

Rapport

Smartere Transport – Møre og Romsdal A1.1 Ståstedsanalyse

Forfatter(e)

Even Ambros Holte (SINTEF Ocean)

Armin Pobitzer, Henning Borgen og Yingguang Chu (SINTEF Ålesund)



Rapport

Smartere Transport – Møre og Romsdal A1.1 Ståstedsanalyse

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2019 A-075	302004527-2	1.0	2015-05-15

EMNEORD:

Sjøverts
persontransport,
autonomi, teknologi,
regelverk, klasse,
potensial for teknologi
overføring

FORFATTER(E)

Even Ambros Holte (SINTEF Ocean)
Armin Pobitzer, Henning Borgen og Yingguang Chu (SINTEF Ålesund)

OPPDRAAGSGIVER(E)

Møre og Romsdal fylkeskommune

OPPDRAAGSGIVERS REF.

Marte Berild Hjelle

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

41 + vedlegg

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-7174-358-1

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal.

Rapporten gir en oversikt over relevante aktører og tilgjengelig teknologi som er nødvendig for å realisere et banebrytende konsept for sømløs autonom persontransport på sjø. Således skal den fungere som et grunnlagsdokument for videre arbeid i prosjektets definerte arbeidspakker. Både når det gjelder det teknologiske mulighetsrommet og aktuelle leverandører, men også systemkrav, øvrig behov for infrastruktur på landsiden, samt aktuelle aspekter knyttet til sikkerhet og beredskap. Herunder også utfordringer som må løses.

Hovedfokus for rapporten er persontransport over relativt korte avstander (mindre enn 1 time), i skjermet farvann, og hvor det også må påberegnes at annen konvensjonell skipstrafikk foregår. Herunder både nasjonal og internasjonal skipstrafikk.

**UTARBEIDET AV**

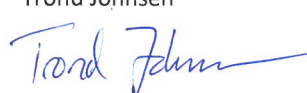
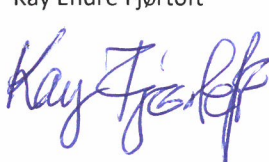
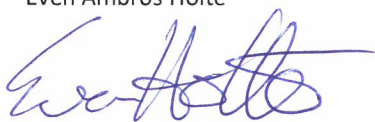
Even Ambros Holte

KONTROLLERT AV

Kay Endre Fjørtoft

GODKJENT AV

Trond Johnsen



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2019-05-15	Første versjon oversendt oppdragsgiver.
2.0	2019-06-13	Endelig versjon oversendt oppdragsgiver.

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Innledning	6
3	Metode	7
4	Brukercase	8
4.1	Sundbåten – Kristiansund	8
4.2	Langevågsbåten – Ålesund.....	8
5	Autonom sjøverts transport – hva og hvorfor?	10
5.1	Hva er autonomi og hvilke grader finnes.....	10
5.2	Hvorfor autonomitet.....	11
5.3	Spesielle utfordringer ved autonom persontransport.....	13
6	Status innen autonom maritim transport – nasjonalt og internasjonalt.....	14
6.1	Godstransport	14
6.2	Passasjertransport	15
6.3	Testområder for autonome skip	16
7	Teknologi – behov og tilgjengelighet	17
7.1	Totalløsning for autonom sjøverts passasjertransport.....	18
7.2	Avgang og anløp – kai	19
7.3	Overfart.....	20
7.4	Funksjoner uavhengig av operasjonell fase.....	22
7.5	Fremdrifts- og energisystem (inkl. konsept for lading).....	25
8	Aktuelle leverandører.....	27
9	Regelverk og forsikring/klasse	29
9.1	Regelverk - Sjøfartsdirektoratet.....	31
9.2	Klassegodkjenning av autonome fartøy.....	35
9.3	Forsikring.....	36
9.4	Forholdet mellom Klasseselskap og Flaggstat	36
10	Potensial for overføring fra øvrige prosjekt	38
11	Potensial for teknologioverføring fra andre industrier	40
11.1	Bilindustri	40
11.2	Flyindustri.....	40
12	Konklusjon	41
13	Referanser.....	43

1 Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal, en av fem fylkeskommuner premiert i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge". Hovedmålet har vært å fremskaffe en oversikt over relevante aktører og tilgjengelig teknologi som er nødvendig for å realisere et banebrytende konsept for sømløs autonom persontransport på sjø. Dette med utgangspunkt i prosjektets to brukercase – Sundbåten i Kristiansund og Langevågsbåten i Ålesund.

Rapporten fremstår dermed som et grunnlagsdokument for prosjektets videre arbeid i de øvrige arbeidspakkene. Både når det gjelder videre utredning av det teknologiske mulighetsrommet og aktuelle leverandører, men også relevante systemkrav, øvrig behov for infrastruktur på landsiden, fremdrifts- og energisystem, samt aktuelle aspekter knyttet til regelverk, sikkerhet og beredskap. Hovedfokus er persontransport over relativt korte avstander (mindre enn 1 time), i skjermet farvann, og hvor det også må påberegnes at annen konvensjonell skipstrafikk foregår.

Som beskrevet i rapporten er innholdet i stor grad basert på dybdeintervju, desk-top basert litteraturstudie og direkte epost korrespondanse. Hva gjelder dybdeintervju har prosjektet henvendt seg spesifikt mot personer som sitter i sentrale posisjoner ved ulike selskaper og organisasjoner, og som således har inngående kunnskap om teknologistatus. Dette i tillegg til hva som kreves for at en autonom sjøverts persontransportløsning skal kunne realiseres. Prosjektet har vært i kontakt med aktører innen forvaltning (Sjøfartsdirektoratet) og industri (klasse, brukere og teknologileverandører). Desk-top basert litteraturstudie er benyttet for å fremskaffe supplerende informasjon, samt status innen øvrige prosjekter av relevans. Direkte e-post korrespondanse er gjennomført mot utvalgte prosjektledere fra de øvrige premierte prosjektene fra Samferdselsdepartementets konkurranse – "Smartere transport i Norge". Sistnevnte med særlig vekt på å belyse overføringspotensialet av relevant teknologi og teknologiske løsninger. Herunder bl.a. nye billetterings- og betalingsløsninger, samt løsninger for analyse av reisemønster.

Kapittel 3 gir en innføring i metode og kapittel 4 presenterer kort de to brukercasene som prosjektet legger til grunn. Kapittel 5 introduserer autonomi og dets anvendelse innen maritim virksomhet, samt en beskrivelse av hva autonomi er og definisjon av ulike nivå. I tillegg belyses de viktigste utfordringene fremhevet av industrien selv. Kapittel 6 gir en innføring i utvalgte prosjekter hvor målet er å realisere autonom sjøverts transport, nasjonale som internasjonale. Kapittel 7 retter fokus mot gjeldende status ved ulike teknologiske løsninger og systemer av relevans for prosjektet, inkludert problemstillinger av relevans. I tillegg belyses også forventet teknologisk utviklingsstatus 3-5 år frem i tid. Kapittel 8 presenterer et utvalg av aktuelle leverandører og aktører av relevans for prosjektets videre arbeid med tilhørende tjenester og produkter. Aktører som prosjektet har vært i direkte kontakt med er også angitt. Kapittel 9 gir innsikt i status hva gjelder regelverk og klassekrav, inkludert prosessen som Sjøfartsdirektoratet p.t. legger til grunn for godkjenning av autonome og fjernstyrte fartøy. Herunder også relevante problemstillinger. Kapittel 10 og 11 løfter frem overføringspotensialet fra henholdsvis øvrige prosjekter og industrier.

På mange områder har industrien kommet langt med tanke på utvikling av teknologi og løsninger som er nødvendig for å realisere en utslippsfri autonom sjøverts transportløsning. En utvikling som hovedsakelig er drevet av fordeler knyttet til viktige parametere som økonomi, sikkerhet, miljø og koblingen mot intelligente transportsystemer. Dette være seg system for auto-dokking og adaptiv transitt, fremdrifts- og energi systemer

basert på rene batteriløsninger, samt hybride system basert på batteri og hydrogen. Et tydelig bevis på det er flere pågående demonstratorer hvor det foregår utstrakt grad av felttesting (f.eks. Suomenlinna II i Helsinki og MS Folgefonn). I tillegg er systemer for automatisk navigasjon langs angitt rute også på vei ut i markedet, bl.a. på fergestrekningen Moss-Horten, samt for flere av strekningene som betjenes av Fjord1. En viktig presisering er at dette er løsninger som fortsatt krever kontinuerlig brobemanning.

Samtidig er det også betydelige og sammensatte utfordringer innen området, og hvor den iboende kompleksiteten øker desto mer autonome løsningene og systemene blir. Dette er særlig knyttet til hvordan et verifiseringsregime skal utformes, og som er avgjørende for å realisere løsninger som ivaretar sikkerheten for personer og omkringliggende miljø, og derigjennom – regulatorisk sett – kan godkjennes som likeverdig eller bedre enn konvensjonelle løsninger. Dette fordi det per i dag er betydelig usikkerhet knyttet til hvilke krav som skal stilles for en slik verifisering, men også hvem som skal utforme, forvalte og stille kravene. Det som er sikkert er at de som ender opp med å stille krav må være i besittelse av høy teknologisk kompetanse. Teknologisk sett har arbeidet også avdekket betydelige utfordringer, hvor særlig dette med objekt deteksjon og etablering av situasjonsforståelse løftes frem. Herunder også hvordan en skal sikre at algoritmene som de ulike systemene baserer seg på reagerer likt – på tvers av ulike teknologileverandører, gitt et operasjonsbilde hvor flere autonome fartøy trafikkerer i samme farvann. Samtidig som det også er usikkerhet knyttet til hvordan autonome fartøy skal forholde seg til konvensjonelle. I denne sammenheng vil bl.a. kontrollsenter land spille en viktig rolle, både for å overvåke status til skipet, teknisk og operasjonelt, samt miljøet det opererer i. Dette i tillegg til å ha en koordinerende rolle dersom en ulykke skulle inntreffe.

Spesielle utfordringer ved autonom sjøverts transport:

- Mangel på robuste løsninger for objekt deteksjon og etablering av situasjonsforståelse.
 - Umodent regelverk og manglende krav til verifisering.
 - Ivaretagelse av passasjersikkerhet og -håndtering.
 - Sikker navigasjon (autonome og konvensjonelle skip, og mellom autonome)
-

Bredden og variasjonen i pågående prosjekter viser en betydelig drivkraft mot å etablere stadig mer avanserte løsninger som har til hensikt å realisere autonome og smarte transportløsninger. Her besitter Norge på mange områder verdensledende teknologisk kompetanse, og med de etablerte testområdene i Trondheimsfjorden, Storfjorden og Horten, ligger forholdene godt til rette for at næringen skal kunne ta nye og viktige steg i årene som kommer. Godt understøttet av evnen til å samarbeide på tvers av industriaktører (f.eks. brukere, teknologileverandører og klasse), herunder også myndighetene representert ved Sjøfartsdirektoratet.

2 Innledning

Som beskrevet i "Prosjektplan" ble Møre og Romsdal fylkeskommune som en av fem fylkeskommuner premiært 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".

Basert på persontransportsystem for henholdsvis Ålesund (Langevågsbåten) og Kristiansund (Sundbåten), heter det at resultatene også skal være anvendbare for andre geografiske områder. I tillegg skal de være skalerbare med tanke på systemets kapasitet til å håndtere ulike trafikk- og reisemønster (f.eks. variasjon i antall reisende over tid, rutevalg, reisevaner, reisemiddelfordeling). Det er også ønskelig at prosjektets løsninger skal kunne løftes over til utviklingen av autonome riksvegferger. Prosjekter består av totalt 4 arbeidspakker (WP'er), hvor fokus for denne rapporten er WP1 og aktivitet A1.1 (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 hovedprosjektets målsetning gir Ståstedsanalysen (A1.1) en oversikt over relevante aktører og tilgjengelig teknologi som er nødvendig for å realisere et banebrytende konsept for sømløs autonom persontransport på sjø. Således er denne rapporten et grunnlagsdokument for prosjektets videre arbeid i de øvrige arbeidspakkene. Både når det gjelder videre utredning av det teknologiske mulighetsrommet og aktuelle leverandører, men også relevante systemkrav, øvrig behov for infrastruktur på landsiden, fremdrifts- og energisystem, samt aktuelle aspekter knyttet til regelverk, sikkerhet og beredskap. Hovedtema for rapporten er transport over relativt korte avstander (mindre enn 1 time), i skjermet farvann, hvor det også må påberegnes at annen konvensjonell skipstrafikk foregår.

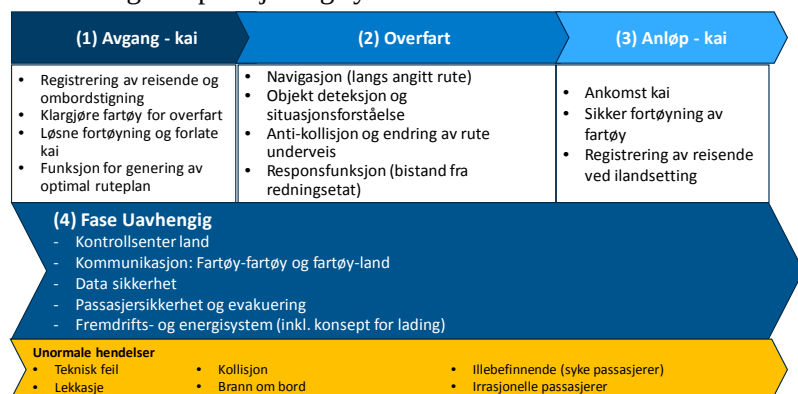
3 Metode

Innholdet i rapporten er i all hovedsak basert på informasjon som har fremkommet gjennom desk-top basert litteraturstudie og dybdeintervju (kvalitativ undersøkelse). For sistnevnte har prosjektet henvendt seg spesifikt mot personer som sitter i sentrale posisjoner ved ulike selskaper og organisasjoner, og som gjennom sin funksjon og daglige virke besitter inngående kunnskap omkring maritime autonome transportløsninger. Disse har således inngående teknologisk kunnskap, og besitter et høyt kunnskapsnivå hva gjelder forsknings- og utviklingsbehov. Prosjektet har henvendt seg mot aktører innen forvaltning (Sjøfartsdirektoratet) og industri (hovedsakelig klasse, brukere og teknologileverandører), og 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 på en mest mulig lik måte gjennom de ulike intervjuene.
3. Gjennomføring av intervju. Med utgangspunkt i intervjuguiden ble det gjennomført intervju, både via telefon og personlig fremmøte.

