystverket.
- Fremstår som lite hensiktsmessig å samle to rederier under samme tak.
- Geografisk spredning på brukercasene og rederiene tilsier at kontrollrommet ikke nødvendigvis trengs å plasseres der skipene og rederikontorene er.

Med hensyn til videre kost-nytte analyser og tilhørende vurderinger omkring etablering og operasjon av et felles kontrollcenter for brukercasene, er følgende punkter fra denne rapporten viktig å hensynta:

- Kostnadsberegningen bør ta utgangspunkt i best-case med én operatør per skift, men på grunn av usikkerhet bør det også vurderes å gjennomføre en beregning med to operatører, eller eventuelt en sensitivitetsanalyse for å finne ut hvor kostnadsgrensen ligger.
- Kontrollrommet er forutsatt som en delt funksjon for ivaretagelse av operasjonelle behov for begge rederiene.
- Beredskapstjenester er ikke inkludert i kontrollrommet og dermed forutsatt som innleid tjeneste.

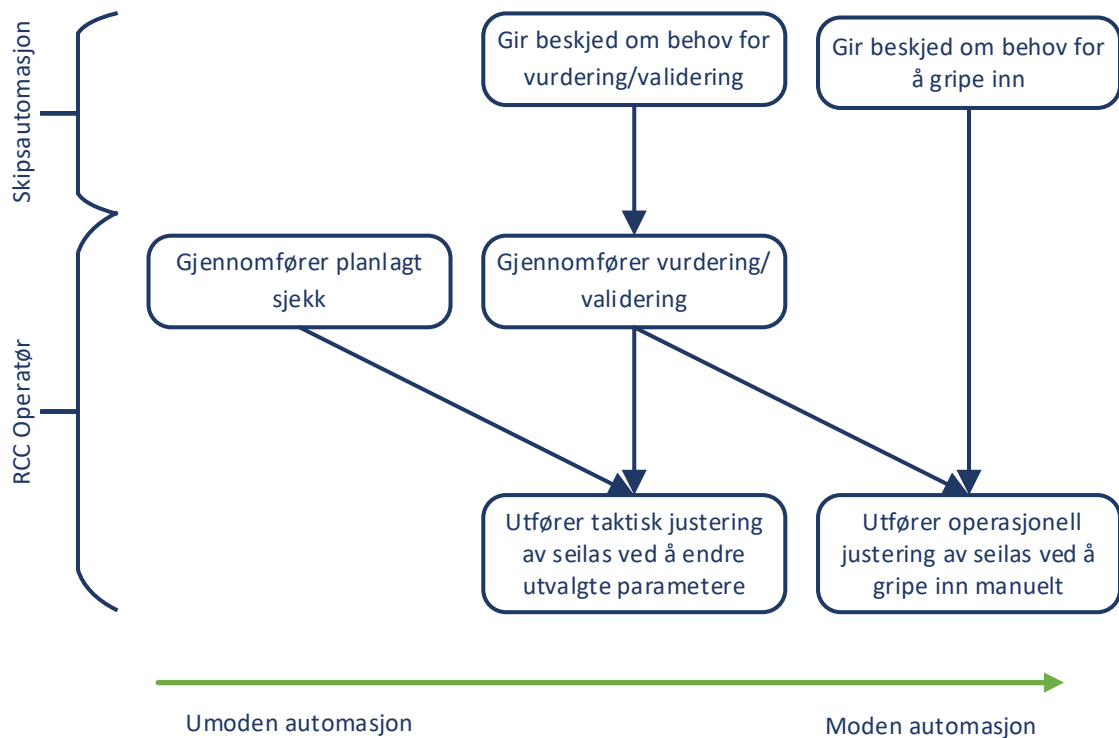
Rapporten viser at relevant kompetanse for kontrollromsoperatører er knyttet til seilende virksomhet. Samtidig kan også system- og elektrikerkompetanse være relevant, men sistnevnte er ikke vektlagt som nødvendig ettersom det er forutsatt at elektrikerkompetanse skal dekkes av serviceresurser som er raskt tilgjengelig. Samtidig bemerkes det at formelle utdanningsprogram er under utvikling hos flere aktører, og likeså definering av nødvendig kompetansebilde for operatører generelt. Kontrollromoperatørens oppgaver, som ligger til grunn for overnevnte anbefalinger, har blitt definert og delt inn i følgende hovedkategorier:

- *Kommunikasjon og meldinger:* Utveksling av nautisk informasjon i normal- og nødsituasjoner, rapportering, bistandsforespørsler til beredskapsorganisasjon, og avklaringer med sikkerhetsansvarlig om bord.
- *Planlagte oppgaver:* Består i hovedsak av prosedyresjekk av utstyr, planlagt sikkerhetspatroljering via CCTV (kamerabasert visuell overvåkning) og ajourføring og kvalitetssikring av logger og rapporter. I utgangspunktet bør det søkes å minimere planlagte oppgaver da de vil låse operatøren over et gitt tidsrom. En planlagt oppgave kan resultere i en taktisk justering som beskrevet nedenfor.
- *Uplanlagte oppgaver:* Består i hovedsak av oppgaver knyttet til behov for vurdering/validering av informasjon og behov for inngripen, hvorpå automasjonen om bord eller ved kai gir beskjed til operatør. Både under normale driftssituasjoner, men også i tilfelle nødsituasjoner eller sikkerhetskritiske hendelser. Oppgavene defineres som uplanlagte da tidspunkt for utførelse ikke

kan planlegges. De uplanlagte oppgavene kan resultere i både en taktisk justering og en operasjonell justering.

- *Taktisk justering*: En taktisk justering er et resultat av både planlagte og uplanlagte oppgave. Operatøren anser at krav til sikkerhet, driftsstatus eller regularitet kan opprettholdes ved å gjøre enkle justeringer av parametersettet til skipet. Dette kan for eksempel være å justere avgangstid, redusere øvre grense for seilingshastighet eller justere ned tilgjengelig tid for neste ladeoperasjon.
- *Operasjonell justering*: Et resultat av uplanlagte oppgaver. Den operasjonelle justeringen utføres som en manuell inngripen i styring av skipet eller dets delsystemer dersom skipsautomasjonen ber om inngripen fra operatør. Samtidig kan operatør også selv velger å gripe inn, da som et resultat av vurdering/validering av informasjon gjort tilgjengelig.

Sammenhengen mellom planlagte og uplanlagte oppgaver som kan lede til taktisk eller operasjonell justering av seilas er vist i figuren under.



Merk at det er primært uplanlagte oppgaver som fører til at en operatør må utføre en operasjonell justering via manuell inngripen. I prinsippet er dette ikke ulikt konvensjonell operasjon av et skip, hvor brobesetning også varsles om uplanlagte hendelser via alarmer. Den vesentlige forskjellen ligger i at skipsbroen ikke er tilknyttet selve skipet, noe som medfører større avstand mellom operatøren og den faktiske situasjonen om bord. Denne avstanden fører til økt forventet responstid. Det vil derfor være nødvendig å sikre at automasjonen klarer å opprettholde sikker drift i den forventede økte responstiden etter at forespørsel om bistand er gitt. Disse fristene er de operatøren må forholde seg til mtp. å sette seg inn i en gitt situasjon som utløst av alarm, og deretter utføre riktige taktiske eller operasjonelle korrigerende tiltak. Her vil også effektive løsninger for rask etablering av situasjonsforståelse ved kontrollrom være avgjørende.

Oppgavene som er spesifisert for kontrollromoperatøren i denne rapporten er i stor grad ulike de oppgavene som er spesifisert for sikkerhetsansvarlig i Smartere Transport L2.2. Hvorvidt sikkerhetsansvarlig kan fungere som reserverressurs for kontrollromoperatør, både med hensyn til avlastning av arbeidsoppgaver, men også for å bistå i situasjoner der begge brukercasene har behov for støtte fra kontrollsenteret samtidig, blir et spørsmål om hvilke kvalifikasjoner man ønsker at sikkerhetsansvarlig skal ha utover det som er definert i Smartere Transport L2.2.

Mtp. bygging av erfaringsbasert kunnskap og kompetanse knyttet til utvikling, bygging og drift av autonome passasjerskip, ansees realisering av pilot-prosjekter som helt sentralt. Dette på lik linje med tilsvarende pilot-prosjekt gjennomført for ulike løsninger for null-utslipps fremdriftssystemer. Pilot-prosjektene nevnt i tabellen nedenfor fremstår derfor som sentrale og vil bringe verdifulle erfaringer innen tema som:

- Hvilke oppgaver som en operatør skal utføre, og hvilke hendelsestyper det skal ageres på.
- Retningslinjer for overføring av ansvar mellom automasjon og mennesket, samt ansvarsforhold.
- Antall kontrollromoperatører vs. operasjon av antall skip eller samband.
- Om kontrollromoperatør og sikkerhetsansvarlig på skip kan være redundante ressurser ved behov, og evt. på hvilken måte.
- Hvilke oppgaver ved kontrollrom som kan utføres i parallell og ikke.
- Føringer til fysisk utforming og visualisering som ivaretar rask etablering av situasjonsforståelse og dermed kort responstid.
- Nødvendig responstid for operatør ved kontrollrom ved ulike hendessscenarier.
- Nødvendig kompetanse hos kontrollromoperatør for ivaretagelse av trygg og effektiv operasjon.
- Relevante operasjons- og forretningsmodeller, og dermed også innspill til oppdaterte kostnøytteanalyser.

Pilot	Kontrollromoperatør	Antatt operativ	Rute
Yara Birkeland	Massterly	Høst 2022	Brevik – Larvik – Porsgrunn
ASKO sjødroner	Massterly	Høst 2022	Moss – Horten
Ekornes sjødrone	Massterly	Høst 2024 (estim.)	Sykkylven – Ålesund
milliAmpere 2	NTNU	Høst 2022 (prøvedrift)	Kanalkryssing – Trondheim
Sundbåten	Ukjent	2023/24 (tentativ)	Kr.sund havnebasseng
Zeabuz	Ukjent	Sommer 2023	Stockholm – kanakryssing
Hyke	Ukjent	2023	Fredrikstad – kanakryssing

Rapportens innhold og resultater er basert på en kvalitativ analyse av informasjon som er innhentet gjennom offentlig tilgjengelige dokumenter og forskningslitteratur, informasjon som er innhentet spesifikt fra de to brukercasene og som ikke er offentlig tilgjengelig, samt gjennom semistrukturerte intervjuer og samtaler med sentrale aktører innen industri og forskning. I tillegg har prosjektet hentet innspill fra Sjøfartsdirektoratet gjennom deltakelse i ulike nettverksmøter, seminarer og aktivitet tilknyttet øvrige prosjekter. Vurderingene knyttet til fremlagte kontrollromkonsept er også basert på resultater fra Smartere Transport rapport L2.2 - Valg av autonomitetsgrad for fartøykonsept. Som en videreføring av dette arbeidet, og spesifikt for utledning av krav til kontrollrom og anslag omkring bemanning er det tatt utgangspunkt i en metodikk som er foreslått for å utarbeide CONOPS¹-beskrivelser av autonome skipssystemer.

¹ CONOPS er en detaljert beskrivelse av hele operasjonen til skipet, og skal bl.a. dekke fordeling av funksjoner mellom menneske og automasjon, skipsrute, type operasjon, grad av autonomi, tiltenkte bemanningsoppgaver og løsninger for kommunikasjon. En mer detaljert oversikt finnes i Sjøfartsdirektoratets Rundskriv RSV 12-2020.

2 Innledning

Seksjon 2 introduserer de aktuelle brukercasene som er lagt til grunn for arbeidet knyttet til utledning av selve kontrollromskonsept, samt rapportens formål, omfang og avgrensning. Seksjon 3 beskriver metoden lagt til grunn for arbeidet. Eksisterende kunnskap og problemstillinger fra vitenskapelig litteratur og offentlige kilder som er relevant for konseptutredning av kontrollrom blir diskutert i Seksjon 4. Videre blir ansvarsområdet til kontrollrommet spesifisert i Seksjon 5 og oppgavene til kontrollromsoperatøren definert og diskutert i Seksjon 6. Seksjon 7 tar for seg kommunikasjon og meldingsutveksling, og gir et forslag på hvilke meldinger en kontrollromsoperatør må utveksle med ulike aktører over hvilke kommunikasjonsmidler. Den resulterende arbeidsbelastningen på kontrollromsoperatøren med tilhørende krav til responstid diskuteres i Seksjon 8. Til slutt oppsummerer Seksjon 9 hovedresultatene sammen med de viktigste utviklingsbehovene som må prioriteres for å kunne realisere et kontrollrom innenfor anbefalt tid i Smartere Transport.

2.1 Prosjektbakgrunn

Som beskrevet i Hovedprosjektplanen ble Møre og Romsdal fylkeskommune som en av fem fylkeskommuner premiert i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge", hvor hovedmålet er å: "Gjennomføre en mulighetsstudie for et helt nytt og banebrytende konsept for sømløs persontransport basert på autonome, sjøverts transportløsninger".

Prosjektet fokuserer på persontransportsystem for henholdsvis Ålesund (Langevågsbåten) og Kristiansund (Pendelfergen), men resultatene skal også være anvendbare for andre geografiske områder. I tillegg skal de være skalerbare med tanke på systemets kapasitet til å håndtere ulike trafikk- og reisemønstre (f.eks. variasjon i antall reisende over tid, rutevalg, reisevaner og reisemiddelfordeling). Det er også ønskelig at prosjektets løsninger skal kunne løftes over til utviklingen av autonome riksvegferger. Prosjektet består av totalt 4 arbeidspakker (WP), hvor fokus for denne rapporten er WP3 og aktivitet A3.1 (Tabell 1).

Tabell 1: Smartere transport - arbeidspakkestruktur

Arbeidspakke	Aktivitet
WP1 – Prosjektavgrensning	A1.1 Ståstedsanalyse
	A1.2 Beskrivelse av brukercase
WP2 Mulighetsstudie autonome fartøy	A2.1 Skalerbare fartøyskonsepter
	A2.2 Autonome/semi-autonome operasjoner
	A2.3 Framdrifts- og energisystem
	A2.4 Dokking, ombordstigning og evakuering
	A2.5 Ombordsystem og beslutningsstøtte for sikker operasjon
	A2.6 Kost-nytteanalyser
WP3 Landbasert digital og fysisk infrastruktur	A3.1 Landbasert kontrollrom
	A3.2 Sikker dokking og ombordstigning
WP4 Sikkerhet og beredskap	A4.1 Cyber security
	A4.2 Regulatoriske utfordringer
	A4.3 Sikre transportløsninger

Med utgangspunkt i målet til hovedprosjektet og resultater fra delaktivitetene A1.1 Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2019), A2.2 Autonome/semi-autonome operasjoner (Holte & Wennersberg, 2021), og de definerte brukercasene fra A1.2 (Kleppe et al., 2019), så skal denne aktiviteten ta stilling til problemstillinger knyttet til å utvikle et konseptuelt løsningsforslag for et felles kontrollrom til prosjektets to brukercaser. Hovedfokus er rettet mot aktuelle roller, funksjoner og prosedyrer for samhandling mellom kontrollrommet, det autonome skipet og øvrige involverte aktører. Rapporten ivaretar også nødvendige hensyn knyttet til sikkerhet for passasjerer og omkringliggende miljø.

2.2 Brukercaser

Prosjektet har i hovedsak definert to brukercase, ett for Ålesund og ett for Kristiansund. Prosjektrapporten L2.1 – Skalerbare fartøyskonsept gir en detaljert innføring i disse (Borgen, et al., 2022), hvorpå en kortfattet beskrivelse er gjengitt nedenfor.

Brukercase Kristiansund – Pendelferge mellom Nordlandet og Kirkelandet

Den foreslåtte pendelferge (rød linje i Figur 1) er en helt ny mobilitetsløsning for Kristiansund, og representerer en effektiv løsning for passasjertransport mellom Nordlandet og Kirkelandet (sentrum Kristiansund). En slik løsning vil potensielt gi et betydelig bidrag for å avlaste dagens veibaserte trafikk fra Nordlandet og omegn, og inn til Kirkelandet. Det presiseres at en slik løsning skal være et supplement til den eksisterende Sundbåten (svart stiplet linje i Figur 1).

I denne rapporten er det antatt at Pendelfergen går i rute fra 06:30 om morgenen til 20:30 om kvelden og vil ha totalt 10 timer nattligge med lading på Kirkelandet. På samme måte er det forutsatt at Pendelfergen opereres med en frekvens på 15 minutter per tur/retur i rushtiden og 30 minutter per tur/retur ut over dette. Antatt rutetabell og driftsprofil finnes i henholdsvis Appendiks A.2 og A.3.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Skipskonsept: pendelferge, saktegående • Fartsområde: 1 • Estimert seilingstid (rød linje): ca. 5 min • Kapasitet: 99 pax | <ul style="list-style-type: none"> • Estimert snutid: 5 min • Seilingsdistanse: ca. 550 m • Estimert seilingshastighet: 5-8 knop • Fremdrift: Batteri-elektrisk |
|--|---|


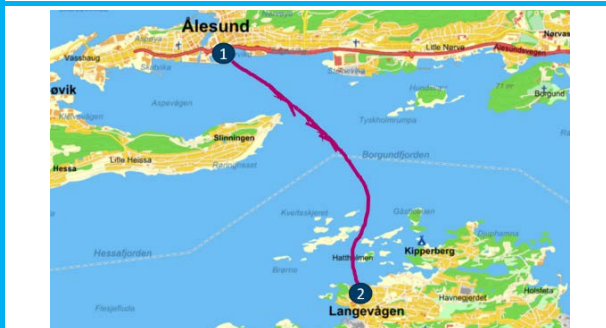


Figur 1: Mulig fartøyskonsept for pendelferge Kristiansund (Illustrasjon: Møre Maritime).

Brukercase Ålesund – Hurtigbåt Ålesund-Langevåg

Brukercase for Ålesund representerer en betydelig modernisering av eksisterende hurtigbåtsamband mellom Ålesund og Langevåg. Dagens rute (se Figur 2) er omtalt som en pendlerrute, noe analyser av passasjerstastikk gir et tydelig inntrykk av (Borgen, et al., 2022). Pågangen av passasjerer er størst om morgenen og på ettermiddagen. Det vil derfor være et betydelig behov for å opprettholde denne tjenesten også i fremtiden.

I denne rapporten er det antatt at Langevågsbåten går i rute fra 06:30 om morgenen til 20:30 om kvelden og vil ha totalt 10 timer nattligge med topplading Ålesund. På samme måte er det forutsatt at Langevågsbåten opereres med en frekvens på 30 minutter per tur/retur i rushtiden og 60 minutter per tur/retur ut over dette. Antatt rutetabell og driftsprofil finnes i henholdsvis Appendiks A.2 og A.3.

<ul style="list-style-type: none"> • Skipsdesign: katamaran, hurtiggående • Fartsområde: 1 • Estimert seilingstid: 10 minutter • Kapasitet: 148 pax/ 2 skip a 99 pax 	<ul style="list-style-type: none"> • Seilingsdistanse: 3,8 km • Estimert snutid: 5 min • Estimert hastighet: +/- 20 knop • Fremdrift: Batteri-elektrisk
	

Figur 2: Mulig fartøyskonsept for hurtigbåt Ålesund (Illustrasjon av fartøyskonsept: Br. Aa).

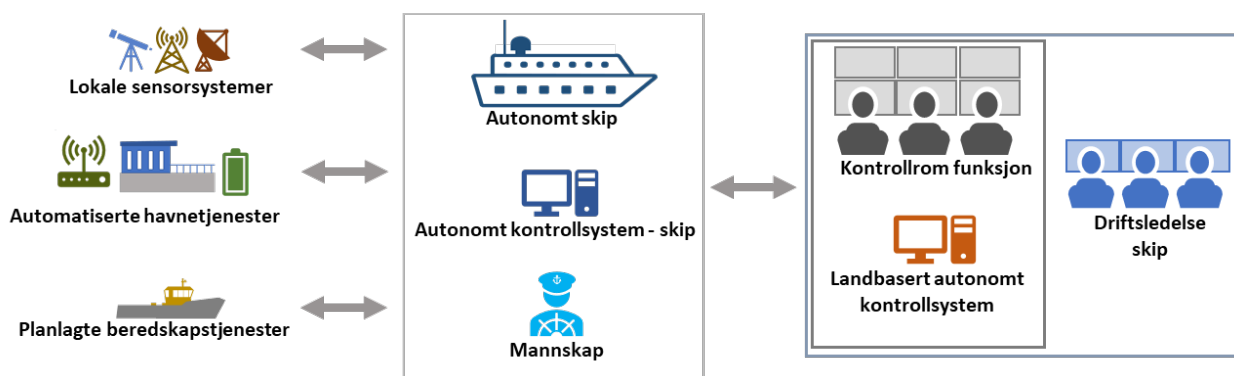
2.3 Rapportens formål, omfang og avgrensninger

Det er naturlig å ta utgangspunkt i en overordnet og entydig beskrivelse av hva et kontrollrom er for å kunne utarbeide et konseptuelt løsningsforslag for selve konseptet. Det gjelder spesielt med hensyn til hvilke funksjoner og oppgaver som kontrollrommet skal dekke, men også relasjonen til og kommunikasjon med aktører som er involvert i driften av skipene, eller som på en eller annen måte berøres av driften.

ISO definerer et kontrollrom (eng: remote control centre) som en fysisk lokasjon som ikke er en del av skipet, og som har mulighet til å overvåke og ta kontroll over hele eller deler av skipets funksjoner (ISO, 2022). Definisjonen til EU-prosjektet AUTOSHIP stemmer overens med dette, samtidig som det bemerkes at kontrollrommet også kan overvåke og kommunisere med øvrig konvensjonell skipstrafikk (Rødseth, et.al, 2020b). Ifølge DNV (2021) er et kontrollrom definert teknisk sett som ikke en del av skipet, og kan være plassert om bord i et skip eller på land. Det skal ha evne til å overvåke og overta kontroll av ett eller flere skipsoperasjoner, system og bevegelser. Dermed må det følgelig være utstyrt med personell og utstyr som muliggjør dette til enhver tid. I så måte er kontrollrommets hovedfunksjon å ivareta sikker og trygg seilas gjennom mulighet til å agere dersom en uforutsett hendelse skulle inntreffe, og som ikke kan eller bør håndteres av skipets automasjonsløsning (Dybvik, et al., 2020; Holte og Wengersberg, 2021). Denne rapporten konkretiserer hva formålet med det spesifikke kontrollrommet i Smartere Transport er, og definerer dets ansvarsområde og kontrollromoperatørens oppgaver.

Hovedkomponentene i det foreslåtte kontrollromskonseptet er illustrert i Figur 3. Pilene illustrerer hvilke komponenter og aktører som et kontrollrom må forholde seg til, hovedsakelig gjennom kommunikasjon. Konseptet som fremlegges tar utgangspunkt i Smartere transport rapport L2.2 - Valg av autonomitetsgrad for fartøyskonsept (Holte & Wengersberg, 2021), med et hovedfokus på autonom operasjon i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4 (Sjøfartsdirektoratet, 2020). Argumentasjon for inndeling av system- og kontekstkomponenter blir gitt i seksjon 5.

Samtidig vil etablering av et kontrollrom med ansvar for flere ruter også være svært relevant og anbefalt etablert i forbindelse med læringsfasen. Dette for å høste erfaringsbasert kunnskap bl.a. knyttet til dag-til-dag operasjon, samhandling og kommunikasjon mellom involverte aktører, samt uplanlagte og potensielt sikkerhetskritiske hendelser. Et verdifullt aspekt når man går over til autonom operasjon i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4, hvor etablering av kontrollrom fremstår som en nødvendighet.



Figur 3: Hovedkomponenter til et autonomt skipssystem (Kilde: Rødseth, et al. 2021b).

Sentralt for konseptet er utledning av krav som man skal stille til kontrollrommet og tilhørende operatører for autonom passasjertransport til sjøs, hvorpå et særlig fokus er rettet mot besvarelse av følgende spørsmål:

1. Hva vil kreves av kontrollromsoperatør(er)?
 - a. Hvilke oppgaver skal operatøren(e) utføre?
 - b. Hva skal operatøren(e) agere på - hendelsestyper?
 - c. Hva er forhold mellom frekvens og hendelsestyper?
 - d. Hva kan vi si om nødvendig responstid for operatøren(e)?

2. Hvor mange operatører vil det være behov for i et felles kontrollrom for hurtigbåten og pendelfergen?
 - a. Hvor mye tid går med til overvåking, styring, ulike faser osv.?
 - b. Kan oppgaver utføres i parallell?
 - c. Kan man, og i så fall hvordan, prioritere mellom hurtigbåten og pendelfergen?
 - d. Kan operatør i kontrollrom og sikkerhetsansvarlig på skip være redundante ressurser ved behov?

Rapporten gir totalt sett grunnlag for identifisering av prioriterte satsninger som er nødvendig for å kunne realisere et kontrollromskonsept for autonom passasjertransport til sjøs med autonomigrad 3-4 som beskrevet i Smartere Transport L2.2.

3 Metode

Rapportens innhold er basert på en kvalitativ analyse av informasjon som er innhentet gjennom offentlig tilgjengelige dokumenter og forskningslitteratur, informasjon som er innhentet spesifikt fra de to brukercasene og som ikke er offentlig tilgjengelig, samt gjennom semistrukturerte intervjuer og samtaler med sentrale aktører innen industri og forskning. I tillegg har prosjektet hentet innspill fra Sjøfartsdirektoratet gjennom deltakelse i ulike nettverksmøter, seminarer og aktivitet tilknyttet øvrige prosjekter. Intervjuprosessen ble gjennomført etter følgende steg:

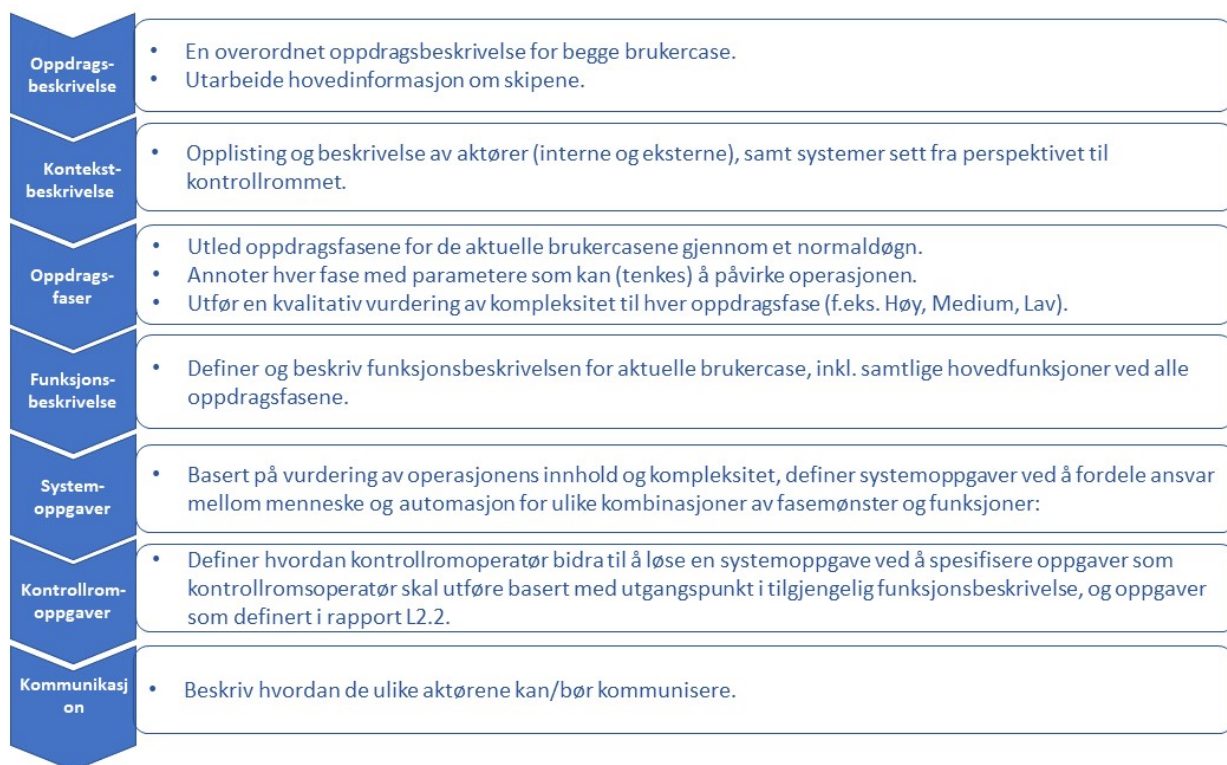
1. Identifisering av aktuelle selskap og kandidater for intervju.
2. Identifisering av relevante spørsmål og utarbeidelse av intervjuguide. Dette for å sikre at sentrale problemstillinger og kartlegging av teknologistatus ble avdekket og belyst.
3. Gjennomføring av intervju med utgangspunkt i intervjuguiden.

Vurderingene knyttet til fremlagte kontrollromskonsept er også basert på resultater fra arbeidet med utarbeidelse av prosjektrapport L2.2 - Valg av autonomitetsgrad for fartøykonsept (Holte & Wengersberg, 2021). I nevnte rapport ble det gjennomført en analyse med hensyn til hvilke oppgaver om bord som lar seg automatisere, men også oppgaver som er mer utfordrende og dermed fortsatt vil kreve utførende bemanning. Gjennom dette arbeidet ble det også gjennomført vurderinger omkring deling av funksjoner og ansvar mellom kontrollrom og resterende bemanning om bord.

Som en videreføring av dette arbeidet, og spesifikt for utledning av krav til kontrollromsoperatør og anslag omkring bemanning (ref. spørsmål 1. og 2. i kap 2.4), er det tatt utgangspunkt i en metodikk som er foreslått for å utarbeide CONOPS-beskrivelser av autonome skipssystem (Hagaseth et al., 2022; Rødseth et al., 2021c, Wengersberg et al., 2020a, Wengersberg, et al., 2021). Denne metodikken anvender terminologi og prinsipper for grad av automasjon og grad av operatørkontroll (ISO, 2022; Rødseth et al., 2021a; Rødseth et al., 2021b), og fra Sjøfartsdirektoratet (2020) som også er brukt som utgangspunkt i tidligere prosjektrapporter i Smartere Transport. Merk at terminologi og begreper knyttet til autonome skip er under kontinuerlig utvikling, og at per dags dato så er det mest oppdaterte og komplette forslaget til terminologi gitt av ISO/TS 23860 *Vocabulary related to autonomous ship systems* (ISO, 2022).

Den foreslåtte metodikken tar i utgangspunktet for seg et helt autonomt skipssystem, hvor hovedformålet er å spesifisere de ulike *systemoppgavene* som det autonome skipssystemet skal utføre. En systemoppgave utføres av automasjon og menneske, sammen eller alene, for å håndtere en gitt funksjon (f.eks: navigasjon) for et gitt fasemønster (eks: transitt) innenfor operasjonsenvelopen. En systemoppgave kan spenne over flere funksjoner og fasemønstre. Et eksempel på dette er at en systemoppgave (*SO_i*) skal håndtere funksjonen manøvrering i fasemønster transitt helautomatisk innenfor operasjonsenvelopen, og samtidig gi beskjed til kontrollromsoperatør om å ta over manøvrering dersom betingelsene for automatisk styring brytes.

Dette arbeidet fokuserer på kontrollrommet, og vi vil derfor avgrense systemoppgavene til de delene som kontrollromsoperatør er involvert i. Dette gjøres ved å definere hvilke oppgaver kontrollromsoperatøren må utføre for å bidra til å løse en gitt systemoppgave. Øvrige oppgaver som andre aktører utfører for å løse en systemoppgave vil ikke bli beskrevet i denne rapporten. Metoden kan beskrives med følgende steg:



Figur 4: Metodikk for utarbeidelse av overordnet CONOPS-beskrivelse og spesifisering av krav for kontrollrommet.

4 State-of-the-Art – kontrollrom for autonome passasjerskip

En naturlig del av den økte interessen rundt utvikling og realisering av lav- og ubemannende autonome transportløsninger på sjø er knyttet til menneskets evne til å overvåke og overstyre operasjonen fra et kontrollrom. Kontrollrommet er dermed et sentralt punkt i transportsystemet hvor det pågår mye forskning med betydelig aktivitet hos både industri og ulike FoU institusjoner. Hovedvekten av denne aktiviteten har så langt vært knyttet til spesifikke pilot-prosjekt og transport av gods på sjø (ref. Yara Birkeland. og ASKO), mens transport av passasjerer har mottatt økt fokus de siste to til tre årene (ref. SFI AutoShip og MilliAmpere2). Det er også viktig å bemerke at det per dags dato er begrenset med erfaring fra kontrollrom i operasjon med ansvar for ett eller flere autonome skip, men at dette bl.a. er tenkt realisert gjennom selskapet Massterly sin etablering i Horten høsten 2022.

EU prosjektet MUNIN (2012-2015) var på mange måter startskuddet for FoU innen autonom skipsfart, og samme prosjekt fremskaffet de første resultatene knyttet til kontrollrommets fysiske utforming og visualisering av informasjon, forslag til fordeling av ansvar og funksjoner mellom skip og land, samt behov for bemanning, ulike former for organisering, og krav til kommunikasjon (MUNIN, 2015). Selv om man har kommet langt mht. utvikling av relevant kunnskap og kompetanse, er kontrollrommets sentrale posisjon i transportsystemet også bærer av flere problemstillinger som på sikt vil måtte svares ut. Og hvor mye av svarene vil ligge i etablering og gjennomføring av ulike pilotprosjekt (Dybvik, et al., 2020; MUNIN, 2015):

- Hva er det optimale design av et kontrollrom, en kopi av bro eller noe som er mer løst fra selve bro og dets utforming?
- Hvordan kan en sikre best mulig informasjonshåndtering, og at denne visualiseres på best mulig måte? Dette for å sikre best mulig situasjonsforståelse og dermed unngå misforståelser av den virkelige operasjonelle situasjonen til skipet.
- Hva er den optimale HMI (human – machine interface), herunder hvordan sikre effektiv og rask overlevering fra maskin til menneske ved behov for inngripen og aktiv kontroll fra kontrollrom? Herunder, hvordan unngå stress og informasjonsoverbelastning i tilfeller hvor flere skip påkaller assistanse fra kontrollrommet samtidig?
- Hvilke krav til kompetanse bør legges til grunn for bemanningen, og hvilke roller bør være representert? Relatert til dette er det også noe usikkerhet koblet til hvordan et treningsopplegg bør designes for utdanning av kvalifisert personell.
- På hvilken måte bør ulike roller involveres i operasjonen?
- Hvordan ivaretas kommunikasjonsbehov for flere skip samtidig, men også data-sikkerhet?
- Hvilke myndighetskrav og regelverk må ivaretas?

I kjølvannet av MUNIN prosjektet er det lagt ned betydelig arbeid innenfor de ulike tematiske områdene, hvorav noe utvalgte diskuteres nedenfor i mer detalj.

4.1 Avgrensning av kontrollrommets ansvarsområder

For operasjon av autonome skip i kystnære og urbane farvann vil trafikkbildet trolig være komplisert, noe som vil innebære høye krav til presisjon ved bl.a. situasjonsforståelse, navigasjon og manøvrering. Samtidig må en forvente at det vil oppstå situasjoner hvor automasjonen ikke strekker til, og at menneskelig intervensjon derfor vil være påkrevd. En kontrollromsoperatørs mulighet til å overta kontroll fremstår dermed som sentralt (Holte & Wennersberg, 2021). Dette til tross for den underliggende forutsetningen om at kontrollrommet i utgangspunktet kun skal ha en overvåkingsfunksjon, også pro-aktiv ved å ligge i forkant av eventuelle utfordringer, vil en måtte forvente situasjoner hvor kontrollromsoperatøren må gripe inn (Veitch & Alsos, 2022). For å kunne definere på hvilket grunnlag og når overføring av kontroll skal foregå

løfter Rødseth, et al. (2021) frem innføring av "operational envelopes" som en mulig tilnærming. Med utgangspunkt i bilindustriens utvikling av "operational design domain" (ODD), er konseptet utvidet med menneskets mulighet til å utøve kontroll dersom de definerte betingelsene for autonom operasjon brytes. En beskrivelse av ulike scenarier og/eller grenseverdier som vil være utløsende for overføring av kontroll mellom mennesket og automasjonen, og som i realiteten blir en fordeling av funksjoner mellom automasjonen og mennesket (og dermed også selve ansvarsfordelingen), vil derfor måtte etableres.

Overføring av kontroll mellom skipets automasjonssystem og kontrollrommet er også tett koblet til **ansvar**, et ansvar som kun kan ligge hos en aktør – og bare en – av gangen. Det betyr også at man må definere på hvilke grunnlag og på hvilken måte ansvaret overføres. Under operasjon vil en kontrollromsoperatør kunne overlate kontrollen til automasjonen, men ettersom automasjonen i seg selv ikke kan holdes rettslig ansvarlig i tilfelle en sikkerhetskritisk situasjon eller ulykke, vil en i praksis måtte definere hvem som skal være ansvarlig dersom automasjonen svikter. I så måte kan f.eks. system-utvikler ende opp med å være de som holdes til ansvar dersom automasjonen ikke evner å utføre det den er designet for å gjøre. Samtidig vil en også kunne legge til grunn at det mest korrekte vil være at kontrollromsoperatøren til enhver tid holdes ansvarlig for operasjonen av skipet eller flåten. Dette fordi selv om ansvar kan overføres til automasjonen, vil en kunne designe systemet slik at kontrollromsoperatøren alltid vil alarmeres ved behov for inngripen. Dette vil være tilsvarende dagens praksis, da navigatør/kaptein om bord til enhver tid er ansvarlig for trygg og sikker operasjon av skipet (Myhre et al, 2020). Denne praksisen løftes også frem som en mulig tilnærming av Saha (2021), hvor ansvaret som ligger på den tradisjonelle brobesetningen likestilles med kontrollromoperatøren.

4.2 Interaksjon mellom menneske og teknologi i kontrollrom

Muligheten til å overta kontroll, og ikke minst kontrollromsoperatørens evne til å agere på en rask, effektiv og trygg måte er også sterkt avhengig av god situasjonsforståelse. Situasjonsforståelse er i sin enkleste form å vite hva som foregår rundt en (Endsley, 2000), og er et viktig grunnlag for evnen til å analysere og forutse hvordan en spesifikk situasjon vil påvirke egen operasjon. I så måte er fysisk utforming av et kontrollrom og foretrukne løsninger for visualisering av informasjon helt sentralt.

Med tanke på visualisering har prosjektet gjennom samtaler med sjøfolk/navigatører avdekket at det er ønskelig med en integrert og sammensatt informasjons-løsning som gir det "fulle bildet", og at radar og ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) er noen av de viktigste informasjonskildene for ivaretagelse av situasjonsforståelse. I så måte er også kontakt med ulike VTS-sentraler (Vessel Traffic Service), samt lytting og kommunikasjon via VHF radio viktige kilder til informasjon. I tillegg til oppdatert informasjon om værforhold er også nødvendig informasjon om skipets fremdrifts- og energisystem og øvrige sentrale tekniske system viktig for ivaretagelse av sikkerheten (Kaarstad et al., 2021). Ved operasjon av konvensjonelle skip verifiseres informasjon fra de ulike systemene som bro-besetningen mottar fra disse kildene ofte ved å "holde utkikk", og planlegging av neste seilas slutføres i stor grad før skipet forlater kai. Dette innebærer langt på vei at et kontrollrom for autonome skip bør evne å danne seg en tilsvarende forståelse for situasjonen (Kaarstad et al., 2021), noe som også ble understøttet gjennom samtaler med industri og academia. Samtidig er det viktig å presisere at måten informasjonen visualiseres på ikke må utgjøre en risiko for "information overload", et område hvor det for tiden gjøres mye forskning, og som fortsatt er uten for mange sikre svar. Relatert til visualisering av informasjon er alarmering og varsling helt sentralt. Særlig i tilfeller hvor automasjonen ikke strekker til, hvorpå noen kan være direkte sikkerhetskritiske. Det som er sikkert, er at slike alarmer må gå av i tide slik at bemanning har tilstrekkelig med tid til å sette seg inn i situasjonen og deretter agere. Relatert til dette viser Peterman, et al. (2022) at alarmer som kombinerer lyd

og stemme gav navigatørene raskere forståelse for årsaksforholdet. Dette til sammenligning mot tradisjonell varsling med bare lyd. Oppsummert resulterte kombinert bruk av både lyd og stemme til:

- Mer informasjon, og dermed økt forståelse for hva som er galt.
- Raskere lokalisering og dermed også redusert responstid.
- Høyere grad av gjenkjennbarhet blant ulike alarmer.
- Økt brukervennlighet.
- Bidrar generelt til økt situasjonsforståelse.

Samtaler prosjektet har hatt med ulike aktører innen forskning avdekket at det gjenstår mye arbeid for å finne frem til best mulig interaksjon mellom menneske og automasjon. Da både knyttet til alarm-design, men ikke minst også ulike tidskrav ift. hvor lang tid i forkant kontrollromsoperatøren må varsles for å sikre tilstrekkelig tid til sikker og riktig intervensjon.

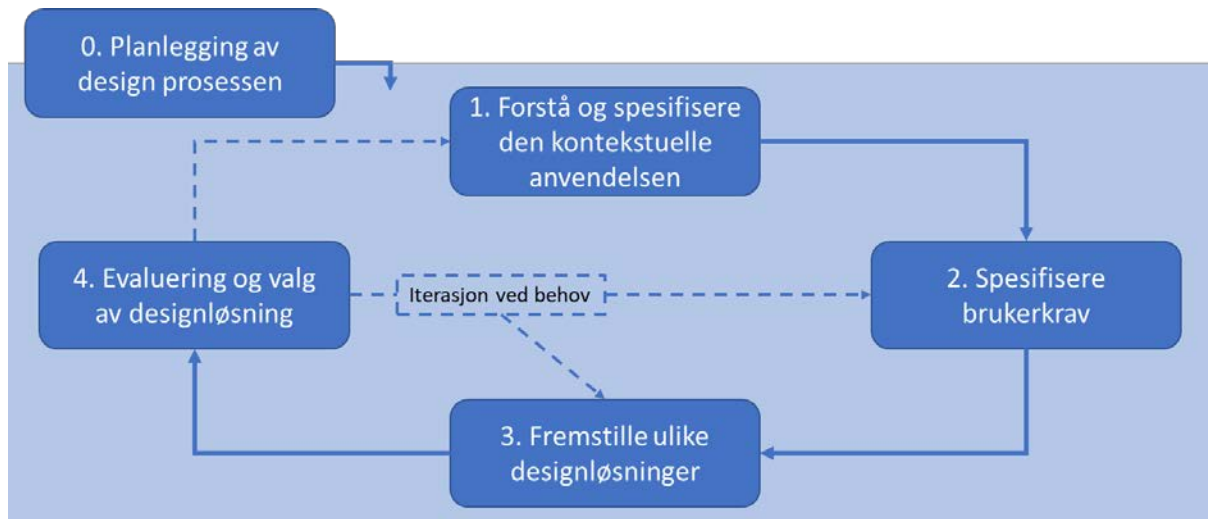


Figur 5: Kontrollrom og fysisk utforming (Kilder: Massterly og NTNU)

Når det gjelder fysisk utforming (Figur 5), fremstår pågående pilotprosjekt og aktiviteter innen forskningen å vektlegge en designfilosofi som i større grad er rettet mot hvordan en på best mulig måte kan legge til rette for å tilfredsstille operasjonelle behovene som et kontrollrom vil måtte ivareta. En slik tilnærming står i sterk kontrast til å fremstille en kopi av skipsbroen på land. Denne tilnærmingen har ledet til innovative løsninger for hvordan et kontrollrom bør utformes (Massterly 2021; Peeters, et al., 2020), og hvor særlig fire sentrale designkrav fremheves (Peeters, et al., 2020):

1. Fremstille relevante informasjon fra de ulike operasjonelle fasene, i tillegg til definerte sikkerhetskritiske hendelser og datasikkerhet (cyber security).
2. Sikre nødvendig interaksjon med skipet, både for kommunikasjon med sikkerhetsansvarlig om bord og passasjerer (fortrinnsvis to-veis kommunikasjon), men også for nødvendig feilretting av systemer og ikke minst evnen til å overta kontroll over skipet i tilfeller hvor automasjonen ikke strekker til.
3. Bruk av maritime industrielle komponenter, da dette vil bidra til å gjøre systemløsningen mer robuste, sikre og potensielt mer lik en mulig fremtidig løsning.
4. Sikre et modulært og fleksibelt design som muliggjør enkel utvidelse og endring etter hvert som operasjonell driftserfaring øker.

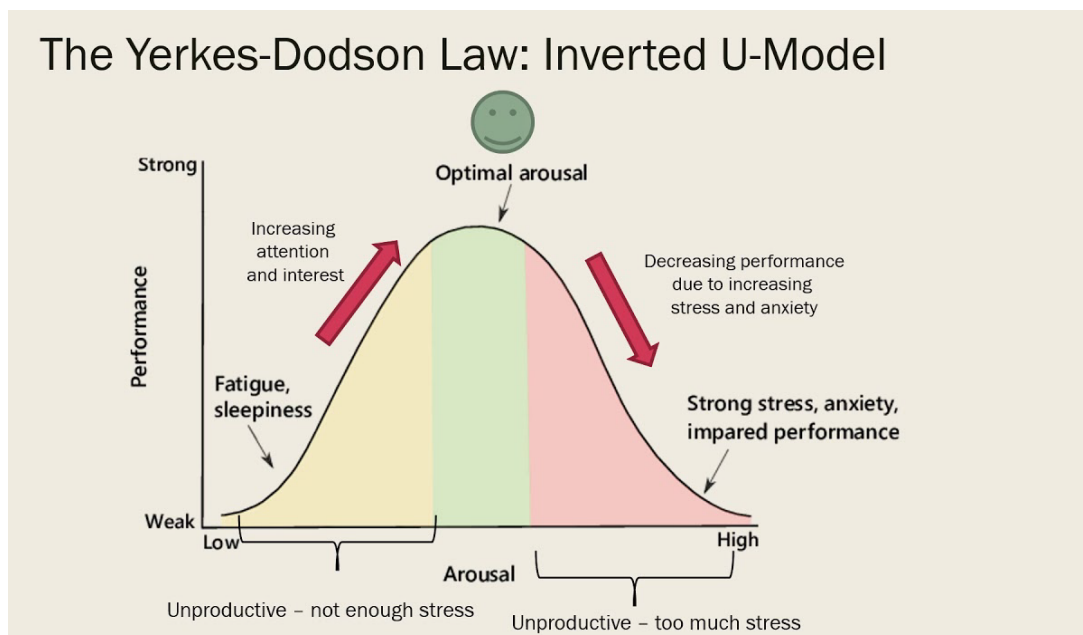
En mulig tilnærming til fysisk utforming er den NTNU Shore Control Lab har tatt utgangspunkt i, hvor sentrale HCD prinsipper er lagt til grunn (Human Centred Design), men også retningslinjene som definert i ISO design guideline 9241 (Ergonomics of human-system interaction, Part 210: Human-centred design for interactive systems standard) (ISO, 2019). Den metodiske tilnærmingen er illustrert i Figur 6.



Figur 6: Human-centred designprosess basert på ISO 2019 (Kilde: Veitch, et al., 2021)

4.3 Nye oppgaver og nye roller – Behov for utdanning

Med tanke på fordeling av funksjoner og oppgaver mellom automasjon og mennesket, blir det viktig å etablere en fordeling som gir et "optimal ytelse" – da som en funksjon av arbeidspress og intensitetsnivå. Figur 7 viser i korte ordelag at ved for lite aktivitet risikerer man å miste motivasjonen for å yte godt i en gitt stilling, tilsvarende er det stor fare når man har for mye å gjøre. I så måte kan bare den optimale ytelse realiseres dersom en oppnår en riktig arbeidsbelastning, hvor man kan yte tilstrekkelig og føle at man mestrer samtidig som at egen kompetanse og læring forbedres. Dette illustreres ved å være i grønn sone (Saeed, et al., 2017).



Figur 7: Ytelse vs. arbeidspress- og intensitet (Kilde: Saeed, et al., 2017)

I prosjektrapport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021), ble det gjennomført relativt detaljerte vurderinger med tanke på hvordan tradisjonelle funksjoner og oppgaver om bord kan fordeles mellom kontrollrom, selve automasjonen, og bemanningen om bord. For en full beskrivelse av denne fordelingen henvises det til nevnte rapport, men for praktiske formål er de mest sentrale aspektene med relevans for kontrollrom gjengitt i Tabell 2 for normal operasjon. Da med utgangspunkt i anbefalt løsning og autonomigrad i skjæringspunktet 3 og 4.

Arbeidet er basert på tidligere definerte operasjonelle faser med tilhørende funksjoner (Holte, et al., 2019). De ulike operasjonelle fasene består hovedsakelig av 4 faser: (1) Avgang, (2) overfart/ transitt, (3) ankomst, og (4) Fase-uavhengig. Fase 1, 2 og 3 dekker i stor grad funksjoner som er tydelig avgrenset til de respektive fasene. Fase 4 er mer overordnet og inneholder funksjoner som må ivaretas til enhver tid, uavhengig om fartøyet er under transitt eller ligger til kai, være seg kommunikasjon og datasikkerhet, ivaretagelse av generelt sikkerhetsnivå, og overvåking av operasjon og system. I tillegg er det utført spesifikke vurderinger knyttet til sikkerhetskritiske hendelser, og derigjennom hvordan kontrollrom kan bidra sikre nødvendig passasjersikkerhet.

For de operasjonelle fasene av relevans for dag-til-dag operasjon vil funksjonen til kontrollrom være relativt lik, men med noen få ulikheter. Dette er gjengitt i beskrivelsen nedenfor, inkludert eksempler på ulike hendelser som vil kreve en inngripen fra kontrollrom. Oversikten er kun ment som veiledende for videre arbeid gitt en realisering av bruker casene, og er ikke ment å være uttømmende.

Tabell 2: Funksjoner fordelt på kontrollrom (Kilde: Holte og Wengersberg, 2021)

Funksjoner ved kontrollrom - operasjonelle faser 1-4

Operatør(er) ved kontrollrommet vil for alle operasjonelle faser overvåke operasjonen passivt (dvs. støttet av automasjonen), men vil kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er for komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Effektiv og sikker inngripen fra kontrollrom krever at det legges til rette for pålitelig alarmering av operatør slik at denne rekker å sette seg inn i situasjonen før assistanse gis.

Funksjoner ved kontrollrom - operasjonell fase 1 – Avgang

- Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. alarm ved brudd på sikker fortøyning).
- Passasjerer registreres automatisk – mottar notifikasjon ved overskridelse av maks. pax
- Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved behov for overstyring av skip (f.eks. alarm – automasjon gir beskjed ved uoversiktlig situasjonsforståelse).

Funksjoner ved kontrollrom - operasjonell fase 2 – Overfart

- Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. ved komplekse situasjoner – kombinasjon av flere store og mindre fartøy). Evt. overstyrer skip ved behov for å sikre trygg seilas, og/eller kommuniserer med konvensjonelt skip ved behov for å varsle om nødvendige kurs og hastighetsendringer.
- Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. dersom funksjon for automatisk innseiling til kai ikke aktiveres). Herunder også overvåking av skipets operasjon og dets omkringliggende miljø (dvs. rute for innseiling er klarert).

Funksjoner ved kontrollrom - operasjonell fase 3 – Anløp

- Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved behov for overstyring av skip (f.eks. alarm – automasjon gir beskjed ved uoversiktlig situasjonsforståelse og eller trafikkbilde).

- Mottar notifikasjon dersom skipet ikke er forsvarlig fortøyd, eller lading ikke aktiveres som planlagt.
- Mottar notifikasjon dersom gangbro ikke er forsvarlig sikret.

Funksjoner ved kontrollrom – operasjonell fase 4 – Fase uavhengig

- Tilgang til real-time informasjon vedr status for energi- og fremdriftssystem.
- Automatisk varsling via alarm ved f.eks. varmeutvikling i battericeller.
- Støttet av automasjonen besitter kontrollrom situasjonsforståelse og responderer på ulike alarmer.
- Ivaretar og sikrer kontinuerlig kommunikasjon med skip og øvrige farkoster
- Datasikkerhet ivaretas av egnet leverandør
- Informeres via alarm om at *fallback*² er aktivert. Kontakter sikkerhetsansvarlig vedr. videre aksjoner. Vurderer varsling av nødetat.