Prosjektet har også hentet inn informasjon fra andre relevante prosjekt omkring løsninger og system som har et potensial for overføring. Da særlig andre premierte prosjekt fra Samferdselsdepartementets konkurranse gjennom direkte e-post korrespondanse. Hva gjelder desk-top basert litteraturstudie har prosjektet innhentet aktuelt datagrunnlag gjennom tidligere og pågående arbeider, rapporter, vitenskapelige artikler, statistikk, og diverse utredninger av både nasjonal og internasjonal karakter. Herunder også øvrige prosjekt av relevans. Nødvendig koordinering mellom aktivitet A1.2 – "Beskrivelse av brukercase" ledet av NTNU Ålesund er også ivarettatt, noe som har vært viktig for å avgrense innholdet i rapporten, og ikke minst viktig for identifisering av relevant teknologibehov og status.

For å strukturere arbeidet med kartlegging av relevant og tilgjengelig teknologi og teknologiske løsninger har det vært viktig å definere de ulike operasjonelle fasene med tilhørende funksjoner. Dette som et grunnlag som mulighetsstudien kan bygge videre på. Figuren nedenfor gir en overordnet beskrivelse av de ulike fasene, samt tilhørende funksjoner (Figur 1). 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, mens 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 cyber sikkerhet, kontrollsenter land for ivaretagelse av generelt sikkerhetsnivå, og overvåking av operasjon og system.



Figur 1: Autonom sjøverts passasjertransport - operasjonelle faser og funksjoner (Kilde: SINTEF Ocean, 2019)

4 Brukercase

Sentralt i prosjektet står brukercasene som skal legges til grunn for selve mulighetsstudiet og prosjektets videre arbeid knyttet til landbasert infrastruktur, samt sikkerhet og beredskap. Aktivitet A1.2. gir en detaljert beskrivelse av brukercasene, men for å tydeliggjøre avgrensingen til denne rapporten er casene gjengitt på et overordnet nivå.

4.1 Sundbåten – Kristiansund

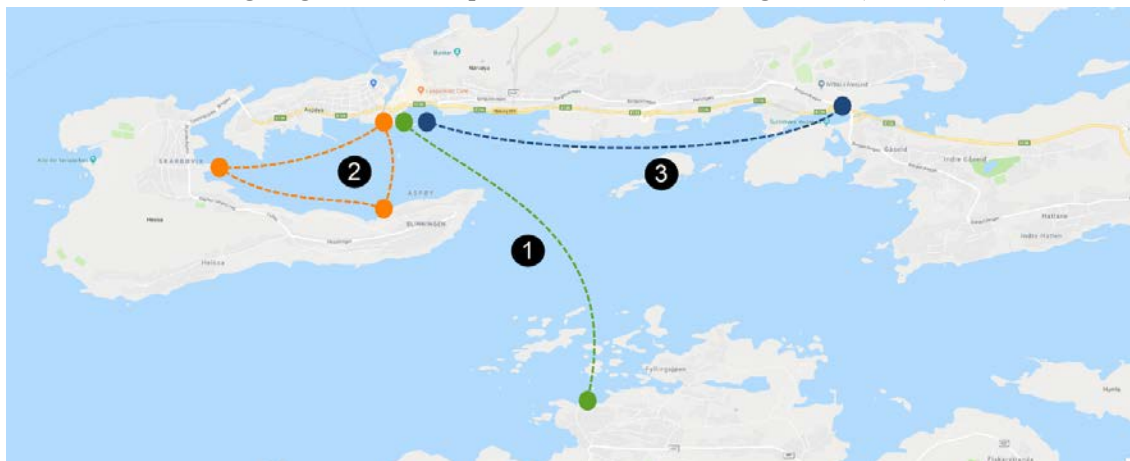
Dagens rute består av 4 korte strekninger inne i Kristiansunds havnebasseng, og knytter sammen Gomalandet, Kirkelandet, Innlandet og Nordlandet. Samlet lengde på ruten er 2.100 meter med en total seilingstid ca 15-18 minutter. Med en seilingshastighet på ca 6 knop gjøres 128 avganger per uke, som normalt betjenes av "Angvik" med en kapasitet til å frakte 70 passasjerer. Det foreligger også tanker om å utvide rutetilbudet til også inkludere Piren og Vestbase, da med Nordlandet som utgangspunkt (Lossius og Rødseth, 2015).



Figur 2: Eksisterende rute – Sundbåten (Kilde; Lossius og Rødseth, 2015)

4.2 Langevågsbåten – Ålesund

For brukercaset Langevågsbåten er det per nå identifisert 4 mulige ruter (Figur 3).



Figur 3: Forslag til ruter for case Langevågsbåten (Kilde; Kleppe, NTNU Ålesund)

Rute 1 betjenes av Langevågsbåten og går fra Ålesund sentrum (med anløp/avgang fra sørsiden rutebilstasjonen) til Langevåg. Ruten opereres i dag av en hurtigbåt og overfartstiden er ca 10 minutter med avgang hvert trettiende minutt. Med passasjerkapasitet på 147 personer benyttes ruten av pendlere, skoleelever og tildels turister og handelsreisende til Devold Outletfabrikken. Seilingshastighet og -distanse er henholdsvis 20 knop og 3,8 km.

I tillegg er følgende ruter under vurdering:

- Rute 2 - Sentrum – Skarbøvik – Slinningen - Trekantsamband
- Rute 3 - Sentrum – Campus/NTNU – (Ålesund Sykehus)
- Rute 4 (Rute 1 + 3) - Ringbåt

Samtidig som innhold og struktur på rapporten har en naturlig avgrensning mot de definerte brukercasene, er det også nyttig å se til relevante initiativ innen øvrig maritim virksomhet for etablering av autonome landbaserte løsninger for gods og passasjertransport (se kap. 6.).

5 Autonom sjøverts transport – hva og hvorfor?

Løsninger og konsepter innen autonome og ubemannende skip mottar for tiden mye oppmerksomhet, både fra FoU, industri og forvaltning, og er i stor grad med på å prege nyhetsbildet innenfor det maritime domenet. Mye grunnet det iboende potensialet til å utfordre konvensjonelle metoder for hvordan skip designes, testes og opereres. Samtidig som det er å anse som et relativt nytt konsept med flere nyanser og uavklarte tema, f.eks. hvordan autonome løsninger vil påvirke og på mange måter utfordre eksisterende lover og regelverk, har noen prosjekter kommet langt med tanke på realisering av ulike løsninger. I lys av dette, samt prosjektets videre planlagte arbeid, er det relevant å bygge en felles forståelse for:

- hva autonomi er,
- hvilke fordeler som konseptet bringer med seg, samt
- hvilke utfordringer som er med på å prege utviklingen.

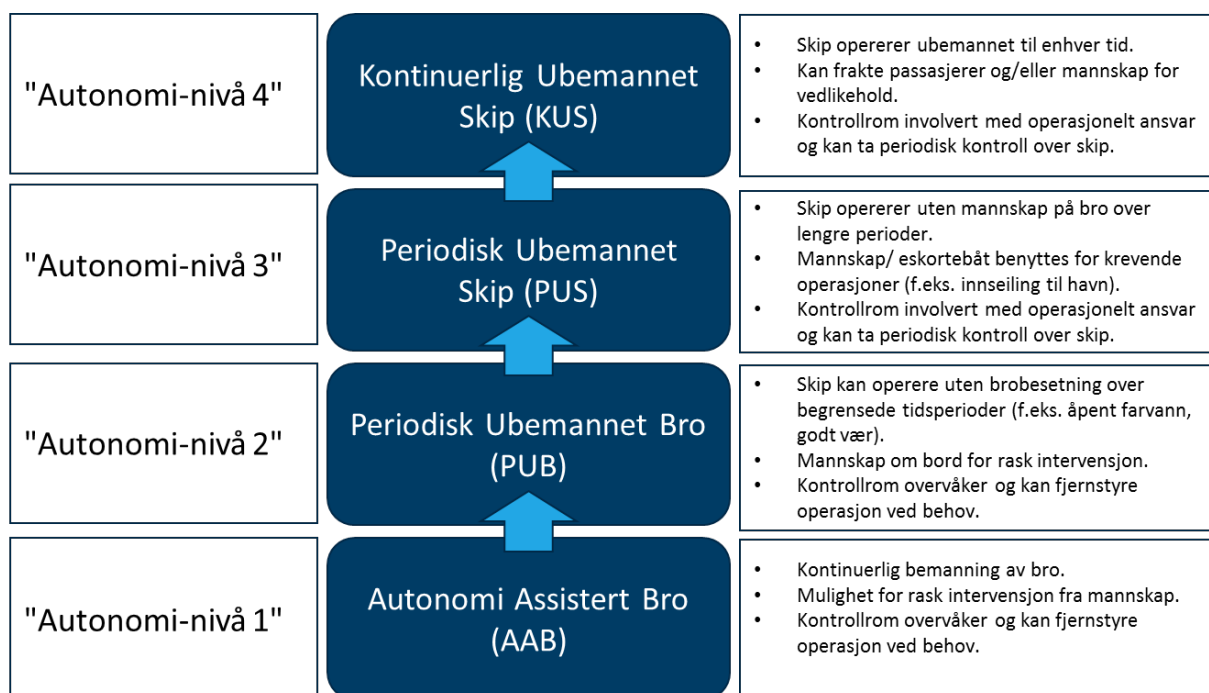
5.1 Hva er autonomi og hvilke grader finnes

Før en går videre med å beskrive hva autonomi er, er det fordelaktig å presisere hva som menes med et skip. For dette prosjektet kan et **skip** defineres som et fartøy med eget mannskap, fremdriftsmaskineri og styringssystem, som utfører kommersielle tjenester ved transport av passasjerer (eller gods), og som i tillegg må forholde seg til gjeldende sivile lover og regelverk (Rødseth og Nordahl, NFAS¹, 2017).

Ifølge NFAS blir et **autonomt skip** dermed et fartøy som kan utføre tilsvarende kommersielle tjeneste som et skip, men som gjennom ulike grader av automasjon har mulighet til å være selvstyrt i kortere eller lengre perioder. **Automasjon** er ofte benyttet som et uttrykk for et sett med prosesser, ofte datastyrte, som gjør det mulig for skipet å utføre et sett med operasjoner uten menneskelig intervensjon. Autonomi er således resultatet av selve anvendelsen av automasjon (Rødseth og Nordahl, NFAS, 2017).

I denne sammenheng er det også hensiktsmessig å påpeke **forskjellen mellom et autonomt og et ubemannet skip**. Dette fordi et autonomt skip kan utføre et definert sett med operasjoner helt uten – eller med redusert – oppmerksomhet fra mannskapet om bord (f.eks. seilas, dokking, navigering). Samtidig er ikke dette ensbetydende med fravær av mannskap for å sikre rask intervensjon om nødvendig. Enten ved kontinuerlig tilstedeværelse på bro, eller at mannskap er tilstede på skipet, og at det for enkelte operasjoner ikke er krav til kontinuerlig brobemanning. Ved et ubemannet skip finnes det i utgangspunktet ingen ombord som kan ta kontroll over skipets operasjon. Likefullt kan det være mannskap om bord for å utføre vedlikeholdsoppgaver, samt som støttefunksjon for passasjerer. Sistnevnte blir en særlig viktig faktor for dette prosjektet, da nøye vurderinger må gjøres omkring krav og behov vedrørende bemanning for de to ulike casene. Ulike grader av automasjon – eller autonomnivå – er gjengitt i figuren nedenfor (Rødseth og Nordahl, NFAS, 2017).

¹ Norsk Forum for Autonome Skip, www.nfas.autonomous-ship.org/resources.html



Figur 4: Ulike grader av autonomi og følger for operasjon og bemanning (Basert på Rødseth og Nordahl, NFAS, 2017)

Uansett ulike grader av autonomi, altså i hvilken grad og utstrekning et skip har bemanning og er selvstyrende, vil det i overskuelig fremtid alltid være et behov for å etablere et **kontrollsentral på land** (Kontrollsentral Land – KL) (Porate, 2014). Et slikt senter vil holde oversikt med skipets bevegelser og posisjon, endringer i omgivelser (f.eks. andre fartøy) og miljø (f.eks. værforhold), og ha mulighet til å ta kontroll over skipets operasjon ved behov. Når et kontrollsentral tar kontroll over et skips operasjon, tar det også automatisk over ansvaret til kaptein og øvrig mannskap ombord. Senteret kan dermed benyttes for å redusere kompleksiteten ved ombord- og kontroll systemene for begge brukercasene i prosjektet. I teorien kan ett senter fungere som kontrollenhet for flere skip og samband. For prosjektet betyr dette at en kan ha ett kontrollsentral for hver brukercase, eller ett senter som har et felles ansvar for begge. I litteraturen skilles det ofte mellom rollen til et kontrollsentral (SCC – Shore Control Centre) og et overvåkings-senter (LMC – Local Monitoring Centre). Forskjellen er at et SCC har mandat til å sende kommandoer til et fartøy, gjerne operert av et rederi, mens et LMC er til å overvåke det totale trafikkbilde, og vil også kunne sende informasjon og oppfordringer til et SCC. Det er ofte havn og kyststat som er LMC operatør.

Et kontrollsentral vil også spille en viktig rolle for å ivareta sikkerheten for passasjerene om bord. Både når det gjelder oversikt og kontroll med øvrig skipstrafikk, men også inneha en beredskapsfunksjon i tilfeller hvor evakuering og sikker seilas til havn er nødvendig. Eksempelvis er Brannvesenet i Trondheim påtenkt en rolle i forbindelse med operasjonaliseringen av MilliAmpere², da de har døgnbemannet operasjonssenter med redningsbåt lett tilgjengelig.

5.2 Hvorfor autonomitet

Det finnes mange grunner til hvorfor en skal forfølge løsninger som muliggjør en eller annen form for autonom sjøverts transport av passasjerer, og ifølge DNV-GL (2018) er det i all hovedsak 3 hovedelement som er drivende for utviklingen av autonome skip, herunder også passasjerskip. Disse er økonomi, sikkerhet

² <https://www.ntnu.edu/autoferry>

og miljø. I tillegg, og særlig relevant for dette prosjektet, finnes det en fjerde dimensjon – nemlig koblingen mot Intelligente Transport Systemer³ (ITS) for realisering av mer sømløse transportløsninger på tvers av ulike transportmodi.

1. **Økonomi.** Ethvert skip som frakter passasjerer har et mannskap om bord. Disse besitter ulike roller, hvorav noen er definert og spesifisert i henhold til krav som angitt i ulike lover og forskrifter. Det vil si at enhver reduksjon i bemanning vil gi utslag i operasjonelle kostnader. Avhengig av omfang og besparelse vil dette potensielt gi grunnlag for å et helt nytt design av transportsystemet (f.eks. flere og mindre fartøy med hyppigere frekvens). Lavere fast bemanning gir også økonomiske besparelser i tider på døgnet hvor det er lite passasjerer, samt at rutetilbud kan økes nattestid uten store kostnader. Sistnevnte er selvsagt avhengig av graden av autonomi – og den totale operasjonelle løsningen – som prosjektet avdekker som mest hensiktsmessig for de to ulike brukercasene. For kystnær transport og rutegående sjøverts passasjertransport utgjør mannskapskostnaden om lag 30-40% av totale operasjonskostnaden (OpEx). Ser man på den totale kostnadsfordelingen for fergetransport kan mannskapskost komme opp i 44%, hvor kapitalkostnad (20%), drivstoff (18%), vedlikehold (12%) og annet (6%) utgjør øvrige kostnadselementer (Halsos, 2016). Samtidig, i en slik vurdering blir det også viktig å inkludere vurderinger omkring hvordan ulik organisering og strukturering av kontrollsenter på land vil påvirke totaløkonomien.
2. **Sikkerhet.** Etter hvert som mer avanserte og verifiserte teknologiske løsninger og systemer blir tilgjengelig, kan disse til ulik grad kompensere for menneskelig nærvær om bord på skip. Dette forutsetter naturligvis at omfattende evalueringer og sikkerhetsvurderinger gjennomføres, og vil på sikt bidra til sikrere skipsoperasjoner. Dette med bakgrunn i at den største andelen av ulykker til havs beror på menneskelige feil (omlag 60-70%⁴), en trend som har vært økende de siste 15 år (Kystverket, 2014).
3. **Miljø.** Autonome skip har også et stort potensial for å redusere energibehovet. For ubemannede lasteskip beror dette på muligheten til å redusere – eller fjerne helt – hotellseksjonen og heller utnytte volumet til frakt av gods (les: redusert stålvekt og energibehov). Dette i tillegg til innføring av nye operasjonskonsept (ref. styring av skip fra kontrollsenter land), og derigjennom økt mulighet til en mer energioptimal operasjon. For passasjerferger over kortere strekninger kan redusert miljøpåvirkning realiseres gjennom alternativ fremdriftsteknologi (f.eks. batteri, gasselektrisk hybrid, hydrogen fuelcell-batteri hybrid, etc.). Dog er ikke sistnevnte begrenset til hvorvidt et passasjerskip er autonomt eller ikke. Positiv miljøgevinst kan likefullt realiseres gjennom kontrahering av nye fartøy, som også har bedre hydro- og aerodynamiske egenskaper sammenlignet med dagens. Også nye og smartere operasjonskonsept med utgangspunkt i økt forståelse av trafikk- og reisemønstre er bidrag som teller positivt (f.eks. ruter basert på "on-demand").
4. **Intelligente Transport Systemer (ITS).** Innføring av autonomi og automatisering ved de ulike brukercasene åpner også muligheten for å realisere mer sømløs integrasjon med øvrige landbaserte transportmidler. Ved å koble forskjellige typer sanntidsinformasjon om ulike forhold (vær, føreforhold, forsinkelser, trafikkavvikling, etc.), kan informasjonen assistert av smartteknologi kobles sammen slik at trafikanter enkelt kan planlegge og betale reiser. Avgang og ankomsttider kan lettere harmoniseres og derigjennom realisere en mer effektiv trafikkavvikling (Statens vegvesen, 2018).

³ "anvendelse av informasjons- og kommunikasjonsteknologi og -tjenester innen transport og tilhørende infrastruktur". Ref. <http://its-terminology.com/ITS%20Terminology%202018%20web-version.pdf>

⁴ <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/news/safety-shipping-review-2018.html>

5.3 Spesielle utfordringer ved autonom persontransport

Ubemannet operasjon gir store muligheter for å gjøre forbedringer innen teknisk drift og økonomi, bl.a. gjennom muligheten til å opprettholde, men også forbedre, rutetilbudet til en tilsvarende eller redusert kostnad. Dette inkludert operasjon på kveld og nattestid. Samtidig er det også en rekke utfordringer knyttet til vedlikehold, akseptkriterier, testing og sikkerhet. Punktlisten nedenfor er hovedsakelig basert på innspill fra intervju, og gir en kortfattet oversikt over noen av de mest sentrale utfordringene. Punktene danner således et utgangspunkt for videre utredning og diskusjon senere i rapporten. Da hovedsakelig i kap 7. Teknologi – behov og tilgjengelighet og kap. 9. Regelverk og forsikring/klasse. Merk at rekkefølgen til punktene ikke er ment som noen form for rangering.

- Forretningsmodell og transportsystemintegrasjon er utfordrende, ettersom det per i dag ikke er helt opplagt hvordan autonome sjøverts transportløsninger skal opereres og driftes, herunder også hvordan slike tjenester effektivt skal integreres i det totale systemet for kollektivtransport.
- Etablering av situasjonsforståelse fremstår som noe av det mest krevende på teknologisiden. Sammensetning av sensorpakke for å skape best mulig situasjonsforståelse – altså deteksjon og utveksling av data mellom ulike sensorer. Dette innebærer at algoritmene må ha en god forståelse av hva man ser, og evne å kategorisere det som sensorene sanser – og at det blir en korrekt gjengivelse av faktisk tilstand til enhver tid. Dette setter i tillegg krav til redundans ved de ulike systemer og delsystemer, slik at dersom AIS faller ut må radar kunne benyttes for å sikre at fartøyet kan seiles trygt tilbake til havn.
- Sikkerhet er et stort område med mange utfordringer og problemstillinger.
 - I forhold til klasse og regelverk er det per i dag ikke noe fastlagt regime for verifisering og godkjenning. Dette innebærer at mange løsninger fortsatt befinner seg på demo-stadiet.
 - Dersom flere autonome fartøy trafikkerer i samme farvann kan det bli utfordrende å sikre at algoritmene går på tvers av teknologiske løsninger fra ulike leverandører, slik at de reagerer likt ved ulike hendelser. Et autonomt fartøy må også håndtere interaksjon med konvensjonelle fartøy. Dette i tillegg til øvrig maritim aktivitet.
 - Dersom teknologi eller system feiler er det per i dag uklart hvem som har ansvar og hvem som har delansvar. Dette setter krav til verifisering og sertifisering, og er en prosess under utvikling.
 - Personsikkerhet i forhold til overvåking av reisende og ilandstiging (berusede personer, nedsatt funksjonsevne, kontroll med antall, etc.). Herunder også funksjoner for nødrespons ved behov for evakuering.
- For å ivareta krav til kommunikasjon og overføring av data (og informasjon) må tilpasset digital infrastruktur være etablert. Både i havn, men også langs ruten ved lange avstander og krav til redundans. En slik infrastruktur må påberegnes etablert, da eksisterende nettverk ikke har tilstrekkelig kapasitet. Herunder også kontrollsenter land.
- De transportløsningene som etableres må føles trygge for brukerne og tilfredsstillende. Sjøfartsdirektoratets krav om å være likestilt konvensjonelle løsninger – eller bedre.
- Når det gjelder maskineri og propulsjon så kan fartøy operere autonomt så lenge det ikke oppstår tekniske problemer. Utfordringen er derimot at det er nødvending med menneskelig tilsyn og tilstedeværelse for å kunne reagere dersom feil oppstår (f.eks. feilretting). Samtidig opplyser enkelte aktører at de har kommet langt på dette området, og at løsninger for problemdeteksjon og rekonfigurering av system vil være tilgjengelig i nær framtid.

6 Status innen autonom maritim transport – nasjonalt og internasjonalt

Innenfor transportsektoren har man i løpet av de siste 5-10 årene vært vitne til en rivende utvikling innen utvikling av autonome løsninger med økende grad av automatisering. Google har utviklet og testet selvkjørende biler siden 2009, og lanserte sin første førerløse og selvkjørende bil for kjøring på offentlig vei i 2017. Riktignok i et avgrenset område i Arizona (Ertesvåg, 2017). I 2015 presenterte Tesla som en av de aller første bilprodusentene en bil med innebygget autopilot (NAF, 2015). Utviklingen innen maritim bransje har ikke kommet like langt, for selv om mye av teknologien allerede er tilgjengelig, eksisterer det fortsatt en del uavklarte forhold knyttet til regelverk og forskrifter. Nasjonalt som internasjonalt. Sistnevnte utredes nærmere i kapittel 9, da dette kapittelet gir en mer generell oversikt over status ved ulike autonome prosjekter globalt. Både innen maritim godstransport, men også hva gjelder ulike prosjekter særlig rettet mot sjøverts passasjertransport. Kapittelet viser at det er et relativt høyt nasjonalt og internasjonalt aktivitetsnivå mot å realisere ulike maritime autonome transportløsninger, og bekrefter bl.a. at flere av de store industrielle drivkreftene befinner seg i Norden og Europa.

6.1 Godstransport

På global basis er det svært mange pågående initiativ knyttet til utvikling og testing av autonome sjøverts transportløsninger. Samtidig som det er utfordrende å fremskaffe oppdatert informasjon rundt flere av disse, og hva som faktisk er reel status, er det likefullt interessant å liste noen utvalgte initiativ. Dette fordi det gir en indikasjon på status innenfor utviklingen av autonome løsninger innen maritim industri, men kanskje vel så viktig er ambisjonsnivå og utviklingshorisont som de ulike prosjektene legger til grunn. Det understrekes at oversikten ikke er ment å være hverken uttømmende eller komplett.

I **Japan** har NYK (Nippon Yusen Kaisha) etablert et prosjekt sammen med øvrige selskaper innen NYK Gruppen (MTI Co. Ltd., Keihin Dock Co. Ltd.) og Japan Marine Science Inc. (JMS), med hovedmål om å demonstrere støttefunksjoner og fjernstyring for manøvrering av skip. Et av hovedmålene er å utvikle anti-kollisjonssystemer, og prosjektet tar sikte på å demonstrere resultatene gjennom faktisk implementering av nødvendige systemer om bord på et skip i 2025 (Lakshmi, 2018). I et annet prosjekt har Mitsui OSK Lines (MOL) i partnerskap med flere aktører⁵, tatt mål om å utvikle en rekke løsninger som vil muliggjøre automatisert dokking, anti-kollisjonssystem og fjernovervåkning. Hovedmålet er å sette et autonomt fartøy i kommersiell drift innen 2025 (Bergman, 2018).



I **Norge** er Yara Birkeland et av de initiativene som har kommet lengst når det gjelder å realisere autonome løsninger for sjøverts frakt av gods, også i et globalt perspektiv. Skipet er under bygging i Romania, før det ankommer Vard i Breivik for utrustning høsten 2019. Skipet blir helelektrisk og skal trafikkere ruten Herøya – Porsgrunn, og vil årlig avlaste veinettet med ca. 40.000 lastebillass (Stensvold, 2018a). Nylig fikk også ASKO støtte fra ENOVA om å utvikle deres konsept for transport av semitrailere mellom Moss og Holmestrand. Prosjektet har som mål å bygge to fartøy som hver skal ha en kapasitet på 16 enheter, og som til sammen vil fjerne



⁵ Mitsui E&S Shipbuilding (MES-S), Tokyo University of Marine Science and Technology (TUMST), samt Akishima Laboratories (a division of MES-S)

omlag 2 millioner kjørte km mellom Østfold og Vestfold. Per i dag går store deler av denne trafikken via Oslo. Formell investeringsbeslutning er ventet innen juni 2019, og tester skal utføres i 2021 (Stensvold, 2019).