4.4 Kvalifikasjonskrav og formelle utdanningsprogram

For krav til **kvalifikasjoner** og kompetanse peker mye av tilgjengelig litteratur i retning av viktigheten av erfaringsbasert kunnskap fra seilende virksomhet, og at dette antas som en stor fordel for ivaretagelse av trygg, sikker og effektiv drift av autonome passasjerskip. Herunder både navigatører og maskinister. Samtidig nevnes og relevant kompetanse i form av elektrikere (Kaarstad, et.al, 2021; Bogusławski, 2022; GSP, 2022). For utdanning av kompetent personell innebærer dette at denne type erfaringsbasert kompetanse må integreres i formelle kurs og treningsprogrammet for utdanning av sertifiserte offiserer med sitt daglige virke både om bord og som kontrollromsoperatør. Etter hvert som erfaringsbasert kompetanse fra kontrollromsoperasjon etableres, vil denne også måtte innlemmes – og dermed indirekte påvirke innhold og spesifikke treningsmål og kompetansekrav for fremtidig operasjon og drift av autonome passasjerskip (Bogusławski, 2022).

Når det gjelder **formell utdanning** av sjøoffiserer for operasjon av autonome skip, herunder kontrollromsoperatører, er norsk maritim næring langt fremme i internasjonal sammenheng. Både i forhold til utvikling av nødvendig kunnskap og kompetanse, men også etablering av formaliserte kurs og program som gir en sertifisert utdanning. Her ligger Universitetet i Sørøst-Norge langt fremme, hvor første introduksjonskurs allerede er gjennomført for offiserer som skal operere ASKO sine sjødroner og Yara Birkeland. Kurset med seks deltakende navigatører ble gjennomført som en pilot med aktiv bruk av simulatorbasert trening, hvor påfølgende del-kurs for videreutdanning skal utvikles og formaliseres etter hvert som erfaringsbasert kunnskap høstes fra selve operasjonen. Arbeidet med etablering av selve kurset, og identifisering av ulike kvalifikasjonskrav, har kommet på plass gjennom samarbeid med sentrale maritime industriaktører (bl.a. Kongsberg, Wilhelmsen, DNV og Massterly), hvor også Sjøfartsdirektoratet har vært aktivt involvert (Larsen, 2021). Etter fullført kurs og gjennomføring av de tre planlagte del-kursene skal deltakerne kunne motta en sertifisering fra DNV.

² Fallback kan beskrives som at skipet går i en tilstand som ikke kan resultere i en utålelig risiko.



Figur 8: Navigatører utdannet for operasjon av Yara Birkeland og kontrollrom (Kilde: Massterly)

Opplæringsprogrammet er basert på operasjonelle erfaringer, som også har vært sentrale for definering av scenarier til bruk i opplæring. Dette gjelder også for sikkerhetskritiske situasjoner, hvor ulike etater som VTS (Sjøtrafikksentraltjenesten – Vessel Traffic Service), brann, redningsselskapet, kystverket m.fl. har vært aktivt involvert. Bl.a. besitter VTS betydelige mengder seilingsdata som har stor verdi for utvikling av mest mulig virkelighetsnære testscenarier til bruk i simulatoren. Selve introduksjonskurset har en varighet på 10 dager og fokuserer på følgende overordnede tematiske områder:

- Etablering av simulatorforståelse for overvåking.
- Etablering av rutiner og god praksis for kommunikasjon med bemanning om bord og omkringliggende skip.
- Bygge forståelse for hvordan teknologien fungerer, både om bord og ved kontrollrom.

Av formelle kompetansekrav henvises det til DNV sin standard for operatører ved kontrollrom, hvor ett sett med minimumskrav er utviklet med utgangspunkt i ulike oppgaver, organisert etter funksjonelle områder/domener. Standarden danner et utgangspunkt og grunnlag for utvikling av mer skreddersydde kompetansebehov, og dermed et supplement til øvrige krav til trening og kompetanse som resultat av system-spesifikke krav til automasjonen og øvrige installerte systemer (DNV, 2021).

4.5 Standarder og regelverkskrav som påvirker bygging og drift av kontrollrom

Som beskrevet i rapport A1.1 Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2018), har ulike classeselskap utviklet egne retningslinjer og standarder for klassing av autonome fartøyer med tilhørende systemer. Herunder kontrollrom. Siden den gang har flere kommet til, samt at noen har vært gjenstand for oppdateringer. Listen nedenfor presenterer et utvalg av relevante standarder og retningslinjer som omhandler kontrollrom, og er ikke ment å være uttømmende:

- DNV GL Class Guideline for autonomous and remotely operated ships (DNVGL-CG-0264, edit. September 2018).
- DNV Standard - Competence of remote control centre operators (DNV-ST-0324, edit. august 2021).
- DNV Recommended practice - Certification scheme for remote control centre operators (DNV-RP-0323, edit. august 2021).
- Bureau Veritas Guidelines for autonomous shipping (Guidance Note NI641 R01, edit. oktober 2019).
- ABS – Guide for Autonomous and remote control functions (edit. juli 2021).
- Lloyd's Register – LR Code for Unmanned Marine Systems (edit. februar 2017).

Fra oversikten bemerkes det at særlig DNV har utviklet veiledende underlag spesifikt knyttet til kontrollrom og kontrollromsoperatør (DNV-ST-0324, 2021 & DNV-RP-0323, 2021). Når det gjelder kompetanse for operatører ved kontrollsenter presenterer standarden aktuelle oppgaver ved overvåking og kontroll av et autonomt fartøy, i tillegg til mer grunnleggende kompetansekrav. Helt overordnet gir samtlige dokumenter informasjon omkring krav og teknologiske løsninger for design og operasjon av kontrollrom for autonome og/eller fjernstyrte skip. Dette i tillegg til anbefalinger om hvordan en skal ivareta gjeldende myndighetskrav.

For etablering og drift av landbasert kontrollrom må også relevante lover spesifikt for landbasert virksomhet hensyntas, hvor følgende fremstår som sentrale:

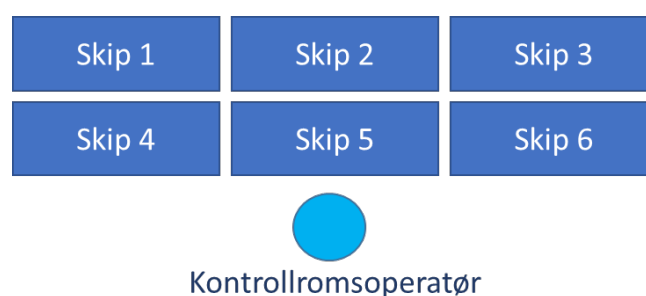
- Arbeidsmiljøloven.
- Ferieloven.
- Allmenngjøringsloven.

Mer utfyllende informasjon omkring disse med tilhørende forskrifter er å finne på arbeidstilsynets hjemmeside (<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/om-regelverket/>).

4.6 Forretningsmodeller og driftsorganisasjon

Når det gjelder **forretningsmodell** spesifikt knyttet til kontrollrom er noe av det som per i dag fremstår som mest etablert, realisert i form av Norske Massterly og Belgiske Seafar. Begge er fokusert direkte mot godstransport og markedsfører seg som tilbydere av et bredt spekter av tjenester. Gjennom dette, dekker de store deler av verdi- og forsyningskjeden. Trolig vil deler av deres tilnærming være overførbar til passasjertransport, men blant annet passasjersikkerhet vil kreve mer. Når en tenker på noe av det sentrale for passasjertransport - økt mobilitet med utgangspunkt i skalerbare og fleksible transportløsninger - kan en se for seg at spesielt skalerbarhet vil være interessant ut ifra en kontrollromtankegang. Hvordan drift og operasjon av kontrollrom for sjøbasert passasjertransport vil arte seg, er foreløpig uansett et umodent område, og noe som vil kreve økt kunnskapsutvikling.

Vedrørende krav til **driftsorganisasjon** var det EU-finansierte prosjektet MUNIN (2015), en av de første innen maritim næring til å fremskaffe et estimat på hvor mange skip en kan forvente opereres av en kontrollromsoperatør.



Figur 9: Organisering av kontrollrom (Kilde: MUNIN, 2015)

Utgangshypotesen for arbeidet var at en kontrollromsoperatør skal kunne operere seks skip samtidig, hvorpå gjennomføring av forsøk med navigatører ikke resulterte i at denne hypotesen ble forkastet. Riktignok skal det bemerkes at bruker-casene som ble lagt til grunn var oversjøisk fart med store bulk-skip, og at operasjonelle fasen knyttet til ankomst og innseiling til havn og kai ikke var del av forsøket (MUNI, 2015). I lys av dette er resultatene fra dette studiet absolutt interessante, men samtidig langt fra overførbare til kystnær passasjertransport hvor operasjon fra kai til kai uten menneskelig intervensjon er lagt til grunn.

Samtaler gjennomført med industri har avdekket at aktuell bemanning ved kontrollrom kan være 1-2 personer, hvor relevant kompetanse er tilsvarende maskinist og elektriker, samt navigasjonskompetanse. Dette innebærer at det i realiteten ikke vil være kostnadsbærende å ha et kontrollrom før operasjon av flere skip kan innlemmes (GSP, 2022).

I forhold til **organisering** er også mye usikkert, men p.t. går mye i retning av at reder vil være eier av skipet og dermed også besørge nødvendig vedlikehold og opprettholdelse av ulike sertifikater og tillatelser fra flaggstasmyndigheten. Leverandøren av kontrollromstjenesten vil kunne få en utvidet rolle, og potensielt også overta de oppgaver som tidligere har ligget hos de tradisjonelle ship management³ selskapene. Ettersom kontrollromsleverandøren mest trolig vil ha det juridiske ansvaret for drift og operasjon, vil også sikkerhetsansvarlig om bord trolig være tilknyttet denne.

Samtaler prosjektet har gjennomført med ulike aktører fremstår behovet for en stegvis innføring av autonomi som en naturlig og opplagt tilnærming. Det samme gjelder også for innføring av kontrollrom. På kort sikt vil kontrollromsfunksjonen på mange måter være duplisert, dvs. at nødvendige funksjoner for trygg og effektiv seilas av skipet både vil være om bord og ved et separat kontrollrom. I en innledende fase vil kontrollrommet mest trolig være om bord på skipet, og selv om skipet teknologisk sett vil være i stand til å ta seg sikkert og effektivt fra kai til kai uten menneskelig intervensjon, vil menneskelig nærvær i form av bemanning være påkrevd. Da med både evne og mulighet til å overta kontrollen over skipets navigasjon- og manøvreringsfunksjoner lokalt om bord, men også for ivaretagelse av passasjersikkerheten dersom en kritisk hendelse skulle inntreffe. I en læringsfase har kontrollrommet sånn sett egentlig ingen reell funksjon mht. selve skipsoperasjonen, men bør likevel etableres for å sikre erfaring og kunnskapsoppbygging, hvorpå en fornuftig tilnærming kan være en gradvis overføring av funksjoner og oppgaver fra skip til kontrollrom. En lignende tilnærming er tatt i bruk av Massterlys operasjon av Yara Birkeland og ASKO sine sjødroner. For prosjektets brukercase vil kontrollrom i denne fasen trolig ivareta viktige funksjoner knyttet til overvåking av skipets operasjon og dets omkringliggende miljø (dvs. navigasjon og manøvrering), ivareta kommunikasjon med skip – mannskap og passasjerer, overse trygg og effektiv dokking og ombordstigning, samt skipets energi- og fremdriftssystem.

Beredskap er også en viktig funksjon som skal ivaretas og dokumenteres for å utløse seilingstillatelse. Selve organiseringen av denne kan enten innlemmes i kontrollrommet som en av flere hovedfunksjoner (GSP, 2022), eller skilles ut og tillegges en egen og dedikert operatør med spisskompetanse innen området. Uansett form for organisering er en av de viktigste oppgavene til en slik beredskapsfunksjon å avlaste sikkerhetsansvarlig, slik at denne kan ha fullt fokus på håndtering av den spesifikke hendelsen om bord. Dette innebærer bl.a. at kontrollromsoperatøren må ivareta nødvendig kommunikasjon med ulike interessenter som f.eks. Sjøfartsdirektoratet, Kystverket, VTS, media, etc., men også levere komplett informasjonspakke (f.eks. antall passasjerer, posisjon, værforhold, mulige skader på materiell og person, type hendelse og skipets tekniske tilstand), til hovedredningssentralen for ivaretagelse av trygg og effektiv respons. Ettersom en kontrollromsoperatør på sikt mest trolig vil håndtere flere ruter eller samband, taler mye for at en profesjonell beredskapsaktør vil være godt egnet til å ivareta denne funksjonen.

På lengre sikt vil kontrollrom mest trolig få et betydelig utvidet mandat, etter hvert som ulike teknologiske løsninger verifiseres og næringen høster driftserfaring fra viktige industrielle pilot-prosjekter (f.eks. MilliAmpere, Hyke, Zeabuz, Yara Birkeland, og ASKO Sjødroner). Sikker operasjon av skipet vil besørges

³ Ship management (no: driftsledelse) har mange viktige oppgaver, hvor noen er – ofte på vegne av reder - å sikre nødvendige seilings-tillatelser og sertifikater for skipet, samt tilgjengelighet av nødvendig mannskap og forsyninger for effektiv drift av skipet (kilde: www.marineinsight.com)

av automasjonen, hvor kontrollromsoperatør kun vil alarmeres ved bl.a. tekniske feil (f.eks. feil på thruster), eller i tilfeller hvor de definerte grenseverdiene for automasjonen overskrides. En annen viktig funksjon som trolig vil bli enda mer fremtredende er kommunikasjon og overvåking av det omkringliggende miljø.

4.7 Erfaringer fra pågående industriprosjekter

Samtaler prosjektet har gjennomført med ulike aktører har avdekket at det per i dag er det svært begrenset med kontrollromserfaring fra operasjon av autonome skip. Et annet viktig aspekt som kom frem i samtalene er at dette med kontrollrom – avhengig av den spesifikke operasjonen – har et stort utfallsrom mht. ulike operasjonsmodeller, fysisk utforming, menneske-maskin interaksjon, etc.

Samtidig skal det nevnes at flere prosjekter er under utvikling, hvorpå noen vil gå i operasjon høsten 2022, og som dermed utgjør svært viktige kilder for etablering av erfaringsbasert kunnskap og videreutvikling av driftssikre og økonomisk bærekraftige kontrollromskonsept. Under nevnes noen utvalgte eksempler, hvor de med størst geografisk avstand antas å være mindre aktuelle ettersom flere norske prosjekter representerer raskere og mer effektiv overføring av kunnskap, teknologi og kompetanse:

Tabell 3: Autonomiprojekt og innfasing av kontrollrom (Kilder: Diverse)

Pilot	Kontrollromsoperatør	Antatt operativt	Rute
Yara Birkeland	Massterly	Høst 2022	Brevik – Larvik – Porsgrunn
ASKO sjødroner	Massterly	Høst 2022	Moss – Horten
Ekornes sjødrone	Massterly	Høst 2024 (estim.)	Sykkylven – Ålesund
milliAmpere 2	NTNU	Høst 2022	Kanalkryssing – Trondheim
Sundbåten	Ukjent	2023/24 (tentativ)	Kr.sund havnebasseng
Watertruck+	Seafar	2020/21	Belgia: Diksmuide – Ostend
Zhi Fei (I rute)	Navigation Brilliance	Vår 2022	Kina: Qingdao – Dongjiakou
Mikage (Pilotprosjekt)	Mitsui Lines	Vår 2022	Japan: Tsuruga - Sakai

Fra industrien sin side er norske Massterly⁴ og belgiske Seafar⁵ to aktører som har tatt en tydelig markedsposisjon som fremtidig leverandør av kontrollromstjenester for maritim transport. Riktignok er begge disse aktørene hovedsakelig innrettet mot godstransport, men mye av deres tilnærming er overførbart til operasjon, overvåking og manøvrering av ferger og rene passasjerskip. Dermed representerer de også viktige punkter for læring og overføring av kompetanse. I tillegg vil operasjon av passasjerfergen milliAmpere2 i Trondheim bidra med nyttig kunnskap.

Tilknyttet arbeidet med noen av de nevnte norske pilotprosjektene er prosjektet også gjort kjente med noen problemstillinger/utfordringer som vil oppstå ved innføring av kontrollrom, og som p.t. representerer områder for videre arbeid. Punktene understøttes også av sjøoffiserer med operasjonell erfaring av skip hvor autonomi-løsninger som auto-crossing og auto-dokking er installert:

- Man mister "følelsen" med skipet, potensielt mest kritisk for skip med høyere hastighet.
- Registrering av skipets bevegelse gjennom vannet og det omkringliggende vil med innføring av ny teknologi potensielt sett kunne bli bedre. Samtidig krever dette at systemene fungerer, at de har

⁴ <https://www.massterly.com/>

⁵ <https://seafar.eu/>

tilstrekkelig oppetid og er tilstrekkelig stress-testet. Dette krever utvikling av et stort antall ulike testscenarier, men også visshet om at algoritmene er gode nok.

- Etablering av tillitt til systemene og den informasjonen som overbringes fra ulike sensorer, da nautisk utdanning også vektlegger fokus på at bro-systemer i visse tilfeller kan gi feil-informasjon.

4.8 Oppsummering

Denne seksjonen oppsummerer de viktigste punktene av kap. 4, og derigjennom presenterer viktige tema og muligheter for erfaringsoverføring fra pilotprosjektene nevnt i Tabell 3. Dette gitt en realisering av Smartere Transport sine brukercase.

En rimelig antakelse ved operasjon av autonome passasjerskip er at det vil oppstå situasjoner hvor automasjonen ikke strekker til, og at menneskelig intervensjon derfor vil være påkrevd. En kontrollromsoperatørs mulighet til å overta kontroll fremstår dermed som sentralt. Ulike scenarier og/eller grenseverdier som vil være utløsende for overføring av kontroll mellom mennesket og automasjonen er derfor påkrevd. I realiteten vil dette kreve en beskrivelse av hvordan fordeling og overføring av ulike funksjoner mellom automasjonen og mennesket er tenkt, og dermed også selve ansvarsfordelingen. Hvilke grenseverdier som skal være gjeldene for en slik overføring vil være situasjonsavhengig, og vil sannsynligvis måtte tilpasses hvert brukercase.

Anslag omkring hvor mange personer som er nødvendig for å ivareta sikker og trygg operasjon av autonome passasjerskip, samt hvor mange skip eller samband et gitt antall operatører kan operere er foreløpig beheftet med stor usikkerhet. Dette er avhengig av type operasjon og operasjonsområde.

Av relevant kompetanse fremstår erfaring fra seilende virksomhet som sentralt, samtidig som system- og elektriker kompetanse også ansees som svært relevant. Det bemerkes også at formelle utdanningsprogram er under utvikling, understøttet av flere aktører. Daglig operasjon av kontrollrom er representert ved norske Massterly og belgiske Seafar, hvorpå operasjonell erfaring er antatt å øke betydelig de nærmeste årene.

En gradvis overføring av oppgaver og funksjoner fra skip til kontrollrom bør legges til grunn, mye grunnet behovet for stegvis innføring av autonomi generelt. Dette innebærer at for en innledende fase vil et kontrollrom egentlig ikke ha noen reell funksjon mht. skipsoperasjonen, men bør likevel etableres for å sikre erfaring og kunnskapsoppbygging.

Kontrollromsoperatøren må til enhver tid kunne overvåke farvannet (herunder andre aktører), og overta kontroll over skipets system og del-systemer. Overtakelse av kontroll er også tett koblet til ansvar, et ansvar som kun kan ligge hos en aktør – og bare en – av gangen. Utarbeidelse av klare retningslinjer for definering av dette må derfor utvikles.

Løsninger for visualisering og fysisk utforming er helt sentralt for ivaretagelse av situasjonsforståelse, og dermed et viktig grunnlag for effektiv og trygg interaksjon mellom menneske og automasjon. Et område hvor det per i dag foregår mye aktivitet hos både forskning og industri. Helt overordnet må de oppgaver som tillegges kontrollromsoperatøren ikke medføre økt risiko for "kjedsomhet", sammenlignet med konvensjonell operasjon. I lys av nevnte punkter må det også sikres de arbeidsoppgaver som tillegges en operatør ikke medfører risiko for overbelastning av informasjon.

5 Spesifisering av kontrollrommets ansvarsområde

5.1 Oppdragsbeskrivelse for kontrollrommet

Formålet til prosjektets brukercase er å transportere personer trygt og effektivt i et to-punkts sjøtrafikksystem som også vil ha tilknytning til landbasert kollektivtransport. Den anbefalte autonomigraden for brukercasene fra Smartere Transport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021) innebærer at hver av brukercasene, som beskrevet i seksjon 2.2, skal ha en sikkerhetsansvarlig om bord. Hovedoppgaven til sikkerhetsansvarlig er å bistå passasjerer under normaldrift og å være utførende ressurs for krisehåndtering i nødsituasjoner. Utover dette er ikke sikkerhetsansvarlig tiltenkt å ha noen spesifikk rolle opp mot navigasjon og manøvrering av selve skipet. Dette skal automasjonen i kombinasjon med operatør(er) på kontrollrommet utføre.

Oppdraget til kontrollrommet er da å utføre de oppgaver som hverken automasjonssystemer og/eller sikkerhetsansvarlig om bord kan utføre. Enten fordi det ikke er praktisk mulig eller fordi det ikke er hensiktsmessig eller ønskelig av andre årsaker. Disse oppgavene kan være knyttet til både sikkerhet, kommunikasjon, og generell driftsledelse av skipene. Dette avhenger av hvordan man avgrenser kontrollrommets mandat og hvilke funksjoner man velger å tillegge i kontrollrommet.

Denne rapporten baserer seg på definisjonen av et kontrollrom⁶ (eng: remote control centre) som gis i ISO (2021); "site remote from the ship that can control some or all of the autonomous ship system processes". Dette innebærer at kontrollrommets hovedoppgave er knyttet til navigasjon. Beredskapsfunksjoner og rederivirksomhet vil dermed ikke være en eksplisitt del av kontrollrommet, men en del av konteksten som kontrollrommet må forholde seg til.

Hovedoppgaven til kontrollrommet er i dette arbeidet definert som å gi nødvendig navigasjonsstøtte til prosjektets to brukercaser for sikker drift av skipene som påkrevd av myndigheter. I tillegg skal kontrollrommet bidra med å sikre krav til driftstid og regularitet som definert av kontrakt med oppdragsgiver og som forventet av passasjerer. Merk at passasjersikkerhet ved kritiske hendelser ivaretas ved involvering av beredskapsorganisasjon og sikkerhetsansvarlig ombord skipene.

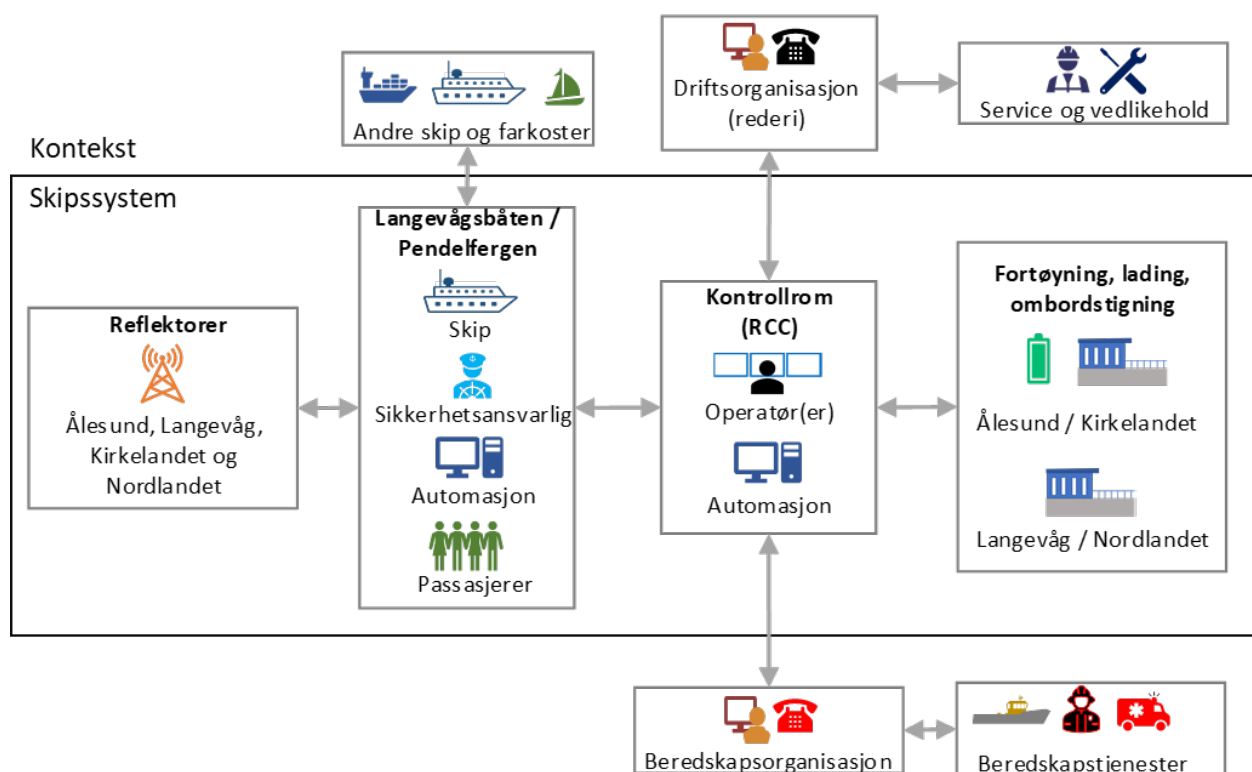
5.2 System- og kontekstbeskrivelse

I tillegg til beskrivelse av hovedoppgaven, så er det nødvendig å ha forståelse for de viktigste komponentene i det autonome skipsystemet og dets kontekst, som for dette prosjektet er illustrert i Figur 10. Denne figuren er utarbeidet med utgangspunkt i den generiske beskrivelsen av hovedkomponentene i det autonome skipssystemet som ble beskrevet i rapport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021) og har deretter blitt konkretisert for å beskrive aktører og systemer som er knyttet til kontrollrommet gjennom de to brukercasene.