I **Danmark** (2018) gjennomførte Svitzer i samarbeid med Rolls-Royce Marine første fjernstyre operasjon av en taubåt. Ytterligere testkjøringer er planlagt for 2019, da med økt grad av automasjon knyttet til fjernstyrt operasjon fra landbasert kontrollsentral. Partnere jobber sammen med Lloyd's Register klassifisering for å validere konsepter knyttet til fjernstyring. En av fordelene med fjernstyring er at mannskap kan hvile mellom operasjoner, og at skipet under transitt dermed styres av en kaptein fra et landbasert kontrollsentral (Wingrove, 2018).



I tillegg til overnevnte prosjekt er det også pågående initiativ i bl.a. Kina, Tyskland, USA og UK.

6.2 Passasjertransport

Hva gjelder initiativ og prosjekt spesifikt rettet mot autonom sjøverts transport av passasjerer gir følgende oversikt en god innføring, nasjonalt som internasjonalt. Som for godstransport er listen ikke ment å være verken uttømmende eller komplett.

I 2018 ble prototypen av MilliAmpere døpt i Trondheim, bygget i halv skala. I form av å være verdens første autonome passasjerferge markerte den på mange måter, sammen med Yara Birkeland, **Norges** evne til å ligge fremst innen maritim forskning og utvikling. Testingen er i gang og ved full størrelse skal fartøyet ha en kapasitet på 12 passasjerer i tillegg til sykler og barnevogner. Utstyrt med et helelektrisk fremdriftssystem skal fergen lade når den ligger ved kai. Systemer for automatisk dokking, anti-kollisjon og navigasjon er under utvikling. Strekningen i Trondheim er ca. 100 meter lang, men prosjektets ambisjon er å gjøre løsningene skalerbare slik at lengre overfarter med flere passasjerer kan realiseres (Skoglund, 2018). Det vil også være systemer på land som skal overvåke blindsoner.

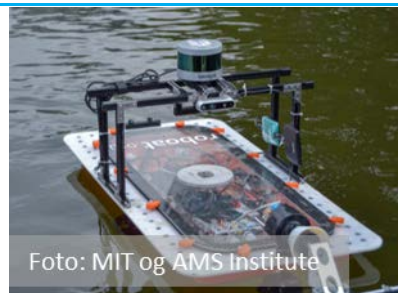


Av øvrige **norske** prosjekt finner vi bl.a. initiativ om Autonom Vannbuss i Stavanger, samt passasjerfergen med utspring i Tønsberg og hvor det siktes mot å etablere en løsning for sambandet over Husøysund (Husøy-Husvik), en strekning på om lag 100 meter. En viktig bidragsyter i dette prosjektet er Universitetet i Sørøst Norge (USN). Videre er Kongsberg Maritime involvert i et prosjekt med Bastø Fosen for å utvikle løsninger og teknologi som kan muliggjøre en automatisering av ruten mellom Horten og Moss. Hovedformålet er å gi tryggere seiling med mindre energiforbruk, både på fartøy og flåtenivå. Wärtsilä er også en betydelig aktør i markedet, og gjennomførte medio 2018 en vellykket test med autodokking, inkludert automatisk seiling fra havn til havn med fergen MS Folgefonn. I 2016 ble samme ferge modifisert med helt nytt fremdriftsmaskineri, et plug-in hybrid dieselelektrisk system med

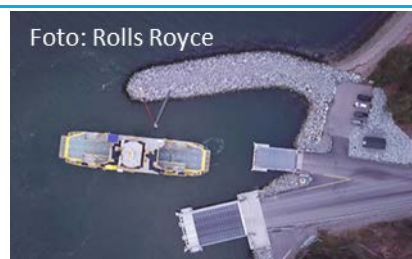


batteri. Skipet har mulighet til å gå 10% på batteri (Stensvold, 2018b).

I 2017 ble et 5-årig forskningsprogram etablert i **Nederland**, et samarbeid mellom MIT (Massachusetts Institute of Technology) og Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS), m.fl.⁶. Småskala prototyper av en type fartøy er etablert, og demoløsninger for bl.a. automatisk rutegenerering og objekt deteksjon er produsert. Prosjektets hovedmålsetning er å utvikle en flåte av autonome fartøy med flere iboende funksjoner (f.eks. transport av folk, sammenkobling av flere enheter for midlertidige flytende infrastrukturer som scener og broer) (AMS, 2016)



I 2018 ble første autonome overfart (uten menneskelig intervensjon) gjennomført på strekningen Parainen-Nauvo (1,7km), rett sør for den **finske** byen Turku. Realisert av operatør Finferries og Rolls-Royce Marine har skipet Falco blitt utrustet med avanserte systemer for automatisk dokking, anti-kollisjonssystem, samt en rekke sensorer for å skape delt situasjonsforståelse i sanntid. Før overfarten hadde skipet gjennomført over 400 timer med testkjøring (Rolls-Royce Marine, 2018a).



Samme år gjennomførte også **Finland** tester med et autonomt passasjerskip i Helsinki. Skipet (Suomenlinna II) ble fjernstyrt fra et kontrollsenter på land, og turen ble gjennomført inne i Helsinki havn med avgang fra Helsinki Market Square. Prosjektet er et samarbeid mellom Helsinki Bytransport og teknologileverandøren ABB (Jones, 2018).



6.3 Testområder for autonome skip

Den globale interessen for utvikling av autonomi og autonome løsninger i det maritime domenet er også fremtredende sett i lys av antall testområder etablert i senere tid. I Norge finnes det etablerte testområder i Trondheimsfjorden, Storfjorden nær Ålesund, samt testområde Horten. I tillegg har UK flere definerte testområder, samt Finland, Tyskland, Belgia, Nederland og USA. Nærmere informasjon om disse områdene finnes på NFAS sine sider⁷. For Norge sin del har etableringen av testområder vært en viktig ressurs for industrien og den utviklingen som har foregått.

⁶ Delft University of Technology and Wageningen University and Research. Waternet, City of Amsterdam and City of Boston

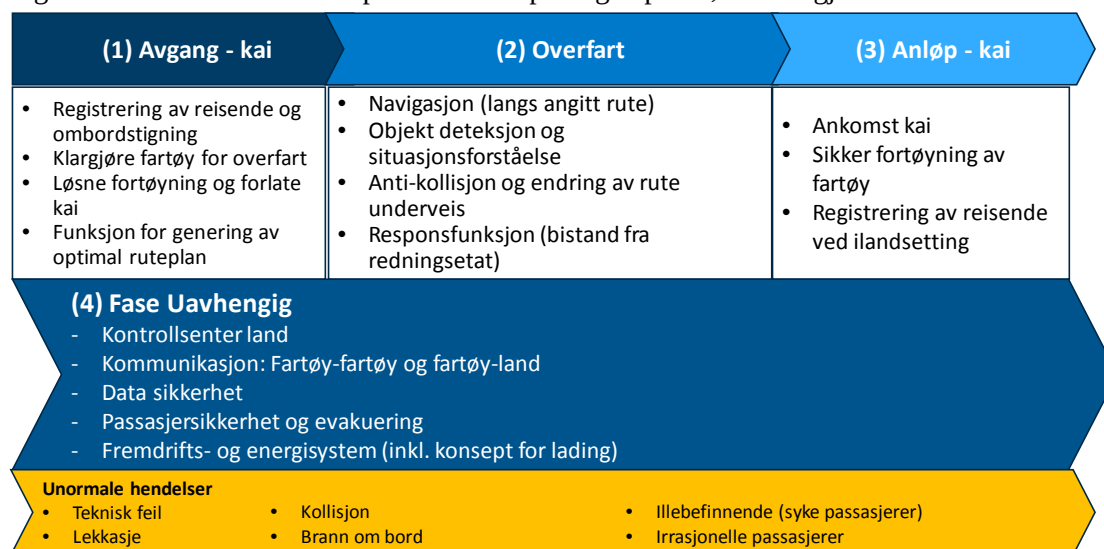
⁷ <http://www.autonomous-ship.org/testarea.html>

7 Teknologi – behov og tilgjengelighet

Som nevnt har prosjektet definert et sett med operasjonelle faser med tilhørende funksjoner. Dette som utgangspunkt for kartlegging av tilgjengelige teknologier og teknologiske løsninger som prosjektet finner relevant for å realisere de to ulike casene, og ikke minst som et relevant underlag for videre arbeid. Oversikten gjengitt i dette kapittelet er basert på gjennomføring av intervju, da i kombinasjon med desk-top basert litteraturstudie også er benyttet for å fremskaffe supplerende informasjon. Aktuelle gap er også indikert.

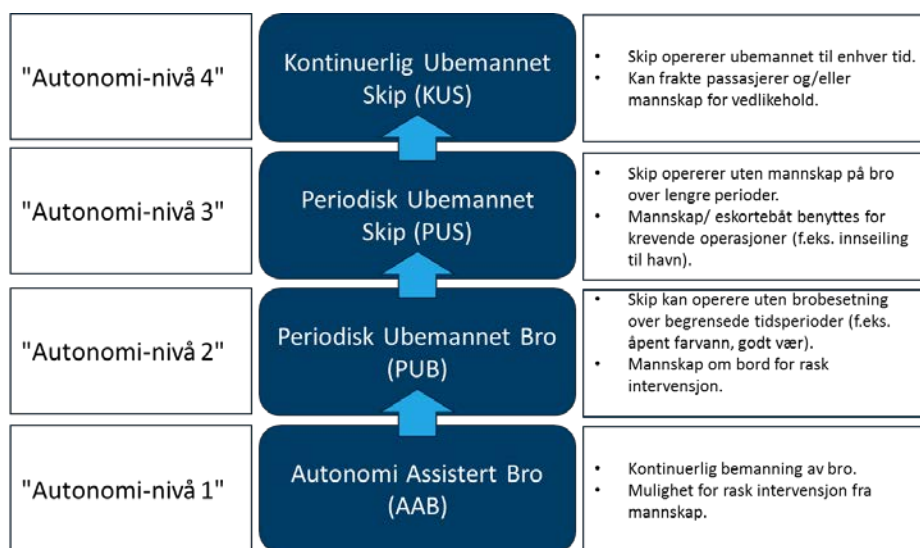
Hvor relevant gir kapittelet også en overordnet klassifisering når det gjelder utviklingsstatus for de ulike teknologiene og løsningene, herunder modenhet, autonomnivå og status vedrørende verifisering. "Modenhet" av en løsning er en refleksjon av hvor langt en har kommet i den teknologiske utviklingen (dvs. idé, konseptutvikling, labtest, felttest, driftsfase), mens "autonomnivå" indikerer graden av autonomi som ligger i de respektive løsningene og systemene med utgangspunkt i Figur 6. "Status vedrørende verifisering" (dvs. nei- ikke verifisert; nei – men planlagt/i dialog; ja), indikerer hvorvidt de enkelte løsningene er verifisert og dermed godkjent for operasjon av 3. part og myndigheter.

Figurene nedenfor er allerede presentert i kap. 3 og kap. 5.1, men er gjentatt for økt leservennlighet.



Figur 5: Operasjonelle faser og tilhørende funksjoner, autonom sjøverts passasjertransport (Kilde: SINTEF Ocean, 2019)

For å fremskaffe en forståelse av autonomnivå for de ulike løsningene, samt forventet utvikling, har prosjektet støttet seg på beskrivelsen utarbeidet av NFAS (Rødseth & Nordahl, 2017).



Figur 6: Ulike grader av autonomi og følger for operasjon og bemanning (Basert på Rødseth og Nordahl, NFAS, 2017)

Videre, ettersom dyptgående analyser er planlagt gjennomført i de øvrige arbeidspakkene (WP2, WP3 og WP4), understrekes det at kartleggingen nedenfor er utført på et noe overordnet nivå, og vil således være retningsgivende for videre arbeid.

7.1 Totalløsning for autonom sjøverts passasjertransport

Når det gjelder ulike aktørers vurdering av modenhetsnivå ved dagens teknologiske løsninger som er nødvendig for å realisere en komplett og operasjonell løsning for autonom sjøverts passasjertransport (dvs. nødvendige systemer, delsystemer om bord og støttefunksjoner på landsiden), anslås dette å ligge i skjæringspunktet mellom lab- og felttesting. Med utgangspunkt i skalaen for autonomnivå rangeres dagens løsninger til å ligge mellom 1 og 2. Dvs. mellom autonomi assistert bro (AAB) og periodisk ubemannet bro (PUB).

Følgelig er den generelle oppfatningen om forventet utvikling innen 3-5 år anslått å variere mellom felt-test og driftsfase, med tilhørende autonomnivå på mellom 2 og 4. Dvs. mellom periodisk ubemannet bro (PUB) og kontinuerlig ubemannet skip (KUS). For de ulike casene er det her rimelig å anta at Sundbåten med sin relativt lave hastighet vil kunne oppnå et høyere autonomnivå sammenlignet med Langevågsbåten, da dialog med industri har avdekket at hastighet i seg selv er en stor utfordring, og dermed en ytterligere kompliserende faktor. Det understrekes videre at løsninger som er klare for drift innen 3-5 år vil kreve støtte fra kontrollsenter land.

Totalløsning	Modenhetsnivå	Autonomnivå	Status vedr. verifisering
Dagens løsning	Labtest/ felttest	1-2	Dialog med myndigheter
Forventet løsning om 3-5 år	felttest/ driftsfase	2-4	Verifisert/ Dialog med myndigh.