Sett fra perspektivet til kontrollrommet definerer vi systemet som bestående av selve kontrollrommet, Langevågsbåten, Pendelfergen, samt systemer og løsninger for fortløyning, lading og ombordstigning på hvert anløpssted. I tillegg er hvert anløp instrumentert med reflektorer til bruk for posisjoneringsbestemmelse. Reflektorene behandles ikke særskilt i denne rapporten, men tas med for ordens skyld.

⁶ Merk at rapporten bruker begrepet kontrollrom, men ved behov for forkortelser vil den engelske varianten RCC bli brukt.

Konteksten til kontrollrommet spesielt, og det autonome skipsystemet generelt, vil da for begge brukercasene bestå av andre skip og farkoster, driftsorganisasjonene (f.eks. rederi), service og vedlikehold, beredskapsorganisasjonen og beredskapstjenester.



Figur 10: System- og kontekstbeskrivelse for kontrollrommet.

Kontrollrommet består primært av nødvendig utstyr for prosessering, visualisering og behandling av data mht. hva en operatør har behov for. I tillegg består senteret av kommunikasjonsmidler mot nødvendige aktører. I dette tilfellet er det vurdert rederi- og beredskapsorganisasjonen ikke skal være en del av kontrollrommet, hvorpå følgende hovedargumentet løftes frem:

- Fremstår som lite hensiktsmessig å bygge opp en permanent beredskapsorganisasjon for to brukercaser, evt. på sikt – også for hvert kontrollrom.
- Dersom en hendelse inntreffer for et av skip/rutene forutsettes det at kontrollrommet må ha uforandret tilgjengelig kapasitet for ivaretagelse av sikker og effektiv operasjonen ved øvrige skip/ruter.
- Det er antatt hensiktsmessig å legge denne funksjonen til en profesjonell aktør med spisset erfaring og kompetanse for å ivareta trygg og effektiv bistand ved en sikkerhetskritisk hendelse. Herunder koordinering mot øvrige beredskapsaktører som bl.a. Hovedredningssentralen og Kystverket.
- Fremstår som lite hensiktsmessig å samle to rederier under samme tak.
- Geografisk spredning på brukercasene og rederiene tilsier at kontrollrommet ikke nødvendigvis trengs å plasseres der skipene og rederikontorene er.

Kontrollrommet må forholde seg til driftsorganisasjonen som i de fleste tilfeller vil være et eller flere rederi. Driftsorganisasjonen vil være primærkontakt mot personell og organisasjoner som utfører service og vedlikehold. Kontrollrommet vil naturlig nok være i kontakt med både Langevågsbåten og Pendelfergen, som igjen må forholde seg til andre skip og farkoster i omgivelsene. Fortøyning, lading og

ombordstigningsmidler på anløpsstedene er også en del av kontrollrommets system. Beredskapsorganisasjon er i dette tilfellet antatt å ikke være en del av kontrollrommet, men en tjeneste som bistår med å koordinere beredskapstjenester i nødsituasjoner og ved sikkerhetskritiske hendelser.

5.3 Oppdragsfaser for brukercasene

Der skipssystem og kontekst beskriver hva og hvem som er involvert, så beskriver oppdragsfaser hvilke konkrete oppdrag eller del-operasjoner som skal utføres. Selve formålet med definering av oppdragsfaser for de to brukercasene er å vurdere rutens kompleksitet, samt hvordan denne kompleksiteten varierer gjennom en komplett rundtur. Inkludert er også aktuelle oppdrag tilknyttet avslutning av operasjon etter endt dag. I all hovedsak er disse vurderingene gjort kvalitativt for den enkelte fase sett i forhold til trafikkompleksitet, værforhold, terreng, sikt, lokasjon til sikkerhetsansvarlig og responstid til beredskapstjenester. De viktigste konklusjonene av denne vurderingen diskuteres i seksjon 5.4.

Oppdragsfasene med tilhørende rutebeskrivelse er listet opp og illustrert i henholdsvis Tabell 3 og Figur 11 for Langevågsbåten og Tabell 4 og Figur 12 for Pendelfergen. Oppdragsfasene for hver av brukercasene tar utgangspunkt i drift av et normaldøgn på ukedager. For hver oppdragsfase er det gjennomført en overordnet vurdering av kompleksiteten til den enkelte fase basert på hva som utføres og forhold som påvirker utførelsen av oppgaven. De forholdene som ligger til grunn for vurdering av kompleksiteten til begge brukercasene er dokumentert i Appendiks A.4, A.5 og A.6.

Tabell 4: Oversikt over oppdragsfaser for Langevågsbåten med tilhørende fasenummer Nr., fasebeskrivelse, frekvens Fr. (t/r – tur/retur, n – natt) og vurdering av fasekompleksitet K (L – lav, M middels, H – høy).

Nr.	Beskrivelse	Fr.	K	Nr.	Beskrivelse	Fr	K
1	Batterilading Ålesund	t/r	L	22	Løsne fortøyning	t/r	L
2	Ombordstigning passasjerer til Langevåg	t/r	L	23	Manøvrere fra kai ved småbåthavn i Langevåg	t/r	M
3	Koble fra ladeplugg	t/r	L	24	Akselerere til seilingshastighet	t/r	M
4	Ta opp landgang	t/r	L	25	Transitt	t/r	H
5	Løsne fortøyning	t/r	L	26	Transitt	t/r	M
6	Manøvrere ut fra kai i Ålesund	t/r	M	27	Transitt	t/r	H
7	Saktefart på vei ut av Kippervika (havn)	t/r	M			t/r	
8	Akselerere til seilingshastighet	t/r	M	28	Transitt		H
9	Transitt	t/r	H	29	Transitt	t/r	M
		t/r		30	Transitt	t/r	H
10	Transitt		M		Retardere til manøvreringshastighet	t/r	L
11	Transitt	t/r	H	31			
12	Transitt	t/r	H	32	Saktefart på vei inn i Kippervika	t/r	H
13	Transitt	t/r	H	33	Manøvrere inn til kai i Ålesund	t/r	H
14	Transitt	t/r	H	34	Fortøye	t/r	M
	Retardere til manøvreringshastighet	t/r	L	35	Koble til ladeplugg	t/r	L
15						t/r	
16	Manøvrere til kai ved småbåthavn i Langevåg	t/r	M	36	Senke landgang		L
17	Fortøye	t/r	M			t/r	
				37	Avstigning passasjerer til Ålesund		L
				38	Sikre båt for nattligge	n	L

18	Senk landgang	t/r	L	39	Ta opp landgang og avstigning sikkerhetsansvarlig	n	L
19	Avstigning passasjerer til Langevåg	t/r	L	40	Nattligge med topplading	n	L
20	Ombordstigning passasjerer til Ålesund	t/r	L	41	Ta ned landgang og påstigning sikkerhetsansvarlig	n	L
21	Ta opp landgang	t/r	L	42	Klargjør for normal drift	n	L



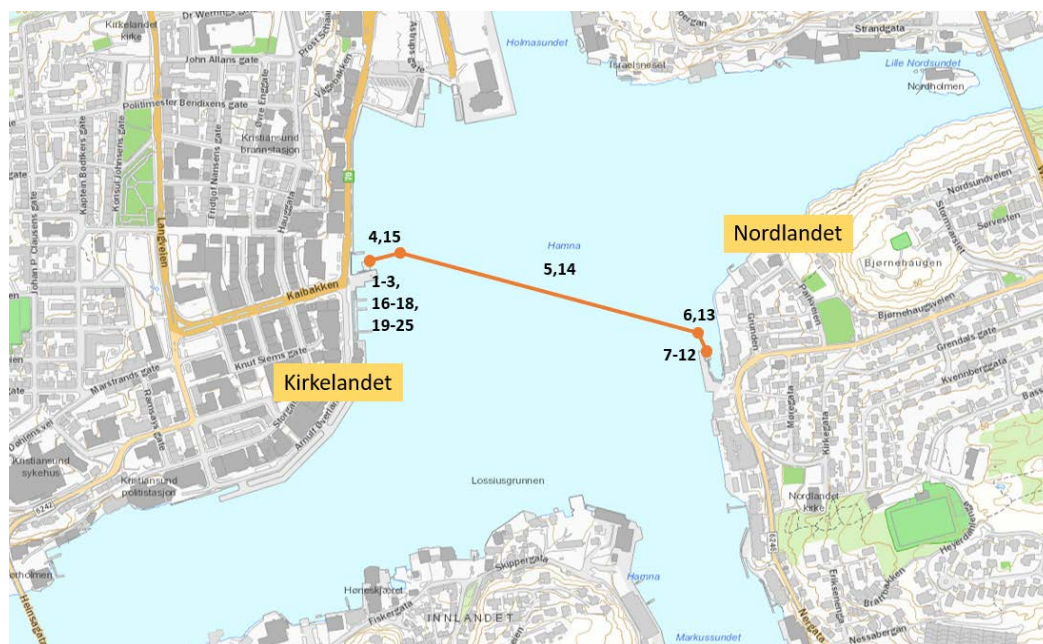
Figur 11: Illustrasjon av den geografiske lokasjonen til Langevågsbåtenes oppdragsfaser. Numrene samsvarer med innholdet og beskrivelsene som gis i Tabell 3.

Tabell 5: Oversikt over oppdragsfaser for Pendelfergen med tilhørende fase nummer Nr., fasebeskrivelse, frekvens Fr. (t/r – tur/retur, n – natt) og vurdering av fasekompleksitet K (L – lav, M middels, H – høy).

Nr.	Beskrivelse	Fr.	K	Nr.	Beskrivelse	Fr.	K
1	Ombordstigning passasjerer til Nordlandet	t/r	L	14	Transitt fra Nordlandet til Kirkelandet	t/r	M
2	Ta opp landgang	t/r	L	15	Manøvrere og retardere inn til kai på Kirkelandet	t/r	M
3	Løsne fortøyning	t/r	L	16	Fortøye	t/r	M
4	Manøvrere og akselerere ut fra kai på Kirkelandet	t/r	M	17	Senke landgang	t/r	L
5	Transitt fra Kirkelandet til Nordlandet	t/r	M	18	Avstigning passasjerer til Kirkelandet	t/r	L
6	Manøvrere og retardere inn til kai på Nordlandet	t/r	M	19	Koble til ladeplugg	n	L
7	Fortøye	t/r	M	20	Sikre båt for nattligge	n	L
8	Senke landgang	t/r	L	21	Ta opp landgang og avstigning sikkerhetsansvarlig	n	L
9	Avstigning passasjerer til Nordlandet	t/r	L	22	Nattligge med lading	n	L

10	Påstigning passasjerer til Kirkelandet	t/r	L
11	Ta opp landgang	t/r	L
12	Løsne fortøyning	t/r	L
13	Manøvrere og akselerere ut fra kai på Nordlandet	t/r	M

23	Ta ned landgang og påstigning sikkerhetsansvarlig	n	L
24	Koble fra ladeplugg	n	L
25	Klargjør for normal drift	n	L

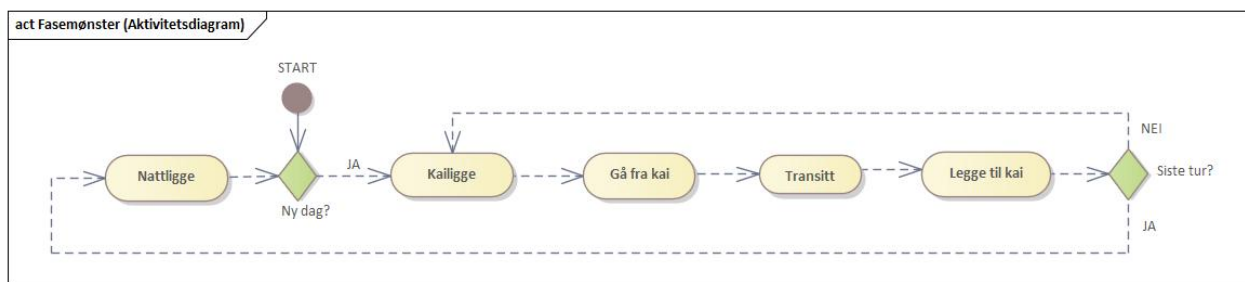


Figur 12: Illustrasjon av den geografiske lokasjonen til pendelfergens oppdragsfaser. Numrene samsvarer med innholdet og beskrivelsene som gis i Tabell 4.

Oppsummert viser tabellene at seilassen for Langevågsbåten består av 42 ulike oppdragsfaser av ulik kompleksitet, mens antall oppdragsfaser for Pendelfergen er 25.

5.4 Fasemønster

Definering av fasemønster er kort sagt en generalisering av de allerede identifiserte oppdragsfasene. Dette fordi det er lite hensiktsmessig å designe et system ut fra egenskapene til hver av de 42 oppdragsfasene til Langevågsbåten og de 25 oppdragsfasene for pendelfergen. Ved å definere faser som er relativt like både med hensyn til hva som skal utføres, hva som påvirker utførelsen, og hvordan den resulterende kompleksiteten ansees å være, generaliserer man oppdragsfasene til et redusert sett av fasemønster. Disse representerer alle oppdragsfasene på en tilstrekkelig måte for videre design av kontrollromskonseptet. Funksjonalitet som spriker eller er relativt lik, faser som ikke naturlig hører sammen og som hører sammen, og kompleksitet som spriker eller er sammenfallende, er brukt som indikatorer for den iterative prosessen med å foreslå et redusert sett av fasemønster. Sammenhengen mellom de foreslått fasemønstrene for de to brukercasene er vist i Figur 13, hvor den overordnede flyten fra fasemønster til fasemønster gjennom et døgn vises ved bruk av et aktivitetsdiagram.



Figur 13: Aktivitetsdiagram med fasemønster for Langevågsbåten og Pendelfergen

De foreslåtte fasemønstrene for Langevågsbåten og Pendelfergen er også listet opp i henholdsvis Tabell 5 og Tabell 6 med referanse til hvilke opprinnelige oppdragsfaser hvert fasemønster består av. Inkludert er også referanse til summen av kompleksitetsvurderingene av de opprinnelige fasene, og med en tidligfase kvalitativ vurdering fasemønsterets kompleksitet. Merk at kompleksiteten til hvert fasemønster varierer, også mellom brukercasene.

Tabell 6: Foreslåtte fasemønster for Langevågsbåten

Fasemønster	Opprinnelige faser	Kompleksitet			Overordnet vurdering
		Lav	Middels	Høy	
Kailigge	2,4,18,19,20,21,36,37	8			Lav kompleksitet, men behov for å overvåke spesielt påstigning av passasjerer
Ladeoperasjon	1,3,35,40	4			Kan gjennomføres helautomatisk gitt god fortøyning og sikring av område
Legge til kai	16,17,32-34		3	2	Vanskelig å manøvrere i sterk vind for noen retninger og trafikksituasjon kan påvirke
Gå fra kai	5-7,22-23	2	3		Vanskelig å manøvrere i sterk vind for noen retninger, samt uoversiktlig trafikkbilde
Transitt	8-15, 24-31	2	5	9	Utfordrende med høy hastighet og behov for unna manøvrering pga. redusert sikt og uoversiktlig trafikkbilde
Nattligge	38,39,41,42	4			Lav kompleksitet, men behov for å sikre skip

Tabell 7: Foreslåtte fasemønster for Pendelfergen

Fasemønster	Opprinnelige faser	Kompleksitet			Overordnet vurdering
		Lav	Middels	Høy	
Kailigge	1,2,8,9,10,11,17,18,21, 23	10			Lav kompleksitet, men behov for å overvåke spesielt påstigning av passasjerer
Ladeoperasjon	19,22,24	3			Kan gjennomføres helautomatisk gitt god fortøyning og sikring av område
Legge til kai	6,7,15,16		4		Trafikkbilde kan påvirke.
Gå fra kai	3,4,12,13	2	2		Trafikkbilde kan påvirke
Transitt	5,14		2		Mulig behov for unnamanøver pga. kryssende trafikk
Nattligge	20, 25	2			Lav kompleksitet, men behov for å sikre skip

Tabell 7 oppsummerer den kvalitative tidligfasevurderingen som er gjennomført for hvert fasemønster.

Tabell 8: Kvalitativ tidligfasevurdering av kompleksiteten til fasemønster

Fasemønster	Kompleksitet
Kailigge, nattligge, ladeoperasjon	Lav
Legge til kai, gå fra kai	Middels
Transitt	Middels til høy

Fasemønster **kailigge** er vurdert til å ha lav kompleksitet for både Langevågsbåten og Pendelfergen. Det vil derimot være et behov for å overvåke spesielt påstigning av passasjerer mht. sikkerhet, og samtidig sørge for at skipet er forsvarlig sikret til kai under helde påstigningsprosessen. Merk at dette er en hovedoppgave tiltenkt sikkerhetsansvarlig om bord, og hvor kontrollromsoperatør ikke er tiltenkt noen særskilt rolle eller funksjon ved normal drift.

Nattligge er også vurdert til å ha lav kompleksitet i begge brukercasene da de fleste systemer sannsynligvis er avslått, og primæraktiviteten er knyttet til sikring av skip og tilhørende utstyr ved kai. Kontrollrommet er ikke tiltenkt å være operativt ved nattligge, og det er tiltenkt at sikkerhetsbrudd eller problemer med fortøyning skal håndteres av beredskapsorganisasjon og beredskapstjenester, som igjen varsler driftsorganisasjon ved behov.

Ladeoperasjon vil foregå ved både kailigge og nattligge for Langevågsbåten i Ålesund og ved nattligge for Pendelfergen på Kirkelandet. Ladeoperasjonen er i begge tilfeller vurdert til å ha lav kompleksitet med lite behov for overvåking og lite mulighet for styring fra både fra skip og kontrollrom. I utgangspunktet er uønskede hendelser knyttet til lading vurdert som at servicepersonell skal tilkalles gjennom driftsorganisasjonen, og at kompetanse knyttet til feilsøking og liknende ikke skal besittes av hverken kontrollromsoperatør eller sikkerhetsansvarlig. Det innebærer at lading i utgangspunktet bør kunne gjennomføres helautomatisk gitt en god fortøyning og sikring av området. Dette understøttes også av at batterilading for Pendelfergen vil foregå på natt, hvor verken sikkerhetsansvarlig eller kontrollromsoperatør er tilgjengelig. Strengt tatt kunne man fjernet ladeoperasjon som eget fasemønster og heller lagt det inn under nattligge og kailigge da det er parallelle og ikke sekvensielle fasemønster. Ladeoperasjon har likevel blitt beholdt fordi det er et annet aktørbilde for ladeoperasjon spesifikt enn nattligge og kailigge generelt.

Legge til kai og gå fra kai har blitt vurdert til ha ulik kompleksitet for Langevågsbåten og Pendelfergen. Den generelle vurderingen av kompleksiteten er vurdert til å være middels til høy for Langevågsbåten. Manøvreringsevnen til Langevågsbåten svekkes ved lave hastigheter og kontinuerlig vind over 11-14 m/s skrått bakfra. I tillegg vil nok sterke vindkast fra samme retning skape utfordringer spesielt når Langevågsbåten skal legge til kai, og kanskje i noe mindre grad når den skal gå fra kai. Det vil også være viktig å ha god oversikt over trafikkbildet i disse fasemønstrene, da det kan bestå av en blanding av kommersielle større skip, små fritidsbåter og myke sjøfarere som kajaker og likende. I utgangspunktet bør automasjonssystemet på skipet være i stand til å utføre oppgavene knyttet til disse fasemønstrene selv, men det bør være mulig å varsle operatør dersom det er behov for å overta styring (les: i tilfeller hvor automasjonen ikke strekker til).

Manøvreringsevnen til Pendelfergen blir også påvirket av vind på samme måte som Langevågsbåten, men tåler i utgangspunktet mer vind enn det som er normalen i området. Den generelle vurderingen av kompleksiteten er vurdert til å være middels til lav for Pendelfergen

Transitt er vurdert til å være av middels kompleksitet for Pendelfergen. Området er ganske godt skjermet for vind og bølger, og man må i all hovedsak passe på kryssende trafikk gjennom havnebassenget. Gitt lav hastighet er det god mulighet for å bremse opp og gjøre en unnamanøver for småbåter o.l. i havnebassenget, men lite mulighet for å gjøre raske og store unnamanøvere for store skip. Automasjonen på skipet må i utgangspunktet ta hånd om dette fasemønsteret, og det er et spørsmål om hvorvidt det er hensiktsmessig å legge opp til at automasjonen skal kunne varsle operatør om å ta over kontroll eller ikke, gitt lite mulighet for større unnamanøvere, samt kort overfart i distanse og tid. Sistnevnte diskuteres også nærmere i seksjon 8.

For Langevågsbåten er transitt vurdert til å ha middel til høy kompleksitet. Hovedutfordringen i dette fasemønsteret er den høye hastigheten kombinert med behov for mulige unnamanøvere gitt begrenset sikt eller uoversiktlig trafikkbilde. I tillegg utfordres sikkerhetsmarginen generelt ettersom avstanden mellom beslutning og resultat av beslutning blir mindre som følge av den høye hastigheten (Borgen, et al., 2022). Den begrensede sikten er primært knyttet til at Langevågsbåten passerer en rekke holmer, spesielt i området rundt Langevåg. Utover dette vil transitten måtte forholde seg til både kryssende og langsgående trafikk med ulikt innslag av store skip, mindre fritidsbåter og myke sjøfarere. Automasjonen er i utgangspunktet tiltenkt å ta hånd om dette fasemønsteret bl.a. gjennom systemer som objekt-deteksjon og anti-kollisjon (Holte & Wengersberg, 2021), men i motsetning til håndtering av transitt på Pendelfergen, så må man kunne forvente at operatøren i kontrollrommet i større grad blir nødt til å agere på denne fasen dersom automasjon gir beskjed om dette. Overfarten er relativt rask, men transittfasen for Langevågsbåten varer også lengre i tid sammenlignet med Pendelfergen. Det er heller ikke samme oversikt over området til Langevågsbåten som for Pendelfergen, hvor sistnevntes overfart i prinsippet kan sees hele veien fra land. For å bedre oversikten til Langevågsbåten kunne man vurdert å plassere ut kamera eller liknende støttemidler på holmene, for å lettere kunne forutsett hva Langevågsbåten kan møte under seilassen. Dette har dog ikke blitt hensyntatt eller diskutert videre i denne rapporten.

Oppsummert ser vi at begge brukercasene lar seg beskrive av samme type fasemønster, dette til tross for ulikt antall oppdragsfaser og forskjellige operasjonsområder. Som nevnt tidligere i denne seksjonen er det også forventet at kontrollromsoperatør vil måtte ta stilling til og vurdere informasjon på vegne av skipsautomasjonen, og i ytterste konsekvens overta kontroll over skipet dersom automasjonen ikke strekker til. De viktigste årsakene for sistnevnte er for de to brukercasene:

- Kontroll ved av- og påstigning av passasjerer.
- Høy vind skrått bakfra når spesielt Langevågsbåten skal legge til kai, men også gå fra kai og manøvrere ved lave hastigheter før styrehastighet oppnås.
- Hastighet til Langevågsbåten i transitt kombinert med mulig begrenset sikt og uoversiktlig trafikkbilde.
- Kort overfart for Pendelfergen gjør at spesifikke vurderinger må gjøres særlig ift. tilgjengelig tid for at operatør skal varsles, klare å sette seg inn i situasjonen og agere.

5.5 Funksjonsbeskrivelse

Prosjektet har ikke utarbeidet en egen funksjonsbeskrivelse, men tatt utgangspunkt i funksjonsbeskrivelsen som er tilgjengeliggjort i AUTOSHIP D3.1 (Rødseth et al., 2021b). Funksjonsbeskrivelsen fra AUTOSHIP har blitt utvidet med resultater fra dette arbeidet og resultater fra Smartere Transport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021). Utvidelsene er gjort spesielt med hensyn til sikkerhetskritiske hendelser,

passasjertransport og bruk av batterier og ladestasjon på land. En samlet funksjonsoversikt er gjengitt i Appendiks A.7 Gjennom arbeidet med definering av systemoppgaver i neste seksjon, samt påfølgende oppgavebeskrivelser for kontrollromsoperatør, er det gjennomført en iterativ prosess på inndeling og innhold i hovedfunksjonene som er tatt i bruk i denne rapporten. Det endelige valget for videre analyse falt på inndelingen som er gitt av Tabell 8. Sammenhengen mellom valgte funksjoner og opprinnelige funksjoner i AUTOSHIP D3.1 (Rødseth et al., 2021b) er også beskrevet.

Tabell 9: Funksjonsinndeling for Langevågsbåten og Pendelfergen.

Funksjon	Navn	Sammenheng med detaljert oversikt i Appendix A7
F1	Navigasjon og manøvrering	Består i hovedsak av S11 (situasjonsforståelse) og S12 (Manøvrering)
F2	Planlegging og avvikshåndtering	Utgangspunkt i S13 (navigasjon), men innholdet samsvarer ikke helt da Smartere Transports brukercaser seiler i faste ruter, og ikke seilas med ulike start og sluttunkt.,
F3	Nautisk kommunikasjon	Består av S14. Ble definert som egen funksjon for å utlede krav til kommunikasjon og definere aktørbilde.
F4	Fortøyning	Består av deler av S2 (Navigasjonsstøtte)
F5	Stabilitet og skrogintegritet	Består av deler av S3 (Integritet til skrog, last og stabilitet)
F6	Maskineri og tekniske systemer	Tilsvare S4 (Maskineri og tekniske systemer)
F7	Sikkerhet og krisehåndtering	Består av deler av S5 (Sikkerhetsstyrings-system), i tillegg til nye elementer fra Rapport L2.2
F8	Vedlikehold	Tilsvare S7 (Vedlikehold)
F9	Passasjerhåndtering	Består av deler av S8 (Administrasjon og planlegging) i tillegg til nye elementer fra denne rapporten.

5.6 Systemoppgaver og avgrensning av kontrollromoperatørens ansvar

Fasemønstrene som ble definert i Seksjon 5.4 og funksjonsinndelingen fra Seksjon 5.5 danner grunnlaget for å definere og avgrense systemoppgavene til Langevågsbåten og Pendelfergen. Som beskrevet i Seksjon 3 så vil en systemoppgave utføres av automasjon og menneske, sammen eller alene, for å håndtere en gitt funksjon (eks: navigasjon) for et gitt fasemønster (eks: transitt) under gitte forhold (eks: bølger eller sikt). Hovedformålet her er å avgrense og spesifisere systemoppgaver for kontrollrommet, og som videre brukes for å definere oppgavene til kontrollromsoperatøren.

For å avgrense hvilke ansvar operatør i kontrollrommet har så er det først gjort en slik vurdering for alle fasemønstre og funksjoner fra henholdsvis Seksjon 5.4 og 5.5, samt sikkerhetskritiske hendelser som definert i Rapport L2.2. De detaljerte resultatene av dette er gjengitt i Appendiks B. Tabell 9 inneholder en liste over systemoppgaver som kontrollromsoperatøren er involvert i sammen med en beskrivelse av kontrollromsoperatørens ansvar for hver systemoppgave som det ble spesifisert i Appendiks B.

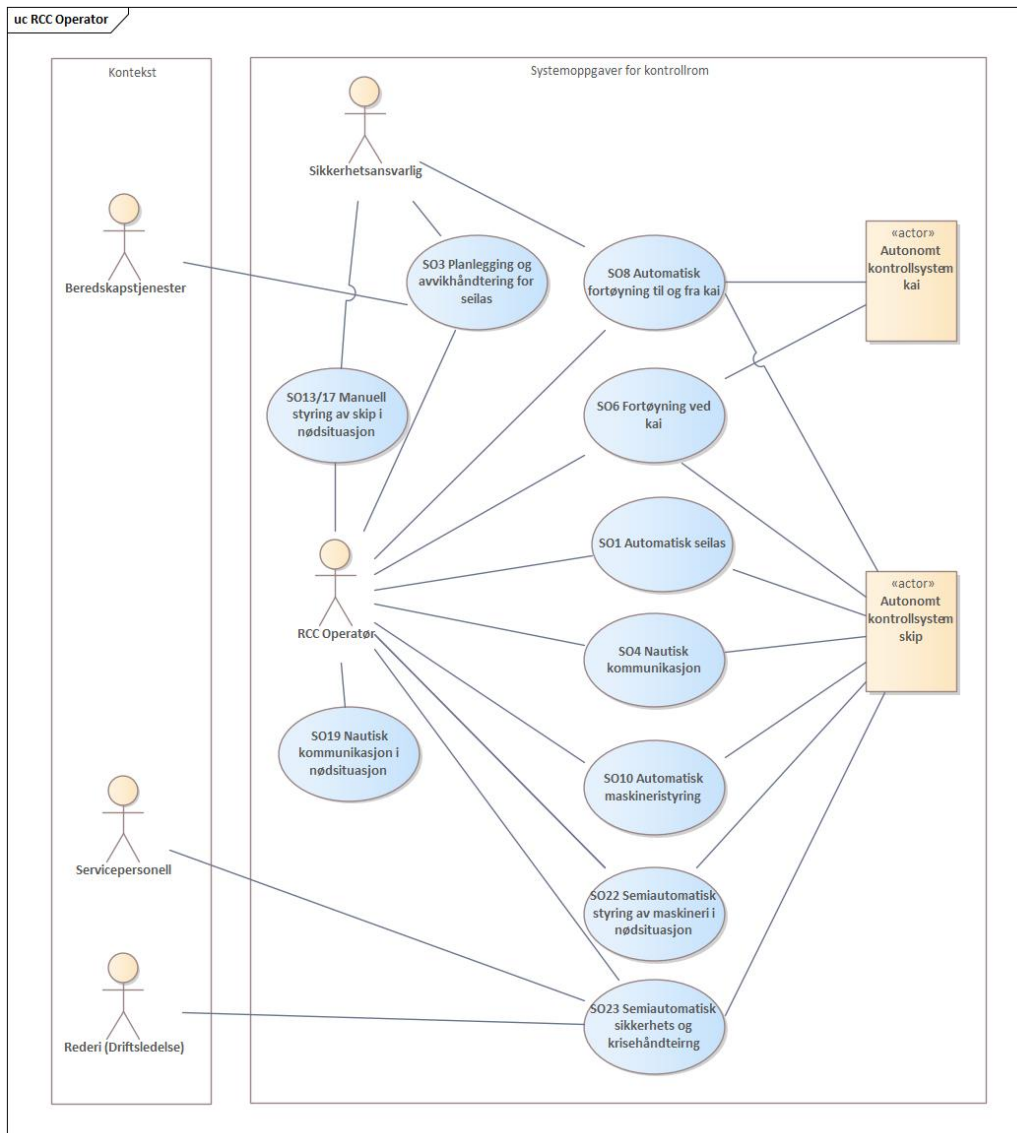
Tabell 10: Resulterende systemoppgaver hvor kontrollromoperatør er involvert.

Systemoppgaver	Navn	Ansvar til kontrollromoperatør
SO1	Automatisk seilas	Ta over kontroll fra skipsautomasjon når det blir gitt beskjed om dette
SO3	Planlegging og avvikshåndtering for seilas	Manuelle oppgaver
SO4	Nautisk kommunikasjon	Manuelle oppgaver i kombinasjon med automatiske oppgaver utført av skipsautomasjon

SO5	Fortøyning ved kai	Manuelle oppgaver i kombinasjon med automatiske oppgaver utført av skipsautomasjon
SO6	Automatisk fortøyning	Ta over kontroll fra skipsautomasjon eller havneautomasjon når det blir gitt beskjed om dette
SO8	Automatisk stabilitetsmonitorering ved kailigge og seilas	Ta over kontroll fra skipsautomasjon når det blir gitt beskjed om dette
SO10	Automatisk maskineristyring ved kailigge og seilas	Ta over kontroll fra skipsautomasjon når det blir gitt beskjed om dette.
SO13/U17	Manuell styring av skip ved nødsituasjon	Manuelle oppgaver
SO19	Nautisk kommunikasjon i nødsituasjon	Manuelle oppgaver
SO22	Semiautomatisk styring av maskineri i nødsituasjoner	Manuelle oppgaver i kombinasjon med skipsautomasjon
SO23	Semiautomatisk sikkerhets og krisehåndtering	Manuelle oppgaver i kombinasjons med skipsautomasjon

6 Kontrollromsoperatørens oppgaver

Denne seksjonen består av tre deler. Først beskrives kontrollromoperatørens oppgavekategorier med hensyn til innhold og deretter diskuteres sammenhengene mellom de ulike kategoriene. Oppgavekategoriene beskriver hovedtrekkene av de oppgavene som kontrollromoperatøren utfører. Til slutt vurderes det hvilke oppgavekategorier som vil stå for mesteparten av operatørens arbeid i en læringsfase, i overgangen fra læringsfase til autonom operasjon, og i autonomoperasjon, som beskrevet i Smartere Transport rapport L2.2. Sammenhengen mellom de systemoppgavene som kontrollromoperatøren er involvert i og de andre aktørene som også har en rolle i disse er vist i Figur 14.



Figur 14: Oversikt over systemoppgaver som kontrollromoperatør er involvert i med kobling til andre aktører.

Forskjellen mellom aktører som er definert som med i systemet og de som er definert som utenfor systemet (kontekst) er at man må beskrive hva aktørene i systemet skal gjøre, mens man bare trenger å ha en generell oversikt over kontekstaktørenes virke.

Utgangspunktet for oppgavekategoriene som beskrives og diskuteres i denne seksjonen er en detaljert beskrivelse av kontrollromoperatørens oppgaver for alle systemoppgavene i Appendiks C, hvor hver enkelt systemoppgave først blir beskrevet med hensyn til funksjon, faser og ansvar. Deretter blir de spesifikke oppgavene til kontrollromsoperatør listet opp punktvis.

6.1 Kategorisering av oppgaver

Alle oppgavene som ble spesifisert for kontrollromsoperatøren i Appendiks C kan defineres som enten planlagte oppgaver, uplanlagte oppgaver eller oppgaver knyttet til kommunikasjon og utveksling av meldinger. Tabell 10 viser hvor mange av oppgavene som faller inn under hver kategori. Det er en overvekt av uplanlagt oppgaver og oppgaver knyttet til kommunikasjon og meldinger sammenlignet med antall planlagte oppgaver. Oversikten sier dog ingenting om hvor mye tid en enkelt oppgave vil kreve, ei heller hvor kompleks oppgaven i seg selv er å utføre for kontrollromsoperatøren.

Tabell 11: Oppsummering av oppgaver for kontrollromsoperatør

Systemoppgaver	Planlagte oppgaver	Uplanlagte oppgaver	Kommunikasjon og meldinger
SO1-Automatisk seilas		1,2,3,4	
SO3-Planlegging og avvikshåndtering for seilas	1,9,10	3,4	2,5,6,7,8
SO4-Nautisk kommunikasjon	4		1,2,3
SO5-Fortøyning ved kai		1,2	
SO6-Automatisk fortøyning		1,2,3	
SO8-Automatisk stabilitetsmonitorering ved kailigge og seilas		1	2,3
SO10-Automatisk maskineristyring ved kailigge og seilas		1,2	3,4
SO13/17-Manuell styring av skip ved nødsituasjon		1	2,3,4,5
SO19-Nautisk kommunikasjon i nødsituasjon			1
SO22-Semiautomatisk styring av maskineri i nødsituasjoner		1,2	
SO23 – Semiautomatisk sikkerhets og krisehåndtering		3,5,6	1,2,4
Sum antall oppgaver per kategori	4	20	20

Basert på innholdet i oppgavebeskrivelsene fra Appendiks C kan vi videre definere følgende innhold for hver av de tre oppgavekategoriene til kontrollromsoperatøren:

Kommunikasjon og meldinger

Utteksling av nautisk informasjon i normal- og nødsituasjoner, rapportering, bistandsforespørsler til beredskapsorganisasjon, og avklaringer med sikkerhetsansvarlig.

Se Seksjon 7 for en detaljert kommunikasjonsoversikt mellom kontrollromsoperatør, andre systemer og aktører. Kommunikasjonsoversikten viser hvem operatøren må samarbeide med og hvilken informasjon som utveksles. Informasjonen som utveksles kan være et resultat av både planlagte og uplanlagte oppgaver.

Planlagte oppgaver:

Planlagte oppgaver for kontrollromsoperatør består i hovedsak av prosedyresjekk av utstyr, planlagt sikkerhetspatuljering via CCTV (kamerabasert visuell overvåkning) og ajourføring og kvalitetssikring av logger og rapporter. Hvorvidt sistnevnte skal være en del av operatørens oppgaver kan dog diskuteres, da oppgavene også kan falle naturlig inn under ansvarsområdet til driftsorganisasjonen. I utgangspunktet bør

det søkes å minimere planlagte oppgaver da de vil låse operatøren over et gitt tidsrom. En planlagt oppgave kan resultere i en taktisk justering som beskrevet nedenfor. En overordnet vurdering av når det er hensiktsmessig å utføre planlagte oppgaver er beskrevet i seksjon 8.

Uplanlagte oppgaver:

Uplanlagte oppgaver består i hovedsak av oppgaver knyttet til behov for vurdering/validering av informasjon og behov for inngripen, som begge gis til operatør fra automasjon på skip eller kai, både under normale driftssituasjoner, og for nødsituasjoner eller sikkerhetskritiske hendelser. Oppgavene defineres som uplanlagte da tidspunkt for utførelse ikke kan planlegges da det avhenger av at betingelsene for at gitte situasjoner inntreffer med påfølgende beskjed fra automasjonen til operatør. Det er viktig å bemerke at alle oppgavene i denne kategorien også har en prosedyre for utførelse. De uplanlagte oppgavene kan resultere i både en taktisk justering og en operasjonell justering.

Taktisk justering

En taktisk justering er et resultat av både planlagte og uplanlagte oppgaver. Operatøren anser at krav til sikkerhet, driftsstatus eller regularitet kan opprettholdes ved å gjøre enkle justeringer av parametersettet til skipet. Dette kan for eksempel være å justere avgangstid, redusere øvre grense for seilingshastighet eller justere ned tilgjengelig tid for neste ladeoperasjon ved kailigge. Dersom en planlagt eller uplanlagt oppgave ikke resulterer i noe behov for verken taktisk eller operasjonell justering, så bekrefter operatør at sjekk er utført, og dette regnes da som en strategisk justering med resultat status quo, som innebærer at man fortsetter som før.

Operasjonell justering

En operasjonell justering er et resultat av uplanlagte oppgaver. Den operasjonelle justeringen utføres som en manuell inngripen i styring av skipet eller deler av skipet dersom skipsautomasjonen ber om at operatør griper inn, eller dersom operatør som resultat av vurdering/validering av informasjon selv velger å gripe inn.

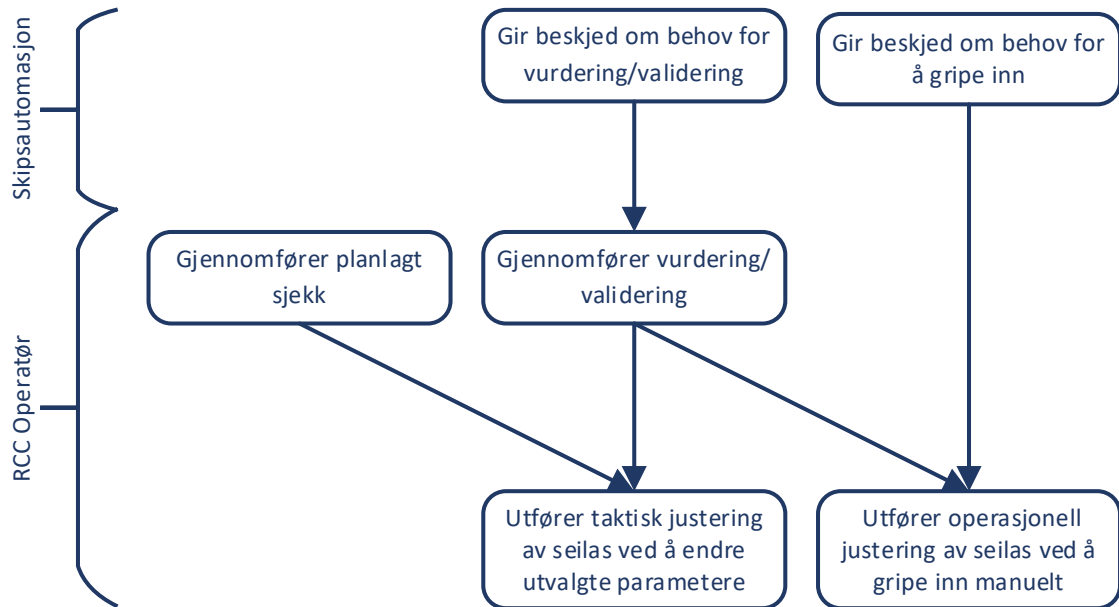
6.2 Vurdering av oppgaver og sammenhenger mellom disse

Sammenhengen mellom planlagte og uplanlagte oppgaver som kan lede til enten taktisk eller operasjonell justering av seilas er vist i Figur 15.

Det er primært uplanlagte oppgaver som kan medføre at operatør må utføre en operasjonell justering via en manuell inngripen (f.eks. overta styring av skipet). I all hovedsak oppstår uplanlagte oppgaver som en konsekvens av alarmer som gis fra automasjon til operatør, og som krever en gitt responstid. Planlagte oppgaver krever ingen spesifikk responstid, men det er ønskelig at disse gjøres på tidspunkt hvor det er lav sannsynlighet for at operatøren får en uplanlagt oppgave til utførelse, og hvor resultatet av den uplanlagte oppgaven krever handling av operatør i form av taktisk eller operasjonell justering av seilassen. Situasjonene som fører til at automasjonen ber om at operatør må gripe inn er detaljert ut i oppgavebeskrivelsene i Appendix C, mens betraktninger rundt responstid for dette er gitt i Seksjon 8 sammen med en overordnet vurdering av operatørbelastningen som resultat av kombinasjonen planlagte og uplanlagte oppgaver.

Figur 15 viser ikke oppgaver knyttet til kommunikasjon og meldingsutveksling da dette er dekt av seksjon 7. Samtidig kan en implisitt si at kommunikasjon som følger av planlagte oppgaver er en del av planlagte oppgaver, mens kommunikasjon som følger av uplanlagte oppgaver er en del av uplanlagte oppgaver. Det

er likevel enkelte situasjoner hvor kommunikasjon og meldinger utveksles med andre aktører uten at det er knyttet til en spesifikk oppgave, og det er derfor hensiktsmessig å behandle kommunikasjon separat.



Figur 15: Sammenheng mellom planlagte og uplanlagte oppgaver som kan lede til taktisk eller operasjonell justering av seilas

6.3 Oppgavens relasjon til læringsfase og overgang til autonom operasjon

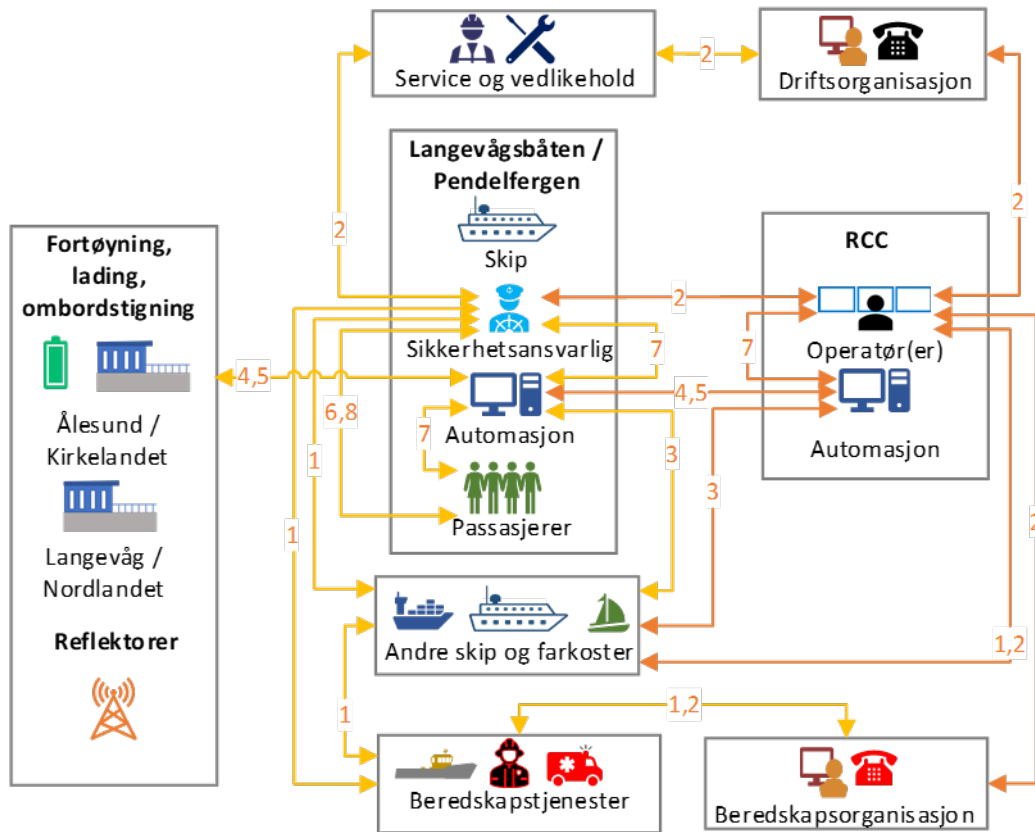
Smartere Transport Rapport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021) viser til en trappetrinnmodell både for Langevågsbåten og Pendelfergen hvor man først går gjennom en læringsfase før man kan iverksette autonom operasjon med kontrollrom. Det vises også til at begge brukercasene kan realiseres uten kontrollrom i læringsfasen, men at det anbefales å etablere disse så raskt som mulig.

Figur 15 kan brukes til å illustrere hvordan oppgavene til en kontrollromsoperatør vil være i overgangen fra læringsfase til autonom operasjon. Ved opprettelse av kontrollrom og ved prøving av teknologi vil operatør oftere og i større grad måtte gjennomføre planlagt sjekk av utstyr og systemtilstander. Når modenheten til teknologien øker kan dette gradvis erstattes ved at skipsautomasjonen i større grad ber om vurdering/validering av informasjon fra operatør. Når modenheten øker ytterligere så vil man kunne forvente at automasjonen i større grad vil be om at operatør griper direkte inn ved behov. Realisering av et kontrollrom med lav bemanning vil nok kreve at modenheten til teknologien er på nivå slik at sistnevnte kategori er essensen i kontrollromstrategien. Når modenheten er på et slikt nivå, så vil man kunne forvente at de planlagte oppgavene er minimert til sjekk av utstyr som ikke er instrumentert opp, enten fordi det er teknisk vanskelig eller økonomisk ugunstig.

For å oppsummere så vil hovedbestanddelen av oppgavene til et umodent system ligge til venstre i Figur 15, mens for et modent system så vil hovedbestanddelen ligge til høyre. Overgangen fra læringsfase til autonom operasjon innebærer å få oppgavene til å bevege seg fra venstre mot høyre.

7 Kommunikasjon mellom kontrollrom og andre systemer og aktører

Figur 16 viser en oversikt over hvilke system- og kontekstkomponenter som kommuniserer med hvilke aktører sammen med forslag til hvilke typer kommunikasjonsbærere som kan brukes til dette. Oransje piler viser kommunikasjonsveier som er direkte knyttet til kontrollrommet, mens gule piler viser kommunikasjonsveier som ikke har en direkte kobling til kontrollrommet, men som er viktig for systemet som helhet.



Figur 16: Kommunikasjon mellom aktører og komponenter

De ulike numrene refererer til kommunikasjonsbærere, og disse er listet opp i Tabell 11 med utgangspunkt i informasjon fra AUTOSHIP D3.1 (Rødseth et. al, 2021b). Oversikten er utarbeidet med utgangspunkt i Figur 10, og hvor kommunikasjonsveier er utledet fra oppgavebeskrivelsen til kontrollromsoperatør i Seksjon 6 og Appendiks C, samt fra Smartere Transport L2.2.

Tabell 12: Aktuelle kommunikasjonsbærere (Kilde: Rødseth et.al., 2021b)

Nummer	Forkortelse	Beskrivelse
1	VV	Voice over VHF
2	VM	Voice over SatCom/Mobile
3	DV	Digital VHF (VDES/AIS)
4	DR	Digital over SatCom/Mobile
5	DM	Digital over SatCom/Mobile
6	VI	Visual
7	HAI	Human-automation interface
8	VPA	Voice or Visual over PA

Hovedinnholdet i kommunikasjonen mellom kontrollrommet (RCC-operatør og RCC automasjon) mot de andre aktørene og systemene er oppsummert i Tabell 12. Oppsummeringen er basert på innholdet i kontrollromsoperatøren oppgaver som er beskrevet i Seksjon 6 og Appendiks C.

Tabell 13: Hovedinnhold i kommunikasjon mellom kontrollrom og andre aktører og systemer

Kommunikasjon mellom		Type	Meldinger (Innhold i kommunikasjon)
RCC Operatør	RCC Automasjon	7-HAI	- Videreformidling av kommandoer, beskjeder og informasjon mellom skip og RCC-operatør.
RCC Operatør	Sikkerhetsans.	2-VM	- Situasjonsavklaringer (Hva skal gjøres når fallback er aktivert, Feilsituasjoner kai, skip, ladesystem) - Planlagte serviceoppdrag og uforutsette operasjoner - Overskridelse av passasjertall - Brudd på datasikkerhet - Virtuell sikkerhetspatroljering (CCTV) og bekreftelser på visuell bistand via CCTV
RCC Operatør	Driftsorg.	2-VM	- Feilsituasjoner kai, skip, ladesystem som krever servicepersonell; Uforutsette reparasjoner og planlagte serviceoppdrag - Rutestans og avvik; både nåværende og fremtidige. - Brudd på datasikkerhet - Rapportering; Energi, rute, beredskapsøvelser
RCC Operatør	Beredskapsorg.	2-VM	- Brudd på datasikkerhet - Sikkerhetskritiske situasjoner; inkludert situasjoner hvor operatør ikke kan overstyre manuelt
RCC Operatør	Andre skip	3-DV	- Gi, motta, videreformidle beskjeder inkludert sikkerhetsmeldinger. - Opprett kontakt med andre skip ved behov for bistand
RCC Automasjon	Andre skip	3-DV	- Gi, motta, videreformidle beskjeder inkludert sikkerhetsmeldinger.
RCC Automasjon	Skipautomasjon	4-DR D-DM	- Formidling av kommandoer, beskjeder og informasjon til og fra begge parter, inkludert: - Behov for vurdering av situasjon og/eller verifisering av informasjon - Behov for overtakelse av kontroll - Beskjed om overtakelse av kontroll - Justering av taktiske parametere

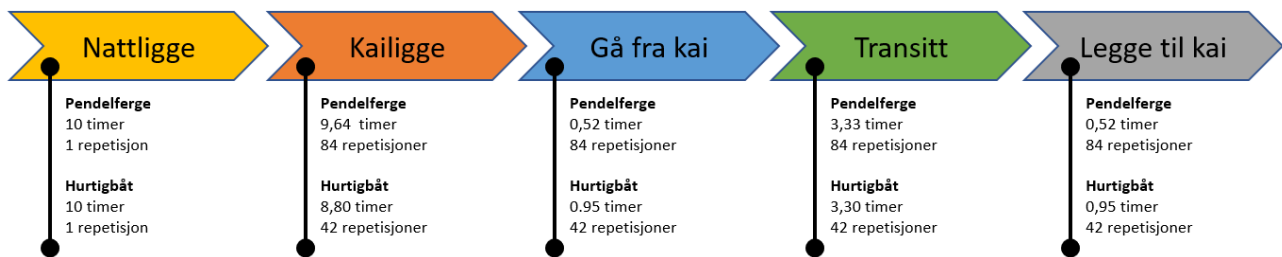
Merk at verken Tabell 12 eller Figur 16 inneholder kommunikasjonsveier eller meldinger som kun har til hensikt å legge til rette for overvåking av eksempelvis skip eller ladesystemer som ikke har noen funksjon i selve styringen av skipet eller for å ta andre beslutninger knyttet til driften. Et eksempel på en slik type overvåking kan være en visualisering av de ulike skipenes posisjon på rederikontoret. Et annet eksempel er antall passasjerer på skipet.