Med det sagt, til tross for at flere av aktørene kunne informere om at de aller fleste tekniske og teknologiske løsninger for å realisere autonom sjøverts persontransport eksisterer, er det fortsatt noen betydelige hindre. Ett slikt hinder er knyttet til hvordan en skal verifisere ulike løsninger, systemer og delsystemer. Dette fordi det bl.a. er svært krevende å etablere de kravene som skal stilles til selve verifiseringen, og særlig når

sammenligningen blir menneskets evne til å registrere, tolke og agere. Derfor er mange av dagens løsninger godkjent for felttest, men altså ikke drift. Samtidig må en også påberegne at det må utføres egne godkjenninger for hver enkelt strekning, samt at nye drifts- og vedlikeholdsrutiner må etableres og godkjennes.

Viktige og fortsatt uavklarte spørsmål i denne sammenheng blir dermed: hvordan vite at et system er like sikkert – eller sikrere – enn et menneske, og ikke minst, hvordan kan vi kvantifisere dette i konkrete krav? Videre, i dag regner man at et skip kolliderer en gang hvert 100 år. Hvordan skal en da demonstrere at et ubemannet skip kolliderer færre ganger enn hvert 100 år, og hvilke scenario skal legges til grunn for dette? En viktig grunn til at dette er krevende er det store utfallsrommet som er vedheftet ulike hendelser og beslutninger. Dermed blir det også utfordrende å definere ulike scenarioer som skal legges til grunn for kravene som skal stilles. En annen viktig tilleggsdimensjon til den faktiske sikkerheten som ligger i systemene og løsningene, er hvordan sikkerhetsnivået blir oppfattet av offentligheten og potensielle brukere. Flere av aktørene prosjektet har vært i kontakt med poengterte at forventningene til autonome systemer per i dag ligger (langt) over nivået til konvensjonelle løsninger.

En helt sentral problemstilling som ledes ut av dette blir da: hvem skal stille kravene og forvalte disse, og hvem skal verifisere og godkjenne? Per i dag er ikke dette helt klart, da det krever svært høy kompetanse – både å stille krav samt verifisere at krav overholdes. Det som derimot er klart er at de som i fremtiden stiller de ulike tekniske kravene må ha en organisasjon som kan håndtere dette kompetansemessig. Hvem dette vil være for Norge er ikke helt opplagt, men et sannsynlig scenario er at klassen stiller både krav og verifiserer at disse imøtekommes gjennom de systemer og delsystemer som velges. Her må også rutine for godkjenning gjennomgå og tilpasses, bl.a. for å hindre at utvikler er den samme som verifiserer.

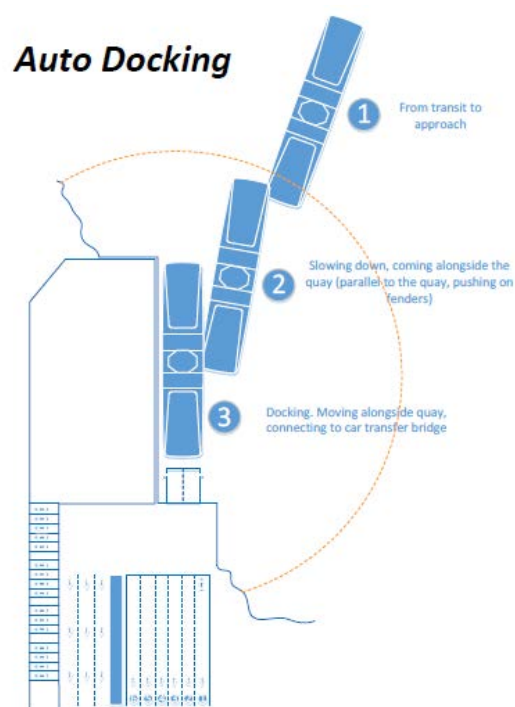
7.2 Avgang og anløp – kai

Med referanse til Figur 5 omhandles både avgang og anløp i samme delkapittel, da operasjonene som foregår i de to fasene i stor grad er sammenfallende. Ettersom det foreløpig ikke finnes krav til verifisering befinner dagens løsninger seg på felttest hva gjelder modenhetsnivå, og autonomnivå spenner fra 1-4. Sistnevnte gjenspeiler en relativt stor spredning i hva som oppfattes som gjeldende status og kan forklares med at enkelte aktører har kommet lenger enn andre i utviklingen. Ser man på forventinger knyttet til utviklingen i et 3-5 års perspektiv ansees det som realistisk at man har løsninger i driftsfase på autonomnivå 4.

Avgang og anløp – kai	Modenhetsnivå	Autonomnivå	Status vedr. verifisering
Dagens løsning	Felttest	1-4	Dialog med myndigheter
Forventet løsning om 3-5 år	Driftsfase	4	Verifisert

For **registrering av reisende**, inkludert system for billettering og nye betalingsløsninger, er sistnevnte en integrert del av prosjektet Smartere Transport Bodø. STOR prosjektet ledet av Oslo og Akershus er av relevans med tanke på etablering av reiseplanlegger som kan gi reisende informasjon omkring frekvens, reisetid, ventetid, etc. Aktiviteter knyttet til etablering av status hva gjelder utvikling for slike løsninger, samt behov for videre utvikling, vil utføres i nevnte prosjekter og løsninger av relevans forventes å kunne overføres til dette prosjektet. Nærmere beskrivelse omkring dette potensialet gis i kap. 10.

Når det gjelder **auto-dokking** finnes det eksisterende systemer som tillater full autonomitet, demonstrert med MF Folgefonn i 2018⁸ med system levert av Wärtsilä, og Falco operert av det finske rederiet FinFerries. Sistnevnte med teknologi levert fra Rolls-Royce Marine. I tillegg har Kongsberg Maritime, Maritime Robotics og ABB tilsvarende løsninger. Ettersom løsningene foreløpig ikke er verifisert er ingen godkjent for kommersiell drift, men det forventes at slike systemer er standard på ferger i fast rute om 3-5 år. Både Sundbåten og Langevågsbåten faller under denne kategorien.



Figur 7: Auto-dokking (Kilde; Kongsberg maritime, 2019)

Samtidig er det verdt å merke at slike løsninger i noen tilfeller kan være mer energikrevende, og noe tregere i tidsbruk sammenlignet med manuell dokking. Dette er faktorer som er viktig å ta med i energiregnskapet, samt ved utvikling av ruteplan, men også i forbindelse med evaluering og valg av løsning og leverandør. Lønnsomheten av å automatisere dette steget er dermed ikke opplagt. En videre kostnadsdrivende faktor er at en mest sannsynlig må påberegne utvikling av skreddersydde løsninger for hver havn eller rute. Samtidig vil slike løsninger, avhengig av autonomnivå, gi noe mulighet for reduksjon i bemanning. Hvordan dette vil slå ut for Sundbåten og Langevågsbåten er per i dag usikkert, og bør hensyntas i det videre arbeidet.

For bynære forhold vil en i tillegg måtte ta høyde for mulige forstyrrelser fra 3. part. Både fra flytende objekt i havnebasseng, samt personer som måtte oppholde seg i umiddelbar nærhet til kai. Sikring av kaianlegg blir dermed svært viktig for både Sundbåten og Langevågsbåten.

7.3 Overfart

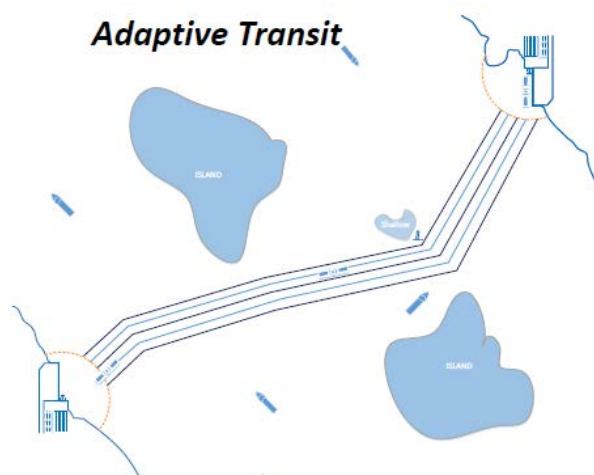
For systemer og delsystemer som håndterer selve overfarten viser samtaler med sentrale industriaktører at disse p.t. befinner seg på autonomnivå 1-2, både for operasjon i havnebasseng og selve seilasen. Modenheten befinner seg i skjæringspunktet lab- og felttesting, og det foregår mer eller mindre kontinuerlig dialog med myndigheter med tanke på verifisering. Når det gjelder forventet utvikling antar industrien en trinnvis

⁸ <https://www.wartsila.com/twentyfour7/innovation/look-ma-no-hands-auto-docking-ferry-successfully-tested-in-norway>

"oppbygging" av autonominivå, og at man innen de neste 3-5 årene regner med å være på autonominivå 3-4, med modenhet felttesting/driftsfase.

Overfart	Modenhetsnivå	Autonominivå	Status vedr. verifisering
Dagens løsning	lab- og felttesting	1-2	Dialog med myndigheter
Forventet løsning om 3-5 år	Felttest/driftsfase	3-4	Verifisert/ dialog med myndigh.

Systemer og teknologiske løsninger for **navigasjon langs angitt rute** er tilgjengelig per i dag, ofte referert til som "auto- crossing" eller "adaptiv transitt". Her skal bl.a. Rolls-Royce Marine (2018b), levere sin løsning for flere av de nye fergene som skal bygges for rederiet Fjord1 (13 ferger), samt systemer for 2 ferger operert av FosenNamsos Sjø. Kongsberg Maritime skal levere tilsvarende løsning til fergesambandet Moss-Horten. Systemet kontrollerer akselerasjon, deselerasjon og hastighet langs en forhåndsdefinert rute, og legger fartøyet stand-by i trygg avstand fra kai dersom intervensjon fra kaptein uteblir. Systemene er "bygget" slik at de skal minimere energibruk, sørge for at tidtabell overholdes, samt tilpasning av seilingsrute og hastighet. De skal også kunne hensynta forhold knyttet til trafikkbildet og vær.



Figur 8: Adaptiv transitt (Kilde; Kongsberg Maritime, 2019)

Når det gjelder spesifikke løsninger for **anti-kollisjon og endring av rute underveis** finnes det systemer på nivå med lab- og felttest. Samtidig er ingen slike systemer foreløpig verifisert, hverken av myndigheter eller 3.part (f.eks. Klaseselskap). En viktig grunn til dette er at det per i dag ikke foreligger noe etablert test-regime, og systemene må derfor betraktes som umodne. En tilnærming som anvendes er gjennomføring av piloter hvor en aktivt samler data og derigjennom sørger for en kontinuerlig utvikling og forbedring av systemet. Med det sagt er det noen problemstillinger som gir seg til kjenne, og som en foreløpig ikke har noe godt svar på:

- som gitt at et testregime ikke foreligger, når kan man vite at systemene er robuste nok?
- gitt at et slikt regime foreligger – hvordan kan man vite at det er godt nok?

I tillegg har man utfordringer med COLREG⁹, et internasjonalt regelverk som skal forhindre ulykker til havs (se kap. 9.1), og som ytterligere kompliserer det operasjonelle bildet. Dette fordi COLREG foreløpig ikke er tilpasset autonom sjøverts transport, og dermed er det stor usikkerhet omkring hvordan konvensjonelle fartøy skal forholde seg til autonome fartøy, samt hvordan autonome fartøy skal forholde seg til konvensjonelle. Det er altså få definerte retningslinjer innenfor dette området.

Objekt deteksjon og etablering av situasjonsforståelse fremstår på mange måter som en av de største utfordringene for å realisere sjøverts transportløsninger som tillater periodisk ubemannet skip og kontinuerlig ubemannet skip (Autonominivå 3 og 4). Samtidig hevder enkelte industriaktører å ha sensorpakker med svært høy detaljeringsgrad – dvs. systemets evne til å identifisere ulike objekt. Alt fra måker og svømmere,

⁹ COLREG - Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972

til mindre båter, kajaker og større fartøy. Med det sagt, selve grunnlaget for å skape god situasjonsforståelse er at de algoritmene som ligger i de ulike systemene (dvs. sensorer og radarer som stort sett er tilgjengelige), evner å gjengi en korrekt forståelse av hva man ser (altså – riktig prosessering av de data som registreres av ulike sensorer og radarer). Herunder evne å kategorisere og gjengi korrekt bevegelseskarakteristikk på de ulike objektene som et autonomt fartøy må forholde seg til. Være seg store og små fartøy, samt kajaker, mennesker i vannet, vannscootere og speedbåter. For eksempel vil små og lette motoriserte objekter være utfordrende i denne sammenheng, da de kan operere i høy hastighet og med uforutsigbart bevegelsesmønster. Per i dag er ikke algoritmene robuste nok til å håndtere nevnte problemstilling, noe som medfører at feiltolkninger av hva som er det virkelige situasjonsbildet oppstår. En viktig grunn til dette er at datagrunnlaget som er nødvendig for å trene algoritmene foreløpig ikke finnes, altså tilstrekkelig mengde data av høy nok kvalitet. Så lenge et slikt datagrunnlag ikke finnes, får man heller ikke utviklet robuste algoritmer.

Systemets evne til å gjengi korrekt situasjonsforståelse er helt sentralt med tanke på hvordan øvrige systemer skal agere (endring av rute underveis, endre hastighet, etc.), samt hvilket "bilde" som kommuniseres til et kontrollsenter på land (det generelle trafikkbildet, fartøyets tekniske tilstand, behov for bistand fra redningsetat, etc.). Sett i lys av prosjektets to caser som vil operere bynært, og med relativt stor tetthet med øvrig maritim trafikk, fremstår dette som et svært viktig punkt.