Merk også at kontrollromsoperatøren tar del i en rekke kommunikasjonsveier med tilhørende meldingsutvekslinger som ikke er direkte knyttet til navigasjonsfunksjonen, og som indikerer at operatøren vil måtte ta del i kommunikasjon, men også tilhørende oppgaver som støtter opp under navigasjon, men som heller ikke faller inn under oppgaver som tradisjonelt er forbundet med driftsledelse.

8 Operatørbelastning og responstid

Et av de springende spørsmålene med hensyn til kontrollrom er hvor mange operatører et kontrollrom må ha for å løse hovedoppgaven det er satt til å gjøre. Det eksisterer ikke noe generelt svar på dette i dag, men i det følgende argumenterer vi for behovet i Smartere Transport sett opp mot oppdragsbeskrivelse som definert i Seksjon 5.1.

Både Langevågsbåten og pendelfergen er i dette arbeidet antatt å være operativ 14 timer per dag mellom 06:30 til 20:30. Langevågsbåten drifter sin rute med en frekvens på både 30 og 60 minutter per tur/retur, som beskrevet av rutetabell i Appendiks A.2 og driftsprofil i Appendiks A.3. Tilsvarende driftes pendelfergen med en frekvens på 15 og 30 minutter med samme detaljer for rute og driftsprofil oppgitt i Appendiks A.2 og A.3. Informasjonen fra rutetabellen og driftsprofilen er overført til en fasemønsterprofil som vist i Figur 17. Merk at tiden som er brukt til "manøvrering" og "lav fart" fra driftsprofilene i Appendiks A.3 er summert og delt på fasemønstrene "gå fra kai" og "legge til kai" i Figur 17.



Figur 17: BrukerCasenes fasemønster med total tidsbruk og antall repetisjoner per døgn

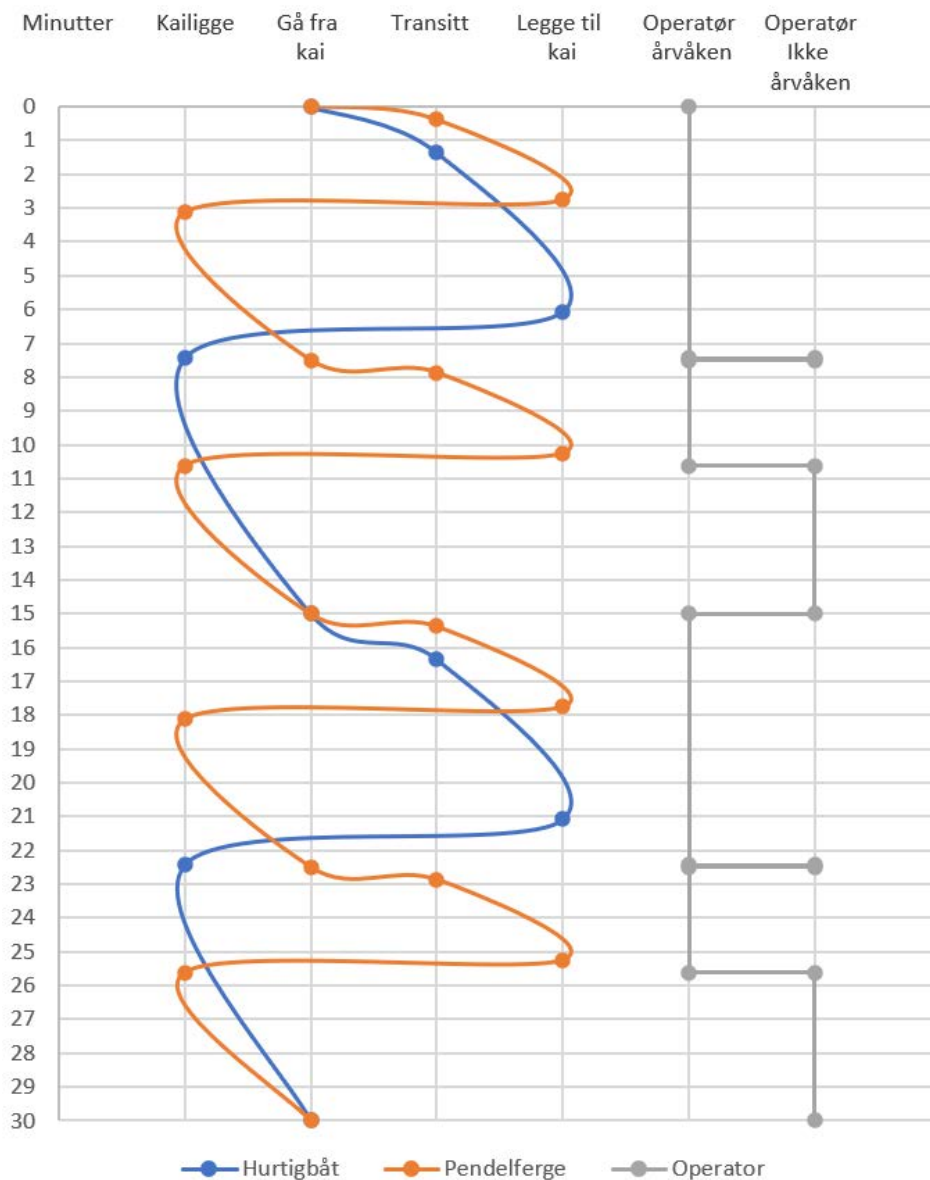
En betydelig andel av døgnet brukes til å ligge ved kai; totalt 18,8 timer for Langevågsbåten og 19,6 timer for Pendelfergen. Ved nattligge er ikke operatør tilgjengelig, samt at oppsummeringen av oppgavene til kontrollromsoperatøren i seksjon 6 viser at operatøren i utgangspunktet heller ikke har noen planlagte oppgaver ved kailigge (seksjon C.4). Disse oppgavene tilfaller sikkerhetsansvarlig som tar hånd om det som må gjøres lokalt ved kaien. Operatøren har dermed mye frigjort tid ved kailigge, tid som kan brukes til øvrige planlagte oppgaver. Utfordringen er likevel at perioden for kailigge er splittet opp i mange repetisjoner av kort varighet, og frigjøring av tid til operatør hvor det er lav sannsynlighet for at inngripen vil behøves krever også at kailigge til Langevågsbåten og Pendelfergen er koordinert.

Sammenhengen mellom fasemønstrene til Langevågsbåten og Pendelfergen over en periode på tretti minutter er vist i Figur 18. Visualiseringen av hvordan fasemønstrene sammenfaller over tid er inspirert av hvordan fleksibel oppgavetildeling for koordinator i flytårn er illustrert i Bruder et al. (2013). Det er tatt utgangspunkt i 30-minutters tur/retur-frekvens for Langevågsbåten og 15-minutters tur/retur-frekvens for pendelfergen. Dersom man gjør en grov antakelse om at kontrollromsoperatør ikke trenger å være årvåken ved kailigge, så vil man i perioden hvor rutefrekvensen er høyest ha 2 perioder a 4 min per 30 minutter hvor operatøren ikke trenger å være årvåken. Dette indikerer at mesteparten av planlagte oppgaver og ikke-nautisk kommunikasjon kunne blitt gjennomført ved de periodene hvor begge skipene ligger til kai og hvor kontrollromoperatøren ikke skal ha pauser.

De resterende 5,2 timer på sjøen for Langevågsbåten og 4,6 timer på sjøen for pendelfergen roterer mellom fasemønstrene "gå fra kai", "transitt" og "legge til kai". Totalt sett utgjør dette henholdsvis 252 og 126 fasemønsteroverganger for Pendelfergen og Langevågsbåten, som direkte kan overføres til antall

kontekstbytter som en operatør vil bli utsatt for dersom det utføres kontinuerlig overvåkning. Ettersom automasjonen i utgangspunktet er forventet å håndtere normal operasjon, og dermed ikke utløse noe behov for menneskelig inngripen, innebærer at de fleste oppgavene tilknyttet disse fasene nettopp vil være såkalte uplanlagte oppgaver. Disse vil være knyttet til behov for validering og vurdering av informasjon og behov for inngripen basert på beskjed fra skipsautomasjon (les: behov for menneskelig inngripen i tilfeller hvor automasjonen ikke strekker til, f.eks. ved potensielt sikkerhetskritiske hendelser).

I rapport L2.2 står det skrevet at " Operatør(er) ved kontrollrommet vil for alle operasjonelle faser overvåke operasjonen passivt (dvs. støttet av automasjonen), men vil kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er for komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Effektiv og sikker inngripen fra kontrollrom krever at det legges til rette for pålitelig alarmering av operatør slik at denne rekker å sette seg inn i situasjonen før assistanse gis."



Figur 18: Fasemønster for Pendelferge og Langevågsbåt over en 30-minutters periode med behov for kontrollromsoperatørens årvåkenhet

Denne konklusjonen stemmer overens med analysen og spesifisering av kontrollromsoperatørens oppgaver i denne rapporten. Kontrollromsoperatøren skal ikke overvåke alle operasjonelle faser aktivt da dette vil kreve operatørens fulle oppmerksomhet gjennom hele dagen kun for ett skip. I tillegg må det vurderes i hvor stor grad alle kontekstbyttene mellom fasene kan skape utfordringer for operatørens evne til å holde oversikt over begge brukercasene samtidig; Denne problemstillingen er ikke studert direkte i Smartere Transport, men betraktninger på dette er gitt gjennom litteraturstudiet i seksjon 4

Operatøren skal dog gjennomføre taktiske justeringer av seilasene. I tillegg skal operatør, som tidligere beskrevet i L2.2, kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er for komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Effektiv og sikker inngripen fra kontrollrom krever at det legges til rette for pålitelig alarmering fra automasjon til operatør slik at denne rekker å sette seg inn i situasjonen før assistanse gis.

En hovedutfordring for disse brukercasene er å 1) identifisere hvor lang tid automasjonen bruker på å finne ut at den trenger hjelp, 2) avklare hvor rask responstid en operatør har i de ulike tilfellene hvor det er behov for støtte til skipsautomasjonen, og om 3) responstiden til operatøren for de ulike tilfellene er mindre eller lik fristen eller tiden hvor hjelpen må utføres for å opprettholde sikker drift (Rødseth et al., 2021c). I tillegg til dette så vil tidslengden på et fasemønster definere øvre grense for hvor lang tid man kan bruke på å detektere en situasjon til korrigerende tiltak er utført av operatør. En overfart for pendelfergen er estimert til drøye tre minutter. Dersom operatøren har en responstid på ett minutt så vil man eksempelvis ikke klare å agere på hendelser i fasemønster legge til kai og gå fra kai. Da tar vi heller ikke hensyn til at automasjonen vil bruke noe tid på å detektere hendelser og gi beskjed til operatøren. Det er derfor nærliggende å tro at automasjonen før start av hver overfart gjør en vurdering og eventuelt melder fra til operatør om behov for støtte eller inngripen. Dette innebærer at skipsautomasjonen er sikker på at en overfart kan gjennomføres dersom valget om å gå fra kai tas uten at operatør involveres. Det innebærer også at det reelle behovet for operasjonell inngripen er lavt, og at automasjonen sannsynligvis må utvikles til et nivå der operatør for det meste må gjøre taktiske endringer av seilasparametere ved kailigge, og at passende fallback(er) brukes ved uforutsette hendelse(r). Dette innebærer et høyt modenhetsnivå på teknologien, som diskutert i 6.3.

Den samme problemstillingen er også gjeldende for Langevågsbåten. Overfarten varer noe lengre for denne brukercasen, men samtidig så består transittfasen av flere segmenter med høy hastighet; Dvs. at man får noenlunde samme krav til operatørrespons.

For å oppsummere så er det ikke hensiktsmessig at operatøren aktivt overvåker skipene kontinuerlig. I motsatt tilfelle viser spesielt brukercase Pendelfergen, at maksimal tid for et fasemønster kan være for kort for at automasjon skal klare å gi beskjed til operatør om å ta over kontroll, samt at operatør skal klare å få en situasjonsforståelse som kreves for å handle riktig. Det innebærer følgende:

- I alle tilfeller er det per nå ikke mulig å si hva realistisk responstid kan være som følge av automasjonens evne til å melde fra til operatør om behov for å gripe inn. Herunder operatørens evne til å handle riktig på automasjonens forespørsel innenfor øvre tidsbegrensning som funksjon av varigheten til det aktuelle fasemønsteret.

- Automasjonen bør utvikles til et nivå hvor den i stor grad klarer seg uten inngripen av operatør under seilassen. Eventuelle avvik som ikke oppdages før avreise og som ikke er forutsett under avreise må løses ved passende fallback.
- Automasjonen må før avgang vurdere om den klarer neste seilas og eventuelt gi beskjed til operatør om å gjennomføre en taktisk justering eller ta over kontroll.
- Operatør må muligens gjennomføre planlagte sjekker av utstyr som ikke er instrumentert opp (f.eks, ladeplugg, gangbro, etc.). I utgangspunktet bør man basere seg på at automasjonen kan gi beskjed til operatør om det meste, men dersom det ikke er hensiktsmessig å instrumentere noe så må dette løses via prosedyrer og planlagt sjekk. Regularitet og varighet på planlagte sjekker må søkes minimert, men må bestemmes etter behov.

Et felles kontrollrom for Langevågsbåten og Pendelfergen kan driftes av én operatør gitt forutsetningene som beskrevet over. Merk at det er ikke tatt stilling praktiske problemstillinger, som for eksempel om det er naturlig med overlapp mellom ulike operatørskift annet enn at sunn fornuft tilsier at man bør tilstrebe dette for å sørge for en god overføring av ansvar fra en operatør til en annen. En slik overføring av ansvar kan også være et godt utgangspunkt for å gjennomføre planlagte oppgaver som beskrevet i seksjon 6.1.

Opgavene som er spesifisert for kontrollromsoperatør i denne rapporten er i stor grad ulike de oppgavene som er spesifisert for sikkerhetsansvarlig i Smartere Transport L2.2. Hvorvidt sikkerhetsansvarlig kan fungere som reserveressurs for kontrollromsoperatør, både med hensyn til avlastning av arbeidsoppgaver, men også for å bistå i situasjoner der begge brukercasene har behov for støtte fra kontrollsenteret samtidig, blir et spørsmål om hvilke kvalifikasjoner man ønsker at sikkerhetsansvarlig skal ha utover det som er definert Smartere Transport L2.2. I læringsfasen er sikkerhetsansvarlig tiltenkt å ha en navigatørrolle, og da faller det naturlig at sikkerhetsansvarlig kan fungere som reserve for kontrollromsoperatøren inntil man har normal drift av kontrollrommet og etablert autonom drift av skipene. Ved etablert autonom drift er det nok mindre sannsynlig at det er hensiktsmessig å legge til rette for at sikkerhetsansvarlig kan være reserve, da arbeidsoppgaver og tilhørende kvalifikasjonskrav vil være endret.

Siden sikkerhetsansvarlig og kontrollromoperatør sannsynligvis har ulike oppgaver, så vil det i liten grad være mulig å utføre kontrollromsoppgaver i parallell. Hvis man derimot ser vekk fra kontrollromsoperatøren oppgaver isolert sett, og heller på det autonome skipssystemet som helhet, vil kontrollromsoperatør, sikkerhetsansvarlig og automasjon på skip og kai i stor grad kunne utføre oppgaver i parallell.

9 Konklusjon og videre utviklingsbehov

Hovedoppdraget til kontrollrommet er i dette arbeidet definert til å gi nødvendig navigasjonsstøtte til prosjektets to brukercaser for sikker drift av skipene som påkrevd av myndigheter. I tillegg skal kontrollrommet bidra med å sikre krav til driftstid og regularitet som definert av kontrakt med oppdragsgiver og som forventet av passasjerer. Merk at passasjersikkerhet ved kritiske hendelser ivaretas ved involvering av beredskapsorganisasjon og sikkerhetsansvarlig om bord skipene.

I skrivende stund er det begrenset med operasjonell erfaring mtp. drift av autonome skip fra kontrollrom. Samtidig bemerkes det at flere industrielle realiseringsprosjekt er igangsatt, og det forventes at operasjonell erfaring med kontrollrom vil øke betydelig de nærmeste årene. I så måte vil pilot-prosjekt være viktige referansepunkter for fremtidig læring og bygging av erfaringsbasert kompetanse for samtlige av de tematiske "problemstillingene" nevnt nedenfor, og dermed antatt viktige referansepunkter for en eventuell realisering av prosjektets brukercase (Tabell 14).

Tabell 14: Oversikt over ulike prosjekt-initiativ av relevans for erfaringsoverføring

Pilot	Kontrollromsoperatør	Antatt operativ	Rute
Yara Birkeland	Massterly	Høst 2022	Brevik – Larvik – Porsgrunn
ASKO sjødroner	Massterly	Høst 2022	Moss – Horten
Ekornes sjødrone	Massterly	Høst 2024 (estim.)	Sykkylven – Ålesund
milliAmpere 2	NTNU	Høst 2022 (prøvedrift)	Kanalkryssing – Trondheim
Sundbåten	Ukjent	2023/24 (tentativ)	Kr.sund havnebasseng
Zeabuz	Ukjent	Sommer 2023	Stockholm – kanakryssing
Hyke	Ukjent	2023	Fredrikstad – kanakryssing

Hva består kontrollrommet av?

Kontrollrommet består primært av nødvendig utstyr for prosessering, visualisering og behandling av data mht. hva en operatør har behov for. I tillegg består senteret av kommunikasjonsmidler mot nødvendige aktører. I dette tilfellet er det vurdert at driftsorganisasjonen og beredskapsorganisasjonen ikke skal være en del av kontrollrommet, men dette kan vurderes annerledes i andre tilfeller. Hovedargumentet for å ekskludere dem fra kontrollrommet er at det er:

- lite hensiktsmessig å bygge opp en permanent beredskapsorganisasjon for to brukercaser.
- lite hensiktsmessig å samle to rederier under samme tak.
- geografisk spredning på brukercasene og rederiene tilsier at kontrollrom ikke nødvendigvis trengs å plasseres der skipene og rederikontorene er.

Hvilke oppgaver skal operatøren(e) utføre? / Hva skal operatøren(e) agere på - hendelsestyper?

Gitt kontrollrommets formål som definert i denne rapporten er det identifisert ti (10) systemoppgaver som er brukt til å spesifisere oppgavene til kontrollromsoperatøren. Den påfølgende analysen av oppgavene viser at de kan deles inn i fem ulike kategorier:

- Planlagte oppgaver: Planlagt tilstandsjekk av utstyr. Bør søkes minimert.
- Uplanlagte oppgaver: Automasjon melder om behov for validering av data eller inngripen.
- Taktisk justering av seilas: Operatør justerer parametere som påvirker seilas.
- Operasjonell justering av seilas: Operatør griper inn og tar over styring manuelt.
- Kommunikasjon og utveksling av meldinger: Informasjon og beskjeder mellom identifiserte aktører.

Det er primært uplanlagte oppgaver som fører til at operatør potensielt må utføre en operasjonell justering via en manuell inngripen i styring av skipet. I all hovedsak oppstår uplanlagte oppgaver som en konsekvens av alarmer som gis fra automasjon til operatør, og som krever en gitt responstid. Tidligfaseanalysen i denne rapporten viste at de viktigste årsakene til at automasjonen vil kunne ha behov for støtte fra kontrollromsoperatør er:

- Relativt komplekst operasjonsmiljø med stor variasjon i maritime aktører er gjeldene for begge brukercase.
- Høy vind skrått bakfra når spesielt Langevågsbåten skal legge til kai, men også gå fra kai og manøvrere ved lave hastigheter før styrehastighet oppnås.
- Hastighet til Langevågsbåten i transitt kombinert med mulig begrenset sikt og uoversiktlig trafikkbilde.
- Veldig kort overfart for Pendelfergen gjør at man må vurdere hva som er den mest optimale måten for respons gitt en situasjon hvor automasjonen ikke strekker til. F.eks. vil det være nok tilgjengelig tid for varsling av operatør, som skal klare å sette seg inn i situasjonen og deretter agere.

Hva vet vi om ansvar og definering av ansvarsforhold?

Dette med ansvar er et komplisert tema med flere ubesvarte spørsmål, og inkluderer bl.a. samspillet mellom teknologi, jus, lover og regelverk. Det som er sikkert, er at ansvaret under operasjon bare kan ligge hos en aktør av gangen. Dette innebærer at ansvaret til enhver tid vil ligge enten hos automasjonen eller hos kontrollromsoperatøren. Så er det også slik at ettersom automasjonen i seg selv ikke kan tillegges ansvar, kan en mulig løsning være at systemutviklerne blir de ansvarlige dersom automasjonen ikke evner å utføre det den er designet for å gjøre (f.eks. dersom sensorfeil leder til kritisk hendelse og hvor automatisk varsling av kontrollromsoperatør ikke er utført). Nødvendigheten av å definere på hvilke grunnlag og på hvilken måte ansvaret overføres er derfor påkrevd.

Hva kan vi si om nødvendig responstid for operatøren(e)?

I alle tilfeller er det per nå ikke mulig å si hva realistisk responstid kan være for uplanlagte oppgaver. Man må for hver enkelt situasjon finne ut hvor kort eller lang responstid en operatør vil ha i ulike tilfeller hvor det er behov for støtte til skipsautomasjonen. Denne responstiden avhenger også av hvor lang tid automasjonen bruker på å finne ut at den trenger hjelp – for deretter å varsle, og om responstiden til operatøren for de ulike tilfellene er mindre eller lik fristen eller tiden hvor hjelpen må utføres for å opprettholde sikker drift (Rødseth et al., 2021c). Dette er også knyttet til automasjonens evne til å melde fra til operatør om behov for inngripen, samt operatørens evne til å handle riktig på automasjonens forespørsel innenfor en definert øvre tidsbegrensning.

Planlagte oppgaver krever ingen spesifikk responstid, men det er ønskelig at disse gjøres på tidspunkt hvor det er lav sannsynlighet for at operatøren får en uplanlagt oppgave til utførelse, og hvor resultatet av den uplanlagte oppgaven krever handling av operatør i form av taktisk eller operasjonell justering av seilassen.

Hvor mange operatører vil det være behov for i et felles kontrollrom for hurtigbåten og pendelfergen?

Et av de springende spørsmålene med hensyn til kontrollrom er hvor mange operatører man har behov for. Det er generelt knyttet stor usikkerhet til hvor mange personer som er nødvendig for å ivareta sikker og trygg operasjon av autonome passasjerskip, samt hvor mange skip eller samband en gitt operatører kan håndtere. Det eksisterer ikke noe generelt svar på dette i dag, men i denne rapporten argumenterer vi for at en enkelt operatør (per skift) kan drifte et felles kontrollrom for prosjektets brukercaser dersom følgende forutsetninger oppfylles:

- Automasjonen bør utvikles til et nivå hvor den i stor grad klarer seg uten inngripen av operatør under seilassen. Det er per nå ikke mulig å si hva realistisk responstid kan være som følge av automasjonens evne til å melde fra til operatør om behov for å gripe inn, samt operatørens evne til å handle riktig på automasjonens forespørsel innenfor øvre tidsbegrensning som gis av varigheten til det aktuelle fasemønsteret.
- Det vil si at automasjonen før avgang må vurdere om den klarer neste seilas og eventuelt gi beskjed til operatør om å gjennomføre en taktisk justering eller ta over kontroll. Eventuelle avvik som ikke oppdages *før* avreise, og som ikke er forutsett *under* avreise må løses ved passende fallback.
- Operatør må gjennomføre planlagte sjekker av utstyr som ikke er instrumentert opp. I utgangspunktet bør man basere seg på at automasjonen kan gi beskjed til operatør om det meste, men dersom det ikke er hensiktsmessig å instrumentere noe så må dette løses via prosedyrer og planlagt sjekk. Regularitet og varighet på planlagte sjekker må søkes minimert.

Kan operatør i kontrollrom og sikkerhetsansvarlig på skip være redundante ressurser ved behov?

Oppgavene som er spesifisert for kontrollromsoperatør i denne rapporten er i stor grad ulike de oppgavene som er spesifisert for sikkerhetsansvarlig i Smartere Transport L2.2 Hvorvidt sikkerhetsansvarlig kan fungere som reserveressurs for kontrollromsoperatør, både med hensyn til avlastning av arbeidsoppgaver, men også for å bistå i situasjoner der begge brukercasene har behov for støtte fra kontrollsenteret samtidig, blir et spørsmål om hvilke kvalifikasjoner man ønsker at sikkerhetsansvarlig skal ha utover det som er definert Smartere Transport L2.2. I læringsfasen er sikkerhetsansvarlig tiltenkt å ha en navigatørrolle, og da faller det naturlig at sikkerhetsansvarlig kan fungere som reserve for kontrollromsoperatøren inntil man har etablert normal drift av kontrollrommet og autonom drift av skipene. Ved etablert autonom drift er det nok mindre sannsynlig at det er hensiktsmessig å legge til rette for at sikkerhetsansvarlig kan være reserve, da arbeidsoppgavene og tilhørende kvalifikasjonskrav mest sannsynlig vil være endret.

Kan oppgaver utføres i parallell?

Dette innebærer også at man i liten grad vil være i stand til å utføre oppgaver i parallell dersom man ser til kontrollromsoperatør isolert, men at man i stor grad vil kunne utføre oppgaver i parallell dersom man ser på systemet med kontrollromsoperatør, sikkerhetsansvarlig og automasjonssystemer som helhet.

Kan man, og i så fall hvordan, prioritere mellom ulike samband og skip?

Det er ikke tatt stilling til hvorvidt en enkelt operatør er i stand til å agere på beskjed om å utføre taktisk eller operasjonell justering av begge brukercasene som kommer samtidig. Hvorvidt dette er mulig, og eventuelt hvordan man i praksis prioriterer, er et åpent spørsmål hvis svar både kan være av generell art eller knyttet til de enkelte brukercase. Informasjonsgrunnet er ikke tilstrekkelig for å gjøre en god analyse. Det er behov for bedre kunnskap om hvor raskt en operatør er i stand til å agere i ulike situasjoner, og dette må sees i sammenheng med hvordan grensesnittet mellom operatøren og automasjonssystemet er utformet for å kunne si noe om den praktiske informasjonsflyten mellom operatør og automasjonssystemet.

Hvordan bør et kontrollrom utformes og etableres?