Løsninger knyttet til **responsfunksjon** og ivaretagelse av sikkerheten til passasjerer om bord er nærmere beskrevet i neste kapittel (kap. 7.4), herunder også bistand fra redningsetat.

7.4 Funksjoner uavhengig av operasjonell fase

Dette delkapittelet beskriver status ved de funksjoner som spenner på tvers av de ulike operasjonelle fasene, og som må ivaretas til enhver tid. System og løsninger knyttet til fremdrift og energi, inkludert konsept for lading omhandles separat i påfølgende delkapittel (kap. 7.5).

Sikkerhet er et komplekst tema ved utvikling av en autonom sjøverts transportløsning, og et sentralt tema som prosjektet må ivareta i det videre arbeidet. Ifølge DNV-GL (2018), er følgende aspekter av særlig relevans:

1. Sikkerheten til passasjerer og mannskap.
2. Den finansielle verdien som skipet utgjør, inkludert systemer om bord.
3. Sikkerheten til personer som ikke er om bord (f.eks. de som befinner seg i omkringliggende miljø).
4. Den finansielle verdien til øvrige fartøy og landanlegg.
5. Påvirkning på miljø.

Nevnte punkter ivaretas i stor grad gjennom å belyse utvalgte viktige funksjoner som:

- Kontrollsenter land
- Kommunikasjon
- Datasikkerhet
- Passasjersikkerhet og evakuering
- Framdrifts- og energisystem (inkludert konsept for lading).

Samtlige av de aktører som prosjektet har vært i kontakt med ser nødvendigheten av et **landbasert kontrollsenter** i overskuelig framtid. Et slikt senter skal bl.a. overvåke operasjonen og miljøet fartøyet opererer i, sikre at samtlige ombordsystemer fungerer som de skal, samtidig som det har mulighet til å intervenere gjennom f.eks. å ta kontroll over fartøy eller koordinere en mulig nødoperasjon. Det må også være mulig for passasjerene å kontakte kontrollsentret, en funksjon som ansees som sentral for å styrke følelsen av sikkerhet for reisende. Senteret vil således være et naturlig koblingspunkt mellom selve fartøyet og nødetater (f.eks. brann og redning). Dette innebærer at et slikt senter til enhver tid må evne å ha full oversikt over lokasjonen til de fartøy som er koblet opp mot senteret. Enten en flåte av skip som opererer langs en fast rute (f.eks. Sundbåten eller Langevågsbåten), eller flere uavhengige ruter (f.eks. Sundbåten og Langevågsbåten). Nødvendig infrastruktur for kommunikasjon med fartøy og utveksling av data er vesentlig i denne sammenheng. Kontrollsentret må altså ha evnen til å motta informasjon (f.eks. detekterte objekter og overvåke situasjonsbildet), ha mulighet til å intervenere og fjernstyre ved behov, men også ha mulighet til å formidle informasjon til passasjerer og annen trafikk i området. Dette legger føringer for hvilken kommunikasjonsinfrastruktur som må etableres. Her må robuste løsninger legges til grunn for å sikre 1.linjes kommunikasjon, samt løsninger for fortsatt operasjon dersom 1.linje skulle falle ut. Mer detaljerte krav og føringer bør utredes senere i prosjektet.

I det videre arbeidet vil det også være relevant å gjøre vurderinger omkring hva som er mest hensiktsmessig; ett kontrollsenter per case, eller ett felles for både Langevågsbåten og Sundbåten. Generelt sett er det rimelig å anta at ett felles kontrollsenter vil være det mest kostnadseffektive alternativet, da kostnader knyttet til bemanning fort blir høye, særlig i tilfeller hvor det vil kreves døgnbemanning. I tillegg til fartøyene sin lokasjon, hastighet, retning, samt tekniske status (herunder kontrollsystemer, fremdriftsmaskineri og energistatus), må et senter også ha full oversikt over værforhold og prognoser, øvrig maritim aktivitet langs ruten og i umiddelbar nærhet av fartøyet.

Per i dag finnes ingen slike etablerte kontrollsentre, men NTNU er i ferd med å etablere et senter for MilliAmpere på Gløshaugen i Trondheim, og Maasterly bygger for tiden sitt kontrollsenter på Lysaker som del av Yara Birkeland prosjektet. Videre tilbyr ABB (Jones, 2018) og Wärtsilä (2017) løsninger innen kontrollsentre.

Vedrørende **kommunikasjon** så fremheves dekning og stabilitet som de to viktigste utfordringene for realisering av autonome sjøbaserte transportløsninger. Dette i tillegg til overføringskapasitet av data. Avhengig av posisjonen til fartøyet varierer tilgjengelige kommunikasjonsløsninger i dag fra 3G/4G for kystnære strøk til satellittløsninger på åpent hav. Disse løsningene har klare begrensninger i båndbredde, f.eks. om videostreamer skal overføres. Operasjonsområdet til både Sunnbåten og Langevågsbåten ligger i områder med god til meget god 4G dekning¹⁰.

Det påpekes derimot at autonomi ikke nødvendigvis medfører et økt behov for å utveksle data mellom fartøy og land i vanlig operasjon. Tvert imot anses det som sannsynlig at behovet for kommunikasjonsfrekvens og båndbredde vil minske med økende autonomnivå. Muligheten for pålitelig overføring av (store) datamengder er først nødvendig om et kontrollsenter skal overta kontrollen ved behov (se avsnittet om sikkerhet i kap. 7.4). Noen kommunikasjonsløsninger (f.eks. satellitt) har også muligheten for å øke båndbredden i kortere, kritiske perioder mot økt kost. Bortsett fra overføringskapasitet vil latens være en svært viktig aspekt for valg av kommunikasjonsløsning i slike tilfeller.

¹⁰ <https://www.telenor.no/privat/dekningskar>

For innføring av 5G kommunikasjon til sjøs er det gjennomført felttester i forbindelse med MAMINE-prosjektet¹¹ og for Yara Birkeland, både for fartøy-til-land og fartøy-til-fartøy kommunikasjon. Maritim 5G krever egne løsninger på mottaker og sender side. Vanlig landbasert 5G tilbyr ikke nok stabilitet og rekkevidde for å kunne brukes i marine omgivelser. Implementasjon av 5G for maritim anvendelse er derfor avhengig av dedikert infrastruktur på båter (testet med rekkevidde inntil 10 km fra land, teoretisk rekkevidde ca. 35 km), eller på båter og på land.

I forhold til gjennomføring av sikker operasjon er **datasikkerhet (cyber security)** et sentralt tema. Dette fordi autonome og fjernstyrte operasjoner i stor grad støtter seg på kommunikasjon og utveksling av data, som igjen er basert på programvare og trådløse løsninger. Slike systemer vil alltid utgjøre et potensielt mål for personer som har til hensikt å gjøre tilsiktede og skadelige handlinger. Slike handlinger kan enten rettes direkte mot kommunikasjonsleddet f.eks. via hacking for så ta kontroll over fartøyet, eller gjennom direkte tilgang til systemene om bord eller ved kontrollsenter land (DNV-GL, 2018b). Konkrete tiltak for å ivareta datasikkerhet vil utredes i nærmere detalj gjennom arbeidet i WP 4 – Sikkerhet og beredskap.

For **passasjersikkerhet og evakuering** finnes det systemer og løsninger for både automatisk og manuell brannslukning og evakuering, men alle systemer krever at det er personer om bord med spesiell opplæring. Dvs. opplæring som strekker seg ut over vanlig grunnkurs. Her er scenarioer basert på at en person kan håndtere opp mot 300 passasjerer. For løsninger knyttet til evakuering spenner de fra helt manuelle til fullautomatiserte systemer – dvs. "trykk på en knapp". Generelt krever manuelle systemer mer opplæring, men er til gjengjeld veldig robuste og fleksible slik at feil sjelden oppstår. Fullautomatiserte systemer på sin side krever (nesten) ingen opplæring, men er vanskelige å få til å fungere når de først feiler. Per i dag er heller ikke påliteligheten på disse systemene på et tilstrekkelig nivå.

I tillegg til livvester er standardssystem for evakuering av små passasjerferger eksempelvis oppblåsbare livbåter (f.eks. for Sundbåten), og oppblåsbare livbåter kombinert med evakueringssklie eller strøppe (f.eks. for Langevågsbåten). Slike systemer må betjenes av en person da det per i dag ikke er mulig å fjerne sikkerhetsfunksjonene. Dette grunner hovedsakelig i eksisterende regelverk, men også fordi de automatiserte systemene ikke kan verifiseres som pålitelige nok. Det vil si at ansvarlig person om bord skal: utløse systemet, verifisere at sjøsetting har fungert og klargjøre flåte for ombordstigning, mønstre passasjerer (f.eks. sørge for at livvester er korrekt på), anviser ombordstigning, samt være om bord i redningsflåten når fortøyningen til skipet kuttes. Blant disse stegene ansees klargjøring av flåten som det mest krevende, og dermed også en refleksjon av viktigheten av å ha en opplært person. Når det gjelder livbåtkapasitet må små fartøyer ha full kapasitet på begge sider.

Evakuering er helt klart det mest krevende, og særlig i tilfelle brann – som også er den mest vanlige grunnen til evakuering. Grunnstøting og kollisjon kan også utløse evakuering, men dette ansees som "enklere" å håndtere sammenlignet med brann. Når det gjelder systemer for brannslukning i batteri- og hydrogendrevne fartøyer ligger det en spesiell utfordring i at systemene foreløpig ikke er tilpasset batteribrann, og batteriløsninger har blitt installert uten at dette har blitt utredet. Kravene som er satt til slike systemer er mye basert på erfaring, og ikke forhåndsanalyser slik det er gjort innen offshore.

¹¹ <http://www.superradio.no/a/home/NATIONAL/>

Videre, for å ivareta og overvåke sikkerheten til passasjerene er det naturlig å tenke at kontrollsenter land spiller en sentral rolle, og at et større redningsfartøy til enhver tid står klar til å rykke ut. Særlig i tilfeller hvor passasjerer f.eks. får et illebefinnende, oppfører seg irrasjonelt, eller i en situasjon med mann over bord. For å legge til rette for rask og effektiv intervensjon mellom to fartøy blir gode fasiliteter for at redningsmannskaper skal kunne komme seg om bord viktig. Dette er vanligvis ikke tilfellet for små båter, og blir således et viktig designkriterium, både for Sundbåten og Langevågsbåten.

Med tanke på kostnad vil det sannsynligvis være mest hensiktsmessig å utrede muligheten til å koble seg på eksisterende redningsressurser i form av fartøy som står stand-by. Her blir brann- og redningstjenesten et sentralt kontaktpunkt, hvor bl.a. responstid og -kapasitet blir viktige parameter for videre oppfølging. Som eksempel er Trondheim brannvesen en mulig samarbeidsaktør for MilliAmpere. Med sitt utspring ved den nye brannstasjonen i Trondheim sentrum lokalisert ved kanalen, har de kort responstid bort til planlagt operasjonsområde for fergen. Et annet og relatert element koblet til dette er SOLAS¹², og da særlig hvordan konvensjonelle skip skal forholde seg til autonome skip som befinner seg i en nødsituasjon. Dette fordi SOLAS konvensjonen pålegger skip å bistå hverandre i nød, noe som per i dag ikke er avklart.

7.5 Fremdrifts- og energisystem (inkl. konsept for lading)

Flere store aktører (bl.a. Kongsberg, ABB, Wärtsilä og SIEMENS), har eksisterende løsninger for **utslippsfri framdrift** – inkludert totalintegrerte energisystemer (fra bro til propell) – som kan fungere for både Sundbåten og Langevågsbåten. Basert på intervju fremstår følgende løsninger som mest aktuelle for de to ulike casene:

- Sundbåten – ren batteriløsning grunnet relativt korte avstander og lavt kraftbehov.
- Langevågsbåten – både batteri og hybridløsning med kombinasjon av batteri og hydrogen brenselcelle er aktuelt, hvor valg av løsning bl.a. vil baseres på krav til seilingshastighet, og dermed kraftbehov, tid mellom ladepunkt, samt tilgjengelig ladetid.

Selv om både batteri og hydrogen- og batteribasert hybrid fremstår som mulige løsningene for en nullutslipps hurtigbåt, er det likefullt verdt å fremheve at hydrogen som drivstoff har en relativt høy kostnad. Per i dag om lag det dobbelte av diesel. I tillegg kreves kostbare brenselceller og spesialtanker, og det er heller ikke noe etablert distribusjonsnett for hydrogen. Samtidig er sistnevnte noe som med høy sannsynlighet vil falle på plass med økende etterspørsel i markedet. Samtidig – og avhengig av nødvendig installert effekt – vil en ren batteriløsning potensielt medføre at batteripakken blir uhensiktsmessig tung for en hurtigbåt.

Når det gjelder autonomnivå så ligger generelt sett energisystemer lengre fremme med tanke på utvikling og implementering av verifiserte løsninger sammenlignet med navigasjon. Her finnes det også løsninger for "selvdiagnostisering" og automatisk rekonfigurasjon for feilretting dersom mulig. Dette innebærer at dagens løsning ligger på et modenhetsnivå i området labtest-driftsfase, og på et autonomnivå mellom 2 og 3. Hva gjelder status innen verifisering er en også her på et nivå hvor det er dialog med myndigheter. Forventet løsning om 3-5 år er at slike systemer er tilgjengelig på markedet (dvs. modenhetsnivå driftsfase), samt at de kan operere på autonomnivå 4 om ønskelig.

¹² International Convention for the Safety of Life at Sea

Framdrifts- og energisystem	Modenhetsnivå	Autonomnivå	Status vedr. verifisering
Dagens løsning	Labtest - Driftsfase	2-3	Dialog med myndigheter
Forventet løsning om 3-5 år	Driftsfase	4	Verifisert

Med det sagt, det som blir svært viktig for utvikling av et **optimalt fremdriftssystem**, blir først og fremst å ta utgangspunkt i det helhetlige operasjonelle bildet. Da særlig:

- rutetabell (hvor lang tid brukes på overfarten – altså tid mellom ladinger, og hvor lang tid kan en tillate fartøyet å lade),
- driftsprofil (faktisk effekt-behov/forbruk som funksjon av seilingshastighet), og
- elkraft/nett (graden av stabilitet i tilførselen av energi til kai/ladepunkt, samt kapasitet på eksisterende infrastruktur).

Nevnte punkter vil også utgjøre viktig grunnlag for spesifisering av krav til redundans i fremdriftssystemet, og her er særlig varighet av autonom operasjon vesentlig, dvs. den tid det tar å seile fra punkt til punkt. Den lengste strekningen blir dermed et viktig utgangspunkt.

God oversikt over disse punktene muliggjør design av et mest mulig optimalt fremdrifts- og energisystem, da driftssyklus og forventet effektbehov gir føringer for tilgjengelig ladetid. Dette er i sin tur viktig for å beregne hvor stort batteri som må installeres i de to fartøyene. Det samme gjelder for design av hybridløsning for Langevågsbåten. På generelt grunnlag bemerkes det at jo kortere ladetiden er, desto mer kostbar blir løsningen. Dvs. at ulike scenarioer når det gjelder ladetid bør utredes for å avdekke sensitiviteten mot investeringskostnad. Her kan selv små forskjeller i ladetid utgjøre (store) forskjeller i kostnad.

Når det gjelder **konsept for lading** er det i hovedsak 3 teknologier som er tilgjengelig på markedet¹³:

Ladekonsept	Eksempel på leverandør
1. Ladeplugg med strømførende kabel. Effektbehov avgjør tykkelse på kabel, og således også vekt. Ved krav om automatisering må operasjon av ladeplugg støttes av robot.	Cavotec plugg
2. Pantograf - alà energiforsyning til trikk. Ingen krav til laderobot. Lading igangsettes når fartøy er dokket inn og kontakt mellom pantograf og ladepunkt er etablert.	Stemmann/Ferrycharger pantograf
3. Induksjon – kraft overføres via magnetisme og induksjon når ferge er innenfor rekkevidde til ladepunkt. Løsningen er støttet med laderobot.	Wärtsilä

Hvilken løsning som vil passe Sundbåten og Langevågsbåten vil bli utredet i mer detalj i forbindelse med arbeidet i WP2 (mulighetsstudiet), men det er verdt å merke at pantograf ansees å være en rimelig og effektiv løsning. I tillegg til å vurdere kostnad – og de ulike teknologiske løsningene generelt – blir det også viktig å gjøre vurderinger med hensyn på parametere som forskjell på flo og fjære, samt hvor robuste løsningene er i forhold til påvirkning fra vær og vind. Samtidig bør også nettkapasitet og stabilitet inkluderes, da etablering av ladepunkt ved kai kan – avhengig av effektbehov – medføre behov for å investere i økt nettkapasitet. Som alternativ til utvidelse av nettet bør eksisterende løsninger hvor batteripakke er integrert i dokkingstasjonen

¹³ <https://www.tu.no/artikler/i-2021-vil-norge-ha-60-ferger-med-batterier-na-ma-vegdirektoratet-finne-en-standardlosning-for-lading/414997>

også vurderes. Et slikt system er installert på strekningen Flåm-Gudvangen, hvor flytebryggen fungerer som ladepunkt (inkl. energilager) og passasjerhåndtering.

Behov for **drift og vedlikehold** av elektriske systemer ansees å være svært lave, og spesielt for rene batteriløsninger (f.eks. årlig sjekk av kjølevann). Særlig når sammenligningen blir dieselmotorer som ofte går på lav last. Påliteligheten i systemet er også anslått å være meget høy, og her trekkes arbeidsfartøyet Elfrida inn som eksempel. Elfrida opereres i dag av oppdrettsselskapet SalMar ved deres anlegg på Kattholmen¹⁴, og det meldes om svært få driftsproblemer. Andre eksempler på fartøy med nullutslippsløsninger er elektrisk-hybride sjarken Karoline og batterifergen Ampere.

Drift og vedlikeholdsbehov for hybridløsninger basert på batteri og hydrogen brenselcelle anses å være noe høyere sammenlignet med ren batteriløsning, men hvor mye er vanskelig å si da dette er et relativt nytt område med fortsatt høy forskningshøyde. Samtidig kan man forvente 25'-30.000 driftstimer uten vedlikehold. I denne sammenheng er det verdt å nevne det nye hybrid laboratoriet ved Tyholt i Trondheim, en felles satsing mellom ABB og SINTEF Ocean. Utviklingsmessig utgjør dette en verdifull kapasitet for å kunne realisere grønne, energieffektive og kostnadseffektive utslippsløsninger for maritim anvendelse. Det eksisterende maskinlaboratoriet med mulighet til å utvikle løsninger basert på batteri og diesel er nå oppgradert slik at en nå kan kjøre labtester for hybridløsninger basert på batteri og hydrogen brenselcelle.

Utvikling av optimal skrogform blir viktig for å redusere motstand i vann og dermed minimere nødvendig tilførsel av energi for å drive fartøyet fremover. Herunder også valg av propell, installert effekt, etc.

8 Aktuelle leverandører

Kapitlet gir en overordnet oversikt over aktuelle aktører for å realisere en autonom Sundbåt og Langevågsbåt. Oversikten viser et utvalg av hva ulike selskap kan levere av teknologi og teknologiske løsninger, herunder produkt og tjenester, samt hvorvidt de har vært kontaktet i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten. De aller fleste aktørene er også aktuelle kontaktpunkt for videre prosjektaktiviteter. SINTEF Ocean har gode kontaktflater inn mot majoriteten av aktørene på listen.

Tabell 2: Aktuelle industriaktører, leveringsmuligheter og intervjustatus

Selskap	Hovedleveranser	Intervjustatus (Ja/Nei)
ABB	Komplett fremdrifts- og energisystem, inkludert hybrid løsning. Styringsystemer fra "bro til propell", inkludert løsninger for automatisk lading. Løsninger for navigasjon og sikker dokking, samt, fjernmonitorering- og styring (Kontrollsender land).	Ja
Kongsberg (inkl. Tidl. Rolls-Royce Marine)	Nullutslipps fremdriftssystem, auto-dokking, auto-transitt, fjernmonitorering- og styring (Kontrollsender land).	Ja - intervju med Rolls-Royce Maritime
Kongsberg Seatex	System (inkl. sensorer og sensorpakker) som sikrer autonom framføring og navigasjonskontroll.	Nei

¹⁴ <https://www.tu.no/artikler/mot-elfrida-verden-forste-elektriske-arbeidsbat/376294>

	Kommunikasjonsløsninger (MBR – Maritim bredbånds radio).	
Maritime Robotics	System (inkl. sensorer og sensorpakker) som sikrer autonom framføring og navigasjonskontroll.	Ja
Wärtsilä Valmarine	Nullutslipps fremdriftssystem, system for auto-dokking og auto-transitt, fjernmonitorering- og styring (Kontrollsenter land).	Nei
Norwegian Electric Systems (del av Havyard)	System for energilagring, nullutslipps løsninger for fremdrift, styringssystemer fra "bro til propell", inkludert løsninger for automatisk lading.	Nei
Marine Technologies	Styringssystem, dynamisk posisjonering, integrerte broer, VSAT-kommunikasjon og løsninger for fjernmonitorering- og styring.	Nei
Cavotec	Leverandør av ladekonsept og automatisk fortøyning	Nei
MacGregor Ålesund	Løsninger for automatisk fortøyning	Nei
Høglund Marine Solutions	Systemer for energilagring, systemer for kraftstyring (Power management systems) og lading.	Nei
Corvus	Systemer for energilagring (batteri og batterisystemer), inkl. lading.	Nei
Survitec (tidligere Brude)	Produkter og tjenester innen personsikkerhet (livredning, evakuering, brannslukking og -detektering).	Ja
Superradio	Leverandør av maritime kommunikasjonsløsninger.	Ja
Maasterly	Kontrollsenter land	Nei
SIEMENS	Komplett fremdrifts- og energisystem, inkludert hybrid løsning. Styringssystemer fra "bro til propell", inkludert løsninger for automatisk lading.	Ja
Brødrene Aa	Fartøysdesign og konseptutvikler.	Ja
Havyard	Fartøysdesign og konseptutvikler.	Nei
VARD	Fartøysdesign og konseptutvikler.	Nei
GARD	Forsikringsselskap med hovedfokus på personell og ansvarsforsikring.	Nei
DNV-GL	Klasseselskap og potensiell 3. parts verifikatør innen autonomi.	Ja

Når det gjelder ivaretagelse av brukerperspektivet har prosjektet gjennomført samtaler med Sundbåten, Autonom ferge – Ballstad, Universitetet i Sørøst-Norge – autonom ferge Husøysundet, og MilliAmpere.

9 Sjø sikkerhet, regelverk og forsikring/klasse

Som for teknologi foregår det en betydelig utvikling innen regelverk og retningslinjer knyttet til godkjenning og klassing av autonome og fjernstyrte skip. Per i dag går denne utviklingen hurtigst på nasjonalt nivå. Prosessen med å få godkjent seilingstillatelse for fartøy vil derfor med stor sannsynlighet være i bevegelse i årene som kommer. En tett dialog med Sjøfartsdirektoratet anbefales derfor på det sterkeste.

Kapittelet gir en oversikt over dagens situasjon knyttet til godkjenning og klassing av autonome og fjernopererte skip i et nasjonalt perspektiv (stort sett via Sjøfartsdirektoratet), og danner et viktig grunnlag for arbeidet som skal utføres i de øvrige arbeidspakkene. Særlig aktivitet 4.2 – Regulatoriske utfordringer. Aktuelle internasjonale regulativ er også identifisert. Vedrørende sistnevnte opplyses det at i FNs maritime organisasjon (IMO – International Maritime Organization), pågår prosesser for å vurdere hvordan autonomi kan bli en realitet i internasjonal skipsfart. Bl.a. hvilke tekniske standarder som skal legges til grunn, og hvordan dette vil påvirke gjeldende lover og regelverk. I dette internasjonale arbeidet spiller Norge en sentral rolle (Kystverket, 2018).

9.1 Sjø sikkerhet – Kystverket

Ansvar for sjø sikkerheten er delt mellom Kystverket og Sjøfartsdirektoratet. Det betyr at begge etater sine ansvarsområder knyttet til sjø sikkerheten må være ivarettatt om et autonomt skip skal få lov til å operere. Sjøfartsdirektoratet vil ha fokus på sikkerheten til fartøyet og eventuelle passasjerer/mannskap om bord, mens Kystverket vil ha fokus på sikkerheten i farvannet som skal trafikkeres (bl.a. sikkerheten overfor andre fartøy), samt at fremkommeligheten i farvannet ikke forringes (Kystverket, 2019).

Direkte innspill fra Kystverket, (2019), ved Trond Langemyr.

En overordnet oversikt over utvalgte aktiviteter vedr. hva Kystverket gjør for å utnytte mulighetene som ligger i ny teknologi – inklusiv arbeidet med autonome skip:

- Kystverket deltar i en rekke FoU-prosjekter som handler om å utvikle og ta i bruk ny teknologi, blant annet innen nullutslippsløsninger for sjøtransport og havn og automatisert godshåndtering. Gjennom tilskuddsordningen for havnesamarbeid støttes prosjekter for utvikling av nye digitale, innovative løsninger i havnene, og den nye tilskuddsordningen for effektive havner vil også bidra til å stimulere til innovasjon i havnene.
- Kystverket har valgt å ta innovasjonsrisiko på vegne sjøfarten ved å bruke egne fartøy til utprøving av nye teknologiske løsninger, blant annet innen energisparing, energistyring, framdriftsteknologi, og innen informasjonssikkerhet og -overføring mellom fartøy og land.
- Innen navigasjonsinnretninger foregår et teknologiskifte innen fyrlykter. Nå installeres en LED basert lyskilde, som også har laserskåren sektorinndeling. Dette vil gi økt oppetid, forbedret fargekvalitet, bedre definerte sektorskiller og dermed økt brukernytte. Alle anleggene installeres med fjernovervåkning, noe som fjerner ukjent nedetid på anleggene, samt bedre mulighet for å varsle seilende om feil på konkrete innretninger.
- Kystverket er også i prosess, sammen med MET, med å kombinere tradisjonell infrastruktur (lysbøyer) med metrologiske sensorer. Data fra disse skal presenteres direkte i ECDIS om bord på fartøyene. Dette vil gi navigatørene sanntids måledata om vær og vind, direkte i sine navigasjonsinstrumenter om bord.
- Kystverket deltar i arbeidet i internasjonale organisasjoner der E-navigasjonskonseptet for skip utvikles. E-navigasjon vil innføre digital støtte til sjø sikkerhetstjenester og informasjonstjenester som skip avhenger av for å seile trygt, og som i dag baserer seg på tale

over maritim VHF eller av utdaterte kommunikasjonssystemer. For eksempel sjøtrafikksentraltjeneste, lostjeneste, farevarslingstjenester og søk og redningstjenestene vil dra nytte av dette.