Løsninger for visualisering og fysisk utforming er helt sentralt for ivaretagelse av effektiv og trygg interaksjon mellom menneske og automasjon, et område hvor det per i dag foregår mye forskningsaktivitet. I lys av dette må det også sikres at de arbeidsoppgaver som tillegges en operatør ikke medfører risiko for overbelastning av informasjon. Oppgavene som tillegges kontrollromsoperatøren må heller ikke medføre økt risiko for "kjedsomhet", sammenlignet med konvensjonell operasjon. Dette innebærer at en operatør bør til enhver tid ha tilgjengelig et "fornuftig" oversiktsbilde av de ulike skipsoperasjonene, men at det er mulig å hente fram mer detaljert informasjon ved behov. Her bør det også være en god og automatisert kobling

mellom skipets automasjonssystem (f.eks. potensielle alarmer) og selve visualiseringsløsningen, dvs. human-automation-interface (HAI). En gradvis overføring av oppgaver og funksjoner fra skip til kontrollrom bør legges til grunn, mye grunnet behovet for stegvis innføring av autonomi generelt. Med dette følger også behovet for å definere klare retningslinjer mtp. allokering av ansvar dersom en kritisk hendelse skulle inntreffe.

Kompetanse til kontrollromsoperatør

Litteraturstudiet viser at av generell relevant kompetanse for kontrollromsoperatører, så fremstår erfaring fra seilende virksomhet som sentralt. Samtidig ansees også system- og elektriker kompetanse som svært relevant. Sistnevnte er ikke vektlagt som nødvendig kompetanse for kontrollromsoperatør i brukercasene da det er forutsatt at elektrikerkompetanse skal dekkes av serviceresurser som er raskt tilgjengelige. Samtidig bemerkes det at formelle utdanningsprogram er under utvikling hos flere aktører, og likeså nødvendig kompetansebilde for operatører generelt.

Innspill til kost-nytteanalyse

Med hensyn til videre kost-nytte analyser som skal vurdere bruk av kontrollrom i brukercasene så er følgende punkter fra denne rapporten viktig å ta hensyn til:

- Kostnadsberegningen bør ta utgangspunkt i best-case med én operatør per skift, men på grunn av usikkerhet bør det også vurderes å gjennomføre en beregning med to operatører, eller eventuelt en sensitivitetsanalyse for å finne ut hvor kostnadsgrensen ligger.
- Kontrollrommet er forutsatt som delt mellom de to driftsorganisasjonene (rederiene).
- Beredskapstjenester er ikke inkludert i kontrollrommet og er forutsatt som innleid tjeneste.

Avslutningsvis fremstår det dermed som realistisk å etablere et kontrollrom for brukercasene innenfor tidsrammen til prosjektet, men nærmere bestemmelse av funksjonen til kontrollrommet, samt behovet for antall operatører vil avhenge av utvalgte områder hvor utvikling må prioriteres:

- Utvikle automasjon til et nivå som gjør den i stand til å melde fra til operatør ved behov for manuell inngripen. Dette i kombinasjon med at operatør skal kunne validere og vurdere informasjon når automasjonen gir beskjed om dette.
- Utvikle bedre forståelse for hva som er realistiske responstider for operatør i ulike situasjoner.
- Validering av kontrollromsoperatørens oppgaver og formell kompetansedefinisjon.
- Utvikle tilpassede grensesnitt mellom operatør og automasjon som reduserer sannsynlighet for informasjonsoverbelastning og minimerer kjedsomhet. Sistnevnte er også sterkt knyttet til oppgavespesifikasjon.
- Definere tydelige kommunikasjonsprotokoller mellom de aktørene som er involvert i driften av skipene, både i normalsituasjon og ved nødsituasjoner. Dette gjelder spesielt til og fra kontrollromoperatør (og sikkerhetsansvarlig som ble omhandlet i L2.2) da disse vil inneha nye roller sammenlignet med konvensjonelle skip. Herunder tiltak for ivaretagelse av datasikkerhet.

10 Referanser

American Bureau of Shipping, (2021), *Guide for Autonomous and remote control functions*, https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/323_gn_autonomous/autonomous-guide-july21.pdf

Bruder, Carmen & Eißfeldt, Hinnerk & Grasshoff, Dietrich & Gürlük, Hejar & Friedrich, Maik & Hasse, Catrin & Hoermann, Hans & Hoff, Alex & Papenfuß, Anne & Schulze Kissing, Dirk & Uebbing-Rumke, Maria & Wenzel, Juergen & Zierke, Oliver. (2013). *Aviator II - Simulator-based Research on Operational Monitoring and Decision Making for Human Operators in Future Aviation*.

Borgen, H., Holte, E.A., Pobitzer, A., (2022), *Smartere Transport – Møre og Romsdal L2.1 Skalerbare fartøyskonsept*, SINTEF Ocean rapport OC2021 A-061, ISBN 978-82-7174-420-5

Bogusławski, K., Gil, M., Nasur, J. et al.(2022), *Implications of autonomous shipping for maritime education and training: the cadet's perspective*, *Maritime Economics & Logistics* 24, 327–343 (2022).
<https://doi.org/10.1057/s41278-022-00217-x>

Bureau Veritas, (2019), *Guidelines for Autonomous Shipping, Guidance Note NI 641 DT R01 E*, Hentet fra: http://erules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/641-NI_2019-10.pdf (Dato: 12.01.2021)

DNV GL, (2018), *Class Guideline for autonomous and remotely operated ships (DNVGL-CG-0264)*, Hentet fra <http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/cg/2018-09/dnvgl-cg-0264.pdf>, (Dato: 12.01.2021)

DNV (2021), *Standard on Competence of remote control centre operators*, DNV-ST-0324, Ed. August 2021, Hentet fra: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/ST/2021-08/DNV-ST-0324.pdf>

DNV (2021), *Recommended practice - Certification scheme for remote control centre operators*, DNV-RP-0323, edit. august 2021.

Dubvik, H., Veitch, E. og Steinert, M., (2020), *Exploring challenges with designing and developing shore control centers (SCC) for autonomous ships*, International Design Conference - Design 2020.

Endsley, M.R. (2000). *Situation models: an avenue to the modeling of mental models*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, SAGE Publications, UK (2000), pp. 61-64 Holte, E.A., Pobitzer, A.,

Borgen, H., Chu, Y. (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal A1.1 Ståstedsanalyse*, SINTEF Ocean rapport OC2019 A-075, ISBN 978-82-7174-358-1

GSP (2022), *Smarte fjordkryssninger- fremtidens transportsystem*, Grønt Skipsfartsprogram – Fase 5-pilot, Hentet fra: <https://grontskipsfartsprogram.no/wp-content/uploads/2022/05/Smarte-fjordkryssninger.pdf>

Hagaseth, M., Rødseth, Ø. J., Meland, P. H., Wille, E., Meling, P., and Murray, B. 'Methodology for Approval of Autonomous Ship System CONOPS', in *21st Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries*, 2022, p. 352.

Holte, E.A. og Wennersberg, L.A.L, (2021), *Smartere transport – Møre og Romsdal: L2.2 Valg av autonomitetsgrad for fartøyskonsept*, SINTEF Ocean rapport OC2021 A-044, ISBN 978-82-7174-415-1

IMO (1972), The International Maritime Organization. "Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972" (COLREG).

ISO (2019), NS-EN ISO 9241-210:2019, *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

ISO, ISO/TS 23860:2022, *Ships and marine technology - Vocabulary related to autonomous ship systems*

Kleppe, P.S., Røssevold, S.S., Romundstad, S., (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal LI.2 – Beskrivelse av brukercase*, NTNU Ålesund.

Larsen, A-M., (2021), *Først i verden med ny maritim utdanning*, Hentet fra: <https://www.usn.no/nyhetsarkiv/forst-i-verden-med-ny-maritim-utdanning>

Loyd's Register (2017), LR Code for Unmanned Marine Systems, edit. Februar 2017. Hentet fra: [file:///C:/Users/eah/Downloads/LR_Code_for_Unmanned_Marine_Systems_February_2017_2_%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/eah/Downloads/LR_Code_for_Unmanned_Marine_Systems_February_2017_2_%20(1).pdf)

Massterly (2021), Making autonomy a reality, [online]. Massterly AS. Hentet fra <https://www.massterly.com/news>

MUNIN (2015), Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, Deliverable D8.8. Final report: Shore control centre, SST.2012.5.2-5: E-guided vessels: the 'autonomous' ship, Grant Agreement number: 314286, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/09/MUNIN-D8-8-Final-Report-Shore-Control-Centre-CTH-final.pdf>

Myhre, B., Rødseth, Ø.J., Petersen, S., (2020), Integrating accountability in the systems design of autonomous and remote-controlled operations, The 3rd International Conference on Maritime Surface Ships (ICMASS), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 929 (2020) 012020, doi:10.1088/1757-899X/929/1/012020.

Peeters, G., Yayla, G., Catoor, T., Van Baelen, S., Afzal, M.R., Christofakis, C., Storms, S., Boonen, R., Slaets, P. (2020), *An Inland Shore Control Centre for Monitoring or Controlling Unmanned Inland Cargo Vessels*, Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 8, No. 10: 758. <https://dx.doi.org/10.3390/jmse8100758>

Peterman, F., Alsos, O.A., Petersen, E.S., Liavaag, M., Solberg, J.K.S., *Increasing the Usability of Audio Alerts with Voice Instructions on Ship's Bridges*, DOI: 10.54941/ahfe1001563, Conference: 13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2022)

Rødseth, Ø. J. (2021a). Constrained Autonomy for a Better Human–Automation Interface. In *Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations* (pp. 235-247). CRC Press.

Rødseth Ø.J., Faivre J., Hjørungnes S.R., Andersen P., Bolbot V., Pauwelyn A.S., Wenersberg L.A.L. "AUTOSHIP deliverable D3.1: Autonomous ship design standards", Revision 1.1, March 2021b.

Rødseth, Ø.J., Wenersberg, L.A.L., Nordahl, H., (2021c), *Towards approval of autonomous ship systems by their operational envelope*, Journal of Marine Science and Technology, 27 (1), 67-76.

Rødseth, Ø. J., Wenersberg, L. A. L., & Nordahl, H. (2021d). Improving safety of interactions between conventional and autonomous ships. Paper presented at the The 1st International Conference on the Stability and Safety of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow, Scotland, UK.

Saeed, A., Trajanovski, S., Van Keulen, M., Erp, J. (2017). *Deep Physiological Arousal Detection in a Driving Simulator Using Wearable Sensors*. 10.1109/ICDMW.2017.69.

Saha, R., 2021. Mapping competence requirements for future shore control center operators. *Maritime Policy Manage.* <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1930224>.

Sjøfartsdirektoratet (2020), *Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift*, Rundskriv – Serie V, RSV 12-2020.

Stensvold, T. (2021), *Her utdannes verdens første kapteiner for fjernstyring og overvåking*, Teknisk Ukeblad, nettgaven 31. mai 2021. Hentet den 14.06.2021 (https://www.tu.no/artikler/her-utdannes-verdens-forste-kapteiner-for-fjernstyring-og-overvaking/510553?utm_source=newsletter-tumaritim&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2021-06-03&key=ro7ltmcl)

Veitch, E. & Alsos, O.A., (2022), A systematic review of human-AI interaction in autonomous ship systems, *Safety Science* 152 (2022) 105778.

Veitch, E., Kaland, T., & Alsos, O. (2021). *Design for resilient human-system interaction in autonomy: The case of a shore control centre for unmanned ships*. *Proceedings of the Design Society*, 1, 1023-1032. doi:10.1017/pds.2021.102

Wennergberg, L.A.L., Nordahl, Håvard, *et al.* (2020a) 'A framework for description of autonomous ship systems and operations', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 929(1), p. 012004. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/929/1/012004>.

Wennergberg, L.A.L., Nordahl, Håvard, *et al.* (2020b) 'Analysing Supply Chain Phases for Design of Effective Autonomous Ship Technology in New Transport System Solutions', in, p. 9.

Wennergberg L.A.L, Nordahl H., Rødseth Ø.J., Hjørungnes S.R., Faivre J., Liavaag E.J., Bolbot V, Leenders E.: "AUTOSHIP deliverable D3.2: Autonomous ship design methods and test principles", Revision 1.1, March 2021.

Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Punishment: Issues and experiments*, 27-41.

A Appendiks: Bakgrunnsinformasjon

A.1 Terminologi, begreper og konsepter

Definisjonene på fordeling av ansvar mellom menneske og automasjon som listet opp under er hentet fra ISO (2022).

Fully autonomous (FA)

a fully autonomous system that is approved for operation completely without operators. Operators may still monitor the system, but they will not need to intervene.

Autonomous control (AC):

automation can control the systems under certain conditions and where humans should be available to intervene when required. The time horizon for intervention is obviously important for how the crew can spend their time when not in control.

Operator and automation (OA):

Automation can do certain control tasks and will give assistance, but a human is required to be near a control position so that he or she can supervise the process and intervene when necessary.

Operator exclusive (OE):

Automation can only give limited assistance, and the operator needs to be continuously in control of the processes.

Remote control centre

site remote from the ship that can control some or all of the autonomous ship system processes

System Control Tasks

process control tasks, implemented by automation and/or humans, that are required to sustainably operate the autonomous ship system within its operational envelope

Operational Envelope

conditions and related operator control modes under which an autonomous ship system is designed to operate, including all tolerable events

Fallback state

designed state that can be entered through a fallback function when it is not possible for the autonomous ship system to stay within the operational envelope

A.2 Rutetabeller

Tabell 15- Rutetabell for Langevågsbåten

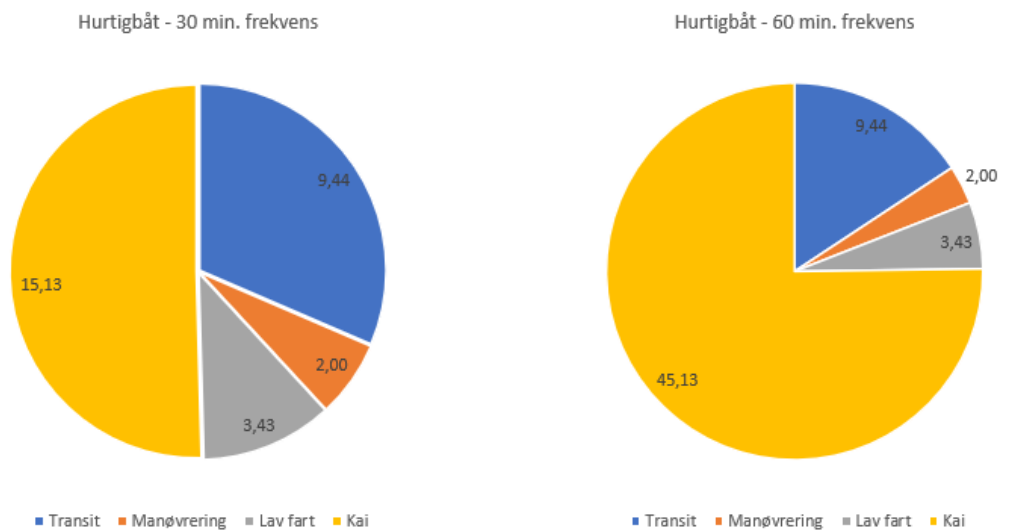
Fra	Til	Beskrivelse	Antall (t/r)	Tid (timer)	Totalt timer
06:30	10:00	Frekvens 30 min	7	0,5	3,5
10:00	14:00	Frekvens 60 min	4	1	4
14:00	17:00	Frekvens 30 min	6	0,5	3
17:00	20:00	Frekvens 60 min	3	1	3
20:00	20:30	Frekvens 30 min	1	0,5	0,5
20:30	06:30	Nattligge	1	10	10

Tabell 16- Rutetabell for Pendelfergen

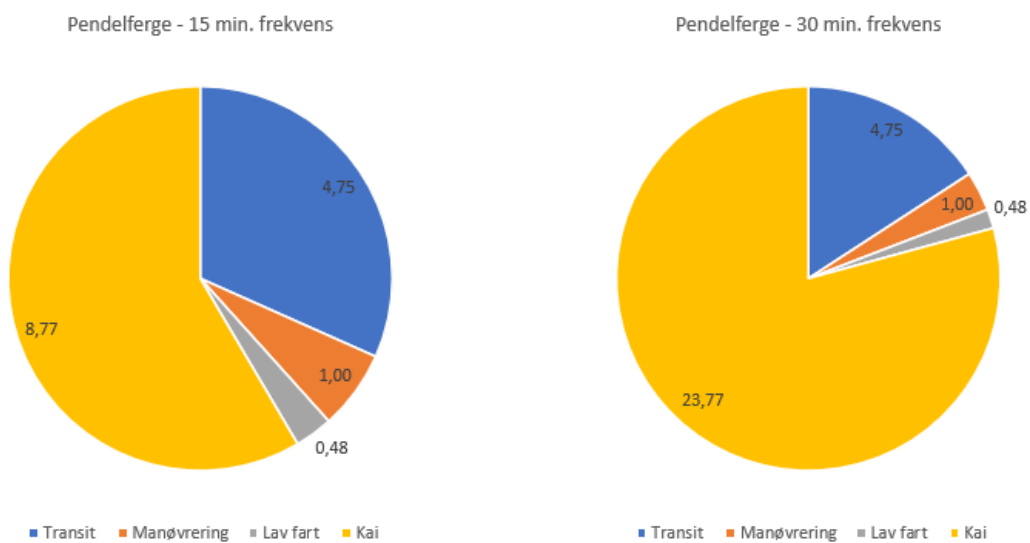
Fra	Til	Beskrivelse	Antall (t/r)	Tid (timer)	Totalt timer
06:30	10:00	Frekvens 15 min	14	0,25	3,5
10:00	14:00	Frekvens 30 min	8	0,5	4
14:00	17:00	Frekvens 15 min	12	0,25	3
17:00	20:00	Frekvens 30 min	6	0,5	3
20:00	20:30	Frekvens 15 min	2	0,25	0,5
20:30	06:30	Nattligge	1	10	10

Merk at rutetabellen for Langevågsbåten er basert på eksisterende rutetabell. Rutetabell for Pendelfergen er basert på rutetabell for Langevågsbåten, hvor forskjellen ligger i frekvensen.

A.3 Driftsprofiler



Figur 19 - Driftsprofil for Langevågsbåten med 30 og 60 minutters frekvens t/r.



Figur 20 - Driftsprofil for Pendelfergen med 15 og 30 minutters frekvens t/r.

A.4 Notasjon for beskrivelse av oppdragsfaser

Notasjon	Beskrivelse
b/ =	beskyttet (eks: farvann)
BB	Begrenset babord
BS	Begrenset styrbord
B.skap	Beredskapstjenester
F	Fase
Ft	Fortøyd
h.basseng	havnebasseng
i/	i (eks: passasjerkabin)
K	Kompleksitet
Kj	Kajakk og liknende
Kr	Kryssende trafikk
Ks	Kontrollstasjon
L	Lav
La	Langsgående trafikk
Lg	Landgang
M	Middels
NA	Ikke relevant
H	Høy
p/	på (eks: båt) eller passering (eks: odde)
Pk	Passasjerkabin
Sb	Småbåt, fritidsbåt og liknende
Sb.havn	Småbåthavn
SB	Vind skrått bakfra
Sk	Kommersielle skip og likende
v/	ved (eks: kaianlegg)

A.5 Beskrivelse av oppdragsfaser for Langevågsbåten

F	Trafikk			Vind [m/s]	Hastighet [knop]	Terreng	Sikt	Sikkerhets ansvarlig	B.skap [min]	K
	Tetthet	Mønster	Type							
1	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
2	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
3	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Ks	15	L
4	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
5	L	Kr	Sk/Sb	11-14 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Ks	15	L
6	L	La	Sk/Sb/Kj	11-14 SB	1-5	v/h.basseng	Fri	v/Ks	15	M
7	M	La	Sk/Sb/Kj	11-14 SB	1-5	v/h.basseng	BS	v/Ks	15	M
8	H	Kr/La	Sk/Sb	11-14 SB	5-20	p/molo	BS	v/Ks	15	M
9	H	Kr/La	Sk	NA	20	p/odde	BS	i/Pk	15	H
10	H	Kr/La	Sk	NA	20	b/farvann	Fri	i/Pk	15	M
11	H	Kr/La	Sk	NA	20	b/farvann	BS	i/Pk	15	H
12	L	Kr/La	Sk	NA	20	p/holme	Fri	i/Pk	15	H
13	L	La	Sk/Sb	NA	20	p/holme	BB	i/Pk	15	H
14	L	Kr	Sk/Sb	NA	20	p/holme	BB	i/Pk	15	H
15	L	Kr/La	Sb/Kj	11-14 SB	5-20	p/holme	Fri	v/Ks	15	L
16	L	Kr/La	Sb/Kj	11-14 SB	1-5	p/Sb.havn	BS	v/Ks	15	M
17	L	Kr	Sb/Kj	11-14 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	M
18	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
19	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/Lg	15	L
20	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/Lg	15	L
21	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
22	L	Kr	Sb/Kj	11-14 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	L
23	L	Kr/La	Sb/Kj	11-14 SB	1-5	p/Sb.havn	BB	v/Ks	15	M
24	L	Kr/La	Sb/Kj	11-14 SB	5-20	p/holme	BB	v/Ks	15	M
25	L	Kr	Sk/Sb	NA	20	p/holme	BS	i/Pk	15	H
26	L	La	Sk/Sb	NA	20	p/holme	BS	i/Pk	15	M
27	L	Kr/La	Skip	NA	20	p/holme	BB	i/Pk	15	H
28	H	Kr/La	Skip	NA	20	b/farvann	BB	i/Pk	15	H
29	H	Kr/La	Skip	NA	20	b/farvann	Fri	i/Pk	15	M
30	H	Kr/La	Skip	NA	20	p/odde	BB	i/Pk	15	H
31	H	Kr/La	Sk/Sb	11-14 SB	20-5	p/molo	Fri	v/Ks	15	L
32	M	La	Sb/Kj	11-14 SB	1-5	v/h.basseng	Fri	v/Ks	15	H
33	L	La	Sb/Kj	11-14 SB	1-5	v/kaianlegg	Fri	v/Ks	15	H
34	L	Kr	Sk/Sb	11-14 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Ks	15	M
35	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Ks	15	L
36	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	v/Lg	15	L
37	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/Lg	15	L
38	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/båt	15	L
39	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/kai	15	L
40	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	NA	15	L
41	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/kai	15	L
42	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	NA	p/båt	15	L

A.6 Beskrivelse av oppdragsfaser for Pendelfergen.

F	Trafikk			Vind [m/s]	Hastighet [knop]	Terreng	Sikt	Sikkerhets ansvarlig	B.skap [min]	K
	Tetthet	Mønster	Type							
1	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	L
2	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	L
3	L	Kr/La	Sb/Kj	25 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	L
4	L	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	1-5	i/h.basseng	Fri	i/Pk	15	L
5	M	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	5-8	i/h.basseng	Fri	i/Pk	15	L
6	L	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	1-5	i/h.basseng	Fri	i/Pk	15	M
7	L	Kr/La	Sb/Kj	25 SB	0-1	i/h.basseng	Fri	v/Lg	15	M
8	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	M
9	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	H
10	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	M
11	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	H
12	L	Kr/La	Sb/Kj	25 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	H
13	L	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	1-5	i/h.basseng	BS	i/Pk	15	H
14	M	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	5-8	i/h.basseng	Fri	i/Pk	15	H
15	L	Kr/La	Sk/Sb/Kj	25 SB	1-5	i/h.basseng	Fri	i/Pk	15	L
16	L	Kr/La	Sb/Kj	25 SB	0-1	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	M
17	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	M
18	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	v/Lg	15	L
19	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	i/Pk	15	L
20	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	p/båt	15	L
21	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	p/kai	15	L
22	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	NA	15	L
23	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	p/kai	15	M
24	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	p/båt	15	M
25	NA	NA	NA	NA	Ft	v/kaianlegg	Fri	p/båt	15	H

A.7 Funksjonsbeskrivelse

Tabellen under viser funksjonsbeskrivelsen som er brukt som utgangspunkt for utledning av brukercasenes hovedfunksjoner, samt kontrollromsoperatørens oppgaver. Den opprinnelige funksjonslisten stammer fra AUTOSHIP D3.1 (Rødseth, et. al., 2020), og nye elementer som Smartere Transport foreslår å legge til er markert med rødt skrift. Funksjoner som er hensyntatt og vurdert som gjeldende for Smartere Transport er markert med grønt.

Code	Name	ST M& R
S	Ship Operations	
S1	Navigation	
S11	Situation awareness (Observation)	
S111	Determine location, verify chart information	
S112	Observe weather and sea	
S113	Determine visibility	
S114	Detect and classify objects and obstacles	
S115	Assess own ship and traffic situation	
S12	Ship control (Manoeuvring)	
S121	Do short term planning for safe operations	
S122	Keep track and course, avoid obstacles and grounding	
S123	Operate dynamic positioning, semi-stationary or special operations	
S124	Interact with pilot boat, tugs and other ships	
S125	Operate ship while assisted by tug	
S126	Berth or unberth ship	
S127	Anchor ship and keep at anchorage	
S13	Voyage management (Navigation)	
S131	Plan and replan voyage, communicate with management	
S132	Keep nautical information updated	
S133	Keep weather forecast updated	
S134	Do pre-departure/arrival checks	
S135	Monitor voyage, act on deviations	
S136	Maintain log book	
S14	Nautical communication	
S141	Communicate with other ships, RIS, VTS and similar with voice	
S142	Communicate with other ships, RIS, VTS and similar digitally (e.g. AIS and VDES)	
S143	Operate other communication devices, light, lanterns, sound etc.	
S2	Deck operation (Navigation support)	
S21	Cargo and ship supplies operations	
S211	Perform RORO operations	
S212	Operate cranes	
S213	Do lashing/unlashing in cargo hold or container stacks	
S214	Operate hatches	
S215	Operate other cargo equipment, hoses, pipes, valves etc.	
S22	Mooring and anchoring	

S221	Fasten and unfasten tug for tug support	
S222	Moor and unmoor ship	
S223	Drop and lift anchor	
S23	Other deck operations	
S231	Operate deck and cargo hold lights	
S232	Assist in bunkering operations	
S233	Assist pilot when boarding	
S234	Operate embarkation ladder	
S235	Assist in helicopter operations	
S3	Cargo, stability, hull integrity	
S31	Cargo	
S311	Plan load and discharge of cargo, port coordination (BLU Code)	
S312	Control load and discharge of cargo	
S313	Manage hazardous and noxious substances, manage documentation	
S314	Monitor and control cargo status: temperature, pressure, liquefaction etc.	
S32	Bunker	
S321	Monitoring and control bunkers	
S322	Plan bunkering	
S323	Execute bunkering	
S33	Hull integrity and strength	
S331	Monitor and control watertight doors, hull doors etc.	
S332	Operate hull monitoring system	
S34	Stability and trim	
S341	Monitor stability	
S342	Trim and ballast ship	
S4	Machinery and technical systems	
S41	Power generation and operation	
S411	Generate main and auxilliary power	
S412	Operate energy storage, charging, discharge, peak shaving	
S413	Generate emergency power	
S42	Electrical systems	
S421	Provide auxilliary electric power	
S422	Provide main electric power distribution	
S423	Maintain protection devices	
S43	Steering, propulsion and thrust	
S431	Provide main propulsion	
S432	Provide manoeuvring thrust	
S433	Provide steering (Rudder, steering gear)	
S44	Other technical systems	
S441	Provide steam (Boilers, incinerator)	
S442	Recover heat from exhaust and other sources	
S443	Operate and maintain other systems	
S45	System monitoring	
S451	Monitor systems and respond to alarms	

S414	Do regular maintenance, e.g. lubrication	
S5	Security, safety and emergency management	
S51	Security	
S511	Ensure ISPS conformance in port and at sea	
S512	Provide physical protection of ship and systems	
S513	Operate CCTV and other surveillance	
S514	Find and manage stowaways	
S52	Cyber-security	
S511	Ensure cyber security preparedness	
S522	Provide cyber security monitoring and reactions	
S53	Ship safety	
S531	Monitor and react to safety message (GMDSS, AIS, DSC)	
S532	Do safety monitoring internal (Fire, bilge, water ingress, hull opening etc.)	
S533	Manage safety systems (Fire doors, WTD, etc.)	
S534	Perform safety patrols	
S54	Emergency management	
S541	Ensure emergency preparedness, training, supplies etc.	
S542	Do emergency management	
	Carry out visual inspection	
S543	Fight fires and manage distress teams	
	Stop water ingress	
	Rescue Person Over Board (POB)	
	Recover from collision and stranding	
S544	Handle medical emergency	
S545	Execute medical evacuation	
S546	Perform mustering and evacuation	
S6	Environment protection	
S61	Cargo, fuel, emissions to air	
S611	Perform cargo monitoring	
S612	Manage fuel and lubrication waste, bilge	
S613	Minimize engine emissions	
S614	Avoid Volatile Organic Compounds and other cargo or bunker emissions	
S615	Maintain engine and fuel logs	
S616	Monitor engines' environmental performance	
S62	Other	
S621	Monitor and manage garbage	
S622	Control and log incinerator	
S623	Control and log sewage	
S624	Deliver garbage in port	
S625	Manage ballast water	
S7	Maintenance	
S71	Technical systems	
S711	Do periodic maintenance and service	
	Do non-scheduled repairs	

S712	Inspect safety equipment	
S713	Monitor engine and equipment condition	
S714	Maintain spare parts, lubricants, other consumables	
S72	Electronic systems	
S721	Maintain electronic systems and computer networks for critical functions	
S722	Maintain internal communication for crew and administration (Internet, phones)	
S723	Monitor ICT systems and networks	
S724	Maintain ICT systems	
S725	Maintain and update software	
S8	Ship administration and planning	
S81	Voyage administration	
S811	Do mandatory ship reporting, port state reporting	
S812	Provide commercial ship reports, noon at sea etc.	
S813	Economize voyage, provide fuel use reports	
S82	Ship administration	
S821	Maintain crew and passenger lists/ <i>counts</i>	
S822	Register working hours, manage payroll	
S823	Maintain crew competence, training and certificates	
S824	<i>Provide other ISM functions</i>	
S825	Maintain ship certificates and other documents	
S826	Maintain equipment certificates and manuals	
	<i>Maintain cleaning services</i>	
S9	Hotel	
S91	General accommodation services	
S911	Provide HVAC	
S912	Provide fresh water	
S913	Maintain grey and black water systems, sewage treatment	
S914	Operate galley, manage food storage	
S915	Maintain laundry services	
	<i>Maintain cleaning services</i>	
S92	Passenger services	
S921	Registration of boarding & disembarkation	
	<i>Observe passengers</i>	
	<i>Provide assistance in salon</i>	
	<i>Provide public announcements (PA)</i>	
M	Ship management operations	
M1	Logistics management	
M11	Provide chartering services	
M12	Manage cargo operations	
M13	Manage port operations	
M2	Voyage management	
M21	Plan and replan voyages, <i>manage deviations</i>	
M22	Monitor voyage	
M23	Arrange port services	

M3	International Ship and Port Facility Security Code (ISPS)	
M31	Do ISPS security management	
M34	Provide security officer	
M4	International Safety Management Code (ISM)	
M41	Maintain ship and crew certificates	
M42	Maintain safety management system	
M43	Maintain cyber-security	
M43	Support ship in emergencies	
	Other ISM Services	
01	Technical management	
011	Monitor condition of equipment	
012	Plan maintenance and repairs	
013	Manage and order spare parts	
02	Crew management	
021	Maintain crew lists and competencies	
022	Plan crew replacement	
023	Monitor working hours and pay wages	
I	IWW Operations	
I1	Lock and bridge control	
I11	Manage local bridge and locks	
I12	Perform central bridge and lock management	
I2	River information system	
I21	Monitor traffic and inform ships	
I22	Provide information to ships	
I23	Receive ship reports	
P	Port Operations	
P1	Bunkering support	
P11	Order bunkers	
P12	Coordinate operations	
P13	Transfer fuel	
	Charging support	
	Maintain power grid connection	
	Operate charging station (energy storage / battery system)	
	Operate charging plug/tower	
P2	Consumables	
P21	Order consumables	
P22	Coordinate operations	
P23	Transfer supplies	
P3	Cargo handling	
P31	Order cargo handling	
P32	Do operation	
P33	Transfer supplies	
P4	Passenger and crew handling	
	Operate gangway	

P41	Support embarkation	
P42	Support disembarkation	
P43	Provide immigration and port clearance for entry	
P5	Mooring/Berthing - automated or manual services	
P51	Receive requests for assistance	
P52	Provide tug services	
P53	Provide berthing services	
P54	Provide mooring services	
P55	Operate RORO ramps	
P6	Local Sensor Systems	
P61	Provide positioning data, position references	
P62	Provide environment perception	
P63	Provide other local information	
P7	Planned Response Services	
P71	Provide planned response services	
P72	Coordinate operation with ship	
C	Coastal Operations	
C1	Local sensor systems	
C11	Provide local data	
C2	Aids to Navigation (AtoN) / Maritime Safety Information (MSI)	
C21	Provide AtoN services	
C22	Provide MSI services	
C3	Vessel Traffic Services (VTS) / Mandatory Ship Reporting (MRS)	
C31	Monitor and instruct ship	
C32	Receive and respond to MRS messages	
C33	Communicate with ship	
C3	Electronic Port Clearance (EPC)	
C31	Receive and respond to EPC messages	
O	On Site Operations	
O1	Special cargo	
O11	Provide special cargo operations	
O2	Special services	
O21	Provide special services	

B Appendiks: Detaljert oversikt over systemoppgaver

For å avgrense hvilke ansvar operatør i kontrollrommet har så er det først gjort en slik vurdering for alle fasemønster og funksjoner fra henholdsvis Seksjon 5.4 og 5.5, samt sikkerhetskritiske hendelser som definert i Rapport L2.2. De involverte aktørene er definert som:

Aktør	Systemaktør
P1 – Kontrollromoperatør	K1 – Automasjonssystem skip
P2 – Sikkerhetsansvarlig	K2 – Automasjonssystem kai
P3 – Beredskapstjenester	
P4 – Servicepersonell	
P5 – Driftsledelse	

Videre er følgende inndeling av ansvarfordeling fra ISO (2022) lagt til grunn:

Auto	= (AC) Autonomous control
Full	= (FA) Fully Autonomous
Semi	= (OA) Operator and automation
Man	= (OE) Operator Exclusive

Definisjoner og detaljer for overnevnte er gjengitt i Appendiks A.1. I tillegg brukes *IF = Intervening actor* for å presisere hvilken aktør som tar over kontroll eller ansvar fra førstnevnte aktør i Auto-modus. Et eksempel på dette er Auto (K1, IF P1) om betyr at systemaktør K1 – automasjonssystem skip er ansvarlig, men kan be aktør P1 – kontrollromsoperatør om å ta over styring dersom operasjonsbetingelsene for skipets automasjonssystem brytes. Resulterende systemoppgaver for Langevågsbåten og Pendelfergen er beskrevet av Tabell 17 og Tabell 18.

Tabell 17: Systemoppgaver SOi for fasemønster: Normalt drift

Systemoppgaver SOi			Fasemønster – Normal drift					
			Kailigge	Lading	Legge til kai	Gå fra kai	Tran-sitt	Natt-ligge
Funksjoner Fi	F1	Navigasjon og manøvrering	NA		SO1 – Auto (K1, IF P1)		NA	
	F2	Planlegging og avvikshåndtering	SO2 – Man (P2)		SO3 – Man (P1, P2, P5)			
	F3	Nautisk kommunikasjon	NA		SO4 – Semi (K1, P1)			
	F4	Fortøyning	SO5 - Semi (K1, K2, P1, P2)	NA	SO6 – Auto (K1, K2, IF P1)		SO7 – Auto (K1, K2, IF P3/P5)	
	F5	Stabilitet og skrogintegritet	SO8 – Auto (K1, IF P1, P2)	NA	SO8 – Auto (K1, IF P1, P2)		SO9 – Auto (K1, IF P3/P5)	
	F6	Maskineri og tekniske systemer	SO10 – Auto	SO11 – Auto (K1, K2 IF P3/P4)	SO10 – Auto (K1, IF P1)		SO11 – Auto (K1, K2)	

		(K1, IF P1)			IF P3/P4)
F7	Sikkerhet og krisehåndtering	SO12 – Man (P2)	NA	SO13 – Man (P1 , P2)	SO14 – Man (P3)
F8	Vedlikehold	SO15 – Man (P4, P5)	NA		
F9	Passasjerhåndtering	SO16 – Man (P2)			NA

Tabell 18: Systemoppgaver SOi for fasemønster: Sikkerhetskritiske hendelser

Systemoppgaver SoI		Fasemønster – Sikkerhetskritiske hendelser				
		Brann	GKV	Evakuering	POB	
Funksjoner Fi	F1	Navigasjon og manøvrering	SO17 – Man (P1)			
	F2	Planlegging og avvikshåndtering	SO18 – Man (P3)			
	F3	Nautisk kommunikasjon	SO19 – Man (P1)			
	F4	Fortøyning	SO20 – Man (P3)			
	F5	Stabilitet og skrogintegritet	SO21 – Semi (K1, P3)			
	F6	Maskineri og tekniske systemer	SO22 – Semi (K1, P1)			
	F7	Sikkerhet og krisehåndtering	SO23 – Semi (K1, P1-5)			
	F8	Vedlikehold	NA			
	F9	Passasjerhåndtering	SO24 – Man (P2,P3)			

C Appendiks: Detaljert oppgavebeskrivelse for kontrollromoperatør

I denne seksjonen vil hver enkelt systemoppgave først bli kort beskrevet med hensyn til funksjon, faser og ansvaret til aktører og systemer. Deretter blir de spesifikke oppgavene til kontrollromsoperatør listet opp på formatet #SO1-1, #SO1-2 som henholdsvis betyr oppgave 1 i systemoppgave (SO1) og oppgave 2 i systemoppgave 1 (SO1). Innholdet i oppgavene er utledet basert på en systematisk gjennomgang av hovedfunksjonene som ble spesifisert i Seksjon 5.8 med tilhørende detaljer som gjengitt i Appendiks A.7, samt oppgaver som ble utledet og knyttet til kontrollromsoperatør i Smartere Transport L2.2 (Holte & Wengersberg, 2021). De detaljerte oppgavebeskrivelsene til kontrollromoperatøren brukes som underlag til sammenstilling og diskusjon av oppgavene i Seksjon 6.

C.1 SO1 - Automatisk seilas (AUTO)

Denne systemoppgaven består av funksjon navigasjon og manøvrering for fasemønstrene gå fra kai, transitt og legge til kai. Det autonome kontrollsystemet om bord skipene er ansvarlig for styring, men må kunne gi beskjed til kontrollrom ved behov for at operatør enten skal verifisere informasjon for kontrollsystemet eller gripe inn taktisk eller operasjonelt. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO1-1 Vurder situasjon og/eller verifiser informasjon dersom:

- Skipet gir beskjed om at vindstyrke og retning ikke kan bestemmes.
- Skipet gir beskjed om at sikt ikke er tilstrekkelig (værtilstand, sjøtilstand og andre forhold).
- Skipet gir beskjed om at egen posisjon ikke kan bestemmes.
- Skipet gir beskjed om at egen posisjon ikke stemmer overens med kartinformasjon.
- Skipet gir beskjed om at objekter ikke kan klassifiseres.
- Skipet gir beskjed om at klassifiserte objekters oppførsel ikke kan predikeres.
- Skipet gir beskjed om at andre skip ikke følger COLREGs (IMO, 1972).

#SO1-2 Ta over manøvrering av skip som legger til kai dersom:

- Skipet gir beskjed om at vindstyrke og retning overstiger grenseverdi.
- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av skipet.

#SO1-3 Ta over manøvrering av skip som går fra kai dersom:

- Skipet gir beskjed om at vindstyrke og retning overstiger grenseverdi.
- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av skipet.

#SO1-4 Ta over manøvrering av skip i havn eller styring av skip i transitt dersom:

- Skipet gir beskjed om at bane eller kurs ikke kan følges.
- Skipet gir beskjed om kollisjonskurs med andre objekter eller land.
- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av skipet.

C.2 SO3 – Planlegging og avvikshåndtering for seilas (MANUELL)

Denne systemoppgaven består av funksjon planlegging og avvikshåndtering for fasemønstrene gå fra kai, transitt og legge til kai. Systemoppgaven løses i all hovedsak av manuelle oppgaver som utføres av kontrollromsoperatør, og operatøren i enkelte tilfeller må kommunisere med driftsledelse (rederi) og sikkerhetsansvarlig. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO3-1 Gjennomfør planlagt sjekk av:

- Vindstyrke og retning (Værmelding).
- Sikt (Sensor kvalitet og vær).
- Posisjon og kartdata (Nautisk informasjon).
- Trafikk og omkringliggende objekter.
- Tilstand til fortøyningsutstyr på skip og på land.
- Tilstand til tekniske systemer og maskineri på skip.
- Tilstand til ladesystem på land.
- Tilstand til sikkerhetssystemer for stabilitet, brann, vannlekkasje etc. på skip.
- Tilstand til sikkerhetssystemer på land (for passasjerhåndtering).
- Tilstand til lokalt sensorsystem på land (reflektorer).

#SO3-2 Avklar i samråd med sikkerhetsansvarlig hvordan situasjon skal håndteres dersom:

- Automasjonen på skip informerer om at en (eller flere) fallback(s) har blitt aktivert.

#SO3-3 Gjennomfør taktisk justering av navigering, manøvrering og/eller fortøyning dersom:

- Operatør vurderer dette som nødvendig ved varsling om brudd på datasikkerhet.
- Operatør vurderer dette som nødvendig ved varsling om aktivering av fallback fra automasjon.
- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført planlagt sjekk.

#SO3-4 Gjennomfør taktisk justering av oppsett til teknisk utstyr og maskineri dersom:

- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført planlagt sjekk.
- Operatør vurderer dette som nødvendig ved varsling om brudd på datasikkerhet.
- Operatør vurderer dette som nødvendig ved varsling om aktivering av fallback fra automasjon.

#SO3-5 Informer sikkerhetsansvarlig dersom automasjon på kai gir beskjed om for mange passasjerer.

#SO3-6 Informer sikkerhetsansvarlig og driftsorganisasjon (service) dersom automasjon på skip/kai gir beskjed om:

- Feil på ladesystem.
- Feil på eller ikke forsvarlig sikret gangbro.

#SO3-7 Informer sikkerhetsansvarlig og driftsorganisasjon ved varsling fra beredskapsorganisasjon om brudd på datasikkerhet.

#SO3-8 Hold rederi/driftsledelse og sikkerhetsansvarlig underrettet om:

- Faktisk rutestatus og eventuelle avvik.
- Forventet rutestatus og fremtidige avvik (Pga. vær, utstyr etc.).
- Skipsstatus og eventuelle behov for service og vedlikeholdsoppdrag.

#SO3-9 Ajourfør / kvalitetssikre nødvendige logger og rapporter (myndigheter, oppdragsgiver, internt):

- Energirapporter.

- Ruterapport (Passasjertelling, forsinkelser, etc.).
- Beredskapsøvelser.

#SO3-10 Gjennomfør planlagt virtuell sikkerhetspatroljering ved bruk av CCTV dersom:

- Sikkerhetsansvarlig på skipet har behov for bistand til dette.

C.3 SO4 – Nautisk kommunikasjon (SEMI)

Denne systemoppgaven består av funksjon nautisk kommunikasjon for fasemønstrene gå fra kai, transitt og legge til kai. Ansvar for den nautiske kommunikasjonen er tenkt delt mellom automasjonssystemet på skipet og kontrollromsoperatør. Dette vil dog avhenge av i hvor stor grad det autonome skipet og eventuelle konvensjonelle skip er i stand til å kommunisere via digitale eller visuelle grensesnitt (Rødseth et al., 2021d), og operatør vil i så måte ha hovedansvar for kommunikasjon med andre aktører via passende kanaler. En oppsummering og oversikt over kommunikasjonsveier og kanaler til de to brukercasene beskrives i seksjon 7. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO4-1 Gi og motta beskjeder (over VHF, SatCom, Mobil) til og fra andre skip og farkoster, inkludert:

- Sikkerhetsmeldinger (GMDSS, AIS, DSC).

#SO4-2 Bruk lys, lanterner og horn for å kommunisere med andre skip og farkoster ved behov.

#SO4-3 Videreformidle relevante beskjeder til og fra sikkerhetsansvarlig og andre skip og farkoster

#SO4-4 Gjennomfør planlagt sjekk av:

- Kommunikasjonsutstyr (VHF / SatCom, Mobil) mellom kontrollrom og skip.
- Lys, lanterner og horn på skip.

C.4 SO5 – Fortøyning ved kai (SEMI)

Denne systemoppgaven består av funksjon fortøyning for fasemønster kailigge. Skipet er i utgangspunktet fortøyd og fortøyningen overvåkes av automasjonssystemene på skip og på kai. Automasjonssystemet på skip og/eller på kai må gi beskjed kontrollromsoperatør ved behov for at operatør enten skal verifisere informasjon for kontrollsystemet eller gripe inn operasjonelt. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO5-1 Vurder situasjon og/eller verifiser informasjon dersom:

- Automasjonen gir beskjed om brudd på sikker fortøyning.
- Sikkerhetsansvarlig melder fra om brudd eller feil på fortøyning.

#SO5-2 Koordiner heving av landgang med sikkerhetsansvarlig og ta over manøvrering av skip dersom:

- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering.

C.5 SO6 – Automatisk fortøyning til og fra kai (AUTO)

Denne systemoppgaven består av funksjon fortøyning for fasemønstrene legge til kai og gå fra kai. Dette innebærer selve fortøyningen (og ikke manøvrering inn mot og fra kai som dekkes av funksjon for navigasjon og manøvrering) Automasjonssystemet på skipet er ansvarlig for automatisk fortøyning sammen med

automasjonssystemet på kai. Automasjonssystem på skip og/eller på kai må gi beskjed til kontrollromsoperatør behov for at operatør enten skal verifisere informasjon for kontrollsystemet eller gripe inn operasjonelt. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO6-1 Vurder situasjon og/eller verifiser informasjon dersom:

- Automasjonen gir beskjed om at fortøyning ikke løsner ved avgang fra kai eller festes tilstrekkelig ved ankomst kai.

#SO6-2 Ta over styring av fortøyningsutstyr dersom:

- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av automasjonen.

#SO6-3 Ta over manøvrering av skip dersom:

- Skipet ikke lar seg fortøye, og det er behov for å dytte skipet mot kai eller manøvrere vekk fra kai.

C.6 SO8 – Automatisk stabilitetsmonitorering ved kailigge og seilas (AUTO)

Denne systemoppgaven består av funksjon stabilitet og skrogintegritet for fasemønster kailigge, legge til kai, gå fra kai og transitt. Automasjonssystemet på skipet er ansvarlig for overvåking av stabilitet og skrogintegritet, men skal gi beskjed til operatør i kontrollrom dersom det er avvik på målinger eller sensorer. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO8-1 Vurder situasjon og/eller verifiser informasjon dersom:

- Automasjonen gir beskjed om at stabilitet eller skrogintegritet er defekt.
- Automasjon gir beskjed om sensorfeil.
- Sikkerhetsansvarlig melder fra om tilsvarende.

#SO8-2 Opprett kommunikasjon med sikkerhetsansvarlig på skipet mens situasjon avklares og/eller informasjon verifiseres, be om bekreftende visuell sjekk av sikkerhetsansvarlig hvis mulig.

#SO8-3 Varsle driftstjenester/rederi og beredskapstjenester ved bekreftet ustabilitet eller defekt skrogintegritet.

C.7 SO10 – Automatisk maskineristyring ved kailigge og seilas (AUTO)

Denne systemoppgaven består av funksjon maskineri og tekniske systemer for fasemønster kailigge, legge til kai, gå fra kai og transitt. Automasjonen på skipet er ansvarlig for drift av maskineri og tekniske systemer, men gir beskjed til kontrollromsoperatør ved behov for at operatør skal verifisere informasjon eller gripe inn operasjonelt. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO10-1 Vurder situasjon og/eller verifiser informasjon dersom:

- Skipet gir beskjed om feil på energisystemet, nødstrømsystemet og/eller det elektriske systemet.
- Skipet gir beskjed om manglende evne til å gi propulsjon eller styring.

#SO10-2 Ta over manøvrering av skip som legger til eller går fra kai, eller styring av skip i transitt dersom:

- Skipet gir beskjed om at bane og/eller kurs ikke kan følges som konsekvens av feil med kraftgenerering eller evne til å gi propulsjon eller styring..
- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av skipet.

#SO10-3 Informer driftsledelse/rederi og beredskapstjenester dersom:

- Operatør selv ikke er i stand til å manøvrere skip ved feil på kraftgenerering og manglende evne til propulsjon og styring.

#SO10-4 Informer driftsledelse/rederi om behov for uforutsett vedlikehold når skipet ligger til kai dersom:

- Operatør vurderer dette som nødvendig etter gjennomført situasjonsvurdering initiert av skipet.

C.8 SO13/17 – Manuell styring av skip i nødsituasjon (MANUELL)

Denne systemoppgaven består av funksjon navigasjon og manøvrering for fasemønster brann, grunnstøting, kollisjon, vanninntrenging, evakuering og person over bord (POB), samt funksjon sikkerhet og krisehåndtering for fasemønster legge til kai, gå fra kai og transitt. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO13-1 Ta over manøvrering og styring av skip dersom det oppstår en nødsituasjon i form av:

- Brann.
- Grunnstøting.
- Kollisjon.
- Vanninntrenging.
- Evakuering.
- Person over bord.

#SO13-2 Avgjør i samråd med sikkerhetsansvarlig om det er nødvendig å slippe anker.

#SO13-3 Avgjør i samråd med sikkerhetsansvarlig og beredskapstjenester om kontrollromsoperatør skal bistå i søk etter POB ved å styre skipet manuelt.

#SO13-4 Avklar behov og koordiner eventuell gjennomføring av tauing og eller dytt med beredskapstjenester og sikkerhetsansvarlig.

#SO13-5 Avklar med beredskapstjenester og sikkerhetsansvarlig om evakuering (alle, flere eller enkeltperson) skal gjøres fra skip på sjø, eller om skip skal styres til kai.

C.9 SO19 – Nautisk kommunikasjon i nødsituasjon (MANUELL)

Denne systemoppgaven består av funksjon nautisk kommunikasjon for fasemønster brann, grunnstøting, kollisjon, vanninntrenging, evakuering og person over bord. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO19-1 Opprett kontakt med andre skip og farkoster i nærområdet ved behov for bistand.

C.10 SO22 – Semiautomatisk styring av maskineri og teknisk utstyr i nødsituasjon (SEMI)

Denne systemoppgaven består av funksjon maskineri og tekniske systemer for fasemønster brann, grunnstøting, kollisjon, vanninntrenging, evakuering og person over bord. Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO22-1 Steng ned maskineri eller annet teknisk utstyr som er berørt eller som kan tenkes å bli berørt av nødsituasjonen som oppstår.

#SO22-2 Start opp maskineri som ble stengt ned, men som ikke er eller kan tenkes å bli berørt av nødsituasjonen som oppstod.

C.11 SO23 – Semiautomatisk sikkerhets og krisehåndtering (SEMI)

Denne systemoppgaven består av funksjon sikkerhet og krisehåndtering for fasemønster brann, grunnstøting, kollisjon, vanninntrenging, evakuering og person over bord (POB). Operatøren i kontrollrommet vil ha følgende oppgaver:

#SO23-1 Opprett samband med sikkerhetsansvarlig og beredskapsorganisasjon, og bekreft at nødmeldinger er sendt ut.

#SO23-2 Videreformidle eventuelle meldinger mellom sikkerhetsansvarlig, beredskapstjenester og andre skip som ikke når direkte frem.

#SO23-3 Bistå sikkerhetsansvarlig med visuelle bekreftelser fra CCTV ved behov (Eksempelvis søk i salong).

#SO23-4 Etterspør visuell bekreftelse fra sikkerhetsansvarlig på stedet ved behov.

#SO22-5 Påse at følgende er utført:

- Lensesystem aktivert i tilfelle vanninntrenging.
- Redningsflåte utløst i tilfelle evakuering
- Slukkesystem aktivert i tilfelle brann.
- Stopp nødvendige vifter, luker og pumper ved brann.

#SO23-6 Ta over styring av sikkerhetssystemer for brannslukking, branndører, vanninntrenging etter avklaring med sikkerhetsansvarlig.