- I samarbeid med Forsvaret, Norsk Romsenter og norske industribedrifter utvikler Kystverket sivil trafikkovervåking av skip i norske havområder basert på satellitteknologi utviklet i Norge. Dette startet med satellitten AISat-1 i 2010 og flere satellitter etter det. I dag utvikles ny sensorteknologi som etter hvert vil gjøre havovervåkingen mer effektiv. Overvåkingen av havområdene har stor betydning for mange flere norske myndigheter som ivaretar sjøsikkerheten, søk og redning, ulike kontrolloppgaver og som også er viktig blant annet som grunnlag for forvaltning av havområdene på flere områder.
- Kystverket samarbeider med industri og forskningsmiljøer for å utvikle og implementere digitale løsninger som medfører at informasjon bl.a. blir mer brukervennlig og standardisert. I tillegg til økt sikkerhet, medfører dette innovative samarbeidet til mer effektivitet, miljøgevinster gjennom bl.a. redusert utslipp til luft, og ikke minst verdiskapning for maritim leverandørindustri som kan selge løsninger i et internasjonalt marked.
- Transformasjonen fra analoge løsninger til digitale løsninger øker mulighetene for mer automatiske og autonom støtte til aktørene i maritim transport. Og vi ser nå kimen til de første autonome skipene.
- Maritim transport er avhengig av internasjonale løsninger. Kystverket samarbeider med norsk industri også på dette området. IMO og IALA, men også EU og EMSA er viktige arena for dette arbeidet.
- Kystverket leder arbeidet med BarentsWatch-programmet. Formålet er å etablere og videreutvikle digitale tjenester og samhandling som bidrar til at norsk hav- og kystområder brukes og forvaltes på en effektiv, bærekraftig og godt koordinert måte. Vi vil i denne sammenheng nevne tre prosjekter som har særlig relevans. Sporing og samhandling, Felles ressursregister og eNavigasjon. Formålet med Sporing- og samhandlingstjenesten er å etablere et helhetlig maritimt forvaltningsregime som understøtter suverenitetshevdelse, samfunnssikkerhet, kyst- og havnestsansvaret og andre internasjonale forpliktelser. Formålet med Felles ressursregister er å utvikle et datasystem som gir offentlige etater med et operativt ansvar for å sikre liv, helse, miljø og eiendom, oppdatert informasjon om tilgjengelige ressurser. Formålet med eNavigasjon er å gi profesjonelle brukere i maritim næring tilgang til informasjon om meteorologiske forhold og annen statisk og dynamisk informasjon om farleder. Tjenesten skal være åpen for fritidsflåten. Alle disse tjenestene er i bruk og utvikles videre sammen med brukere og interessenter.
- Kystverket har vært pådriver på integrering av Maritim Bredbåndradio (trådløst WIFI nett) mellom båter i aksjoner, til og fra overvåkningsfly, droner mm. Dette systemet er bygd ut bl.a. i Isfjordområdet på Svalbard. Her samarbeider vi med Sysselmannen, Telenor og Kystvakta. En kan sende tekst, bilder og video i 4K oppløsning over store avstander. MBR'en som er utviklet av Kongsberg Seatex brukes nå som fast kommunikasjonsutstyr på en større droner bygd av internasjonale firmaer.

Det er godt kjent at utviklingen og aktivitetsnivået innenfor autonome og ubemannede fartøyer har vært stort de siste par årene, og Kystverket deltar også aktivt i dette arbeidet på mange plan.

Noe av det viktigste vi gjør, er å tilrettelegge for denne typen teknologi – både for tidlig å kunne anvende teknologien for å løse ulike mobilitetsutfordringer, men også for at norsk industri skal kunne utnytte mulighetsrommet som ligger innenfor dette. Norge sitter på all nødvendig kompetanse, og denne kompetansen er svært ofte verdensledende. Vi gjør vårt i tilretteleggingen for at denne posisjonen kan opprettholdes.

Kystverket har vært med på å etablere 3 testområder for autonome skip, og flere er under planlegging/vurdering. På den måten sikres det at akademia, forskning og industri kan få prøvd ut nye løsninger under kontrollerte former.

Kystverket var også en av initiativtakerne til Norsk Forum for Autonome Skip (NFAS), som har blitt en viktig arena for informasjonsutveksling og nettverksbygging mellom aktørene i Norge som jobber med eller har interesser i autonome skip. Forumet ivaretar også medlemmenes interesser knyttet til informasjon og nettverksbygging mot andre land. I dag teller forumet mer enn 45 medlemsorganisasjoner. Kystverket har siden 2017 innehatt styreleder vervet i NFAS.

Kystverket driver med utstrakt informasjon og veiledning til kommuner og næringer som ønsker å ta denne nye typen teknologi i bruk. Vi har vært aktivt med i prosessene rundt Yara Birkeland og ASKO sjødroner, men har også kontakt med et titalls kommuner og norsk industri som ønsker å utforske mulighetene som ligger i «autonome vannbusser» og andre automatiserte transportløsninger. Vi har også kontakt med kommuner og fylkeskommuner med tanke på å legge best mulig for til rette for den lokale industrien som ønsker å utvikle nye produkter innenfor segmentet.

Innenfor regelverk/lovgivning, har Kystverket gjennomgått alle lover og forskrifter som faller inn under etatens ansvarsområder, for å identifisere eventuelle hindringer i å gjøre bruk av mulighetene som ny teknologi kan gi. I dag jobbes det videre med å gjøre nødvendige endringer for å sikre at regelverket er mest mulig teknologinøytral, dvs. i stedet så stille krav til funksjoner som skal være ivare tatt fremfor å peke på den konkrete løsningen.

Internasjonalt deltar Kystverket også i regelverksutformingen for autonom skipsfart. Sammen med Sjøfartsdirektoratet er vi sentrale i arbeidet som gjøres rundt dette i den Internasjonale Maritime Organisasjon (IMO), og vi deltar også aktivt i en ekspertgruppe under EC DG-MOVE som ser på hvordan dette skal håndteres i EU/EØS. Sistnevnte gruppe hadde sitt siste møte i Horten i forrige uke, hvor vi fikk vist frem norsk industri, akademia og forskning på en god måte.

Innenfor FoU-arbeidet deltar Kystverket aktivt med å påvirke prosessene slik at kunnskapshull tettes, og at fokuset dreies mot anvendelsen av teknologien.

Tilretteleggingen handler imidlertid ikke bare om å muliggjøre anvendelsen av autonome fartøy, men også sikre at befolkningen opplever løsningene trygge og stabile nok til at det blir et reelt brukerbehov. Kystverket ivaretar dette gjennom å påse at sjøsikkerhetsnivået ikke forringes, og gjennom å delta i samfunnsdebatten rundt temaet på en ansvarsfull måte. Det er viktig at det ikke skapes urealistiske forventninger til teknologien.

Den forutnevnte tilretteleggingen er et viktig bidrag til å skape den forutsigbarheten som næringen trenger for å ha nødvendig trygghet i sine satsninger og investeringer. Forutsigbarhet er en av de viktigste brikkene når nye forretningsmodeller skal utformes, og for raskt å kunne utnytte mulighetene som ny teknologi kan gi.

9.2 Regelverk og sjøsikkerhet - Sjøfartsdirektoratet

I Norge er det Sjøfartsdirektoratet som godkjenner alle skip som seiler under norsk flagg, både eksisterende og de som er under bygging. Med mål om å minimere antall ulykker til havs utfører de også tilsyn av utenlandske fartøy som besøker norske havner. Dette i tillegg til en generell overvåkning av risikobildet, inkludert forebyggende arbeid (Sjøfartsdirektoratet, 2019).

Per i dag eksisterer det ingen nasjonale og offisielt godkjente regelverk som er spesielt innrettet og utviklet for godkjenning av autonome fartøy. Ei heller internasjonale. Samtidig har et økende antall prosjekter nasjonalt presset frem et behov for å fastsette noen retningslinjer for hvordan slike prosjekt skal behandles. Med bakgrunn i dette har Sjøfartsdirektoratet utviklet et rundskriv: R . Rundskrivet er dermed per i dag det

underlaget industrien har å forholde seg til spesifikt når det gjelder utvikling av autonome og fjernstyrte fartøy. Dette i tillegg til gjeldende lover og regelverk (se nedenfor).

En viktig erkjennelse er at utviklingen av autonome og/eller fjernstyrte fartøy representerer noe helt nytt for alle involverte parter. Således er det en viktig presisering at nevnte rundskriv foreløpig har status som "utkast", og at det – avhengig av den fremtidige utviklingen innen området – vil forekomme endringer og justeringer. Tett dialog med Sjøfartsdirektoratet er derfor avgjørende for alle prosjekter gjennom hele utviklingsfasen. Nettopp for å sikre at konseptet tilfredsstiller de lover og regler som til enhver tid er gjeldende. Tett dialog er altså ikke bare en fordel for utvikler, men også svært ønskelig sett fra Sjøfartsdirektoratet sin side mtp. regelverksutvikling.

Nevnte rundskriv (Sjøfartsdirektoratet, 2018), baserer seg på en rekke lover og regler, hvorpå noen av de mest sentrale nevnes:

- Lov 16. februar 2007 nr. 9 om skipssikkerhet (Skipssikkerhetsloven)¹⁵,
- Forskrift 1. juli 2014 nr. 1072 om bygging av skip¹⁶,
- Forskrift 19. desember 2014 nr. 1853 om bygging og tilsyn av mindre lasteskip¹⁷,
- Forskrift 27. april 1999 nr. 537 om vakthold på passasjer- og lasteskip¹⁸,
- Forskrift 18. juni 2009 nr. 666 om bemanning av norske skip, mfl.¹⁹.
- Forskrift 1. juni 2004 nr. 931 om begrensnings av forurensning (forurensningsforskriften)²⁰.
- Forskrift 1. juli 2014 nr. 1019 om redningsredskaper på skip²¹.

Av internasjonal lover og forskrifter gjelder særlig:

- MSC.1 Circ. 1455, 24. June 2013, Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments²².
- COLREG - Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972²³.
- SOLAS - International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974²⁴.

MSC.1 Circ. 1455 er et sirkulær utarbeidet at IMO som gir føringer for godkjenning av alternative og likeverdige teknologier og løsninger, og som Sjøfartsdirektoratets eget Rundskriv både bygger på og viser til. IMO sirkulæret består hovedsakelig av følgende (Sjøfartsdirektoratet, 2017):

- Detaljert beskrivelse av rollene til involverte.
- Beskrivelse av prosjektfasene og aktørenes ansvar i de ulike fasene for godkjenning av alternative og liveverdige løsninger.
- Guide for etablering av evaluering- og aksept kriterier.
- Foreslåtte dokumentasjonskrav.
- Operasjonskrav.

¹⁵ Skipssikkerhetsloven: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2007-02-16-9>

¹⁶ Forskrift om bygging av skip: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1072>

¹⁷ Forskrift om bygging og tilsyn av mindre lasteskip: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-19-1853>

¹⁸ Forskrift om vakthold: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-04-27-537>

¹⁹ Forskrift om bemanning: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-06-18-666>

²⁰ Forurensningsforskriften: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

²¹ Forskrift om redningsredskaper: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1019>

²² MSC.1. Circ. 1455: <https://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin1339anx1.pdf>

²³ COLREG: <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/COLREG.aspx>

²⁴ SOLAS: [http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas),-1974.aspx)

Når det gjelder COLREG så er det et sett med regler som skal forhindre kollisjoner mellom skip. I forhold til autonom navigering representerer dette en utfordring da COLREG per i dag langt på vei er et dokument som legger opp til kvalitative vurderinger, som f.eks. at beslutning og aksjon ved ulike hendelser skal baseres på navigatørens beste (subjektive) vurdering. I det maritime domenet har datamaskiner per i dag ikke mulighet til å basere en beslutning på "beste vurdering", da den må ha kvantifiserbare krav å forholde seg til. Derfor, så lenge COLREG i stor grad er preget av at det skal gjøres kvalitative beslutninger, vil en algoritme "alltid" ha problemer med å forholde seg til COLREG.

Hva gjelder Skipssikkerhetsloven er den et særlig sentralt dokument, hvorpå noen paragrafer og kapitler er spesielt viktige:

- § 9 viser til at et fartøy skal være prosjektert, bygget og utrustet på en slik måte at det gir betryggende sikkerhet for liv og helse, miljø og materielle verdier. Dette ut ifra skipets formål og fartsområde.
- Kapittel 3 omhandler teknisk og operativ sikkerhet, hvorpå § 11 Drift og vedlikehold er særlig sentral.
- § 14 omhandler navigasjon og setter krav til at et fartøy skal kunne navigeres slik at det ikke utgjør noen fare for liv og helse, miljø eller materielle verdier.
- § 15 stiller krav til bemanning og at denne må være tilfredsstilt på en sikkerhetsmessig forsvarlig måte, herunder også vakthold, for å opprettholde sikker navigering, operasjon og drift.

I tillegg til nevnte må en påberegne at flere forskrifter vil gjøre seg gjeldende, men dette avhenger i stor grad av den operasjonelle løsningen som utvikles for de to ulike brukercasene. Med det sagt er det 2 overordnede føringer som Sjøfratsdirektoratet p.t. legger til grunn ved vurdering og godkjenning av fjernstyrte, delvis fjernstyrte eller autonome fartøyer:

- Sikkerhetsnivå skal likebehandles og opprettholdes på samme nivå – eller høyere – sammenlignet med konvensjonelle fartøyer.
- Et fartøy bygget med en grad av autonomi og/eller fjernstyring må vurderes etter gjeldende regelverk for fartøystypen, samt at grad av autonomi og/eller fjernstyring for operasjon også må vurderes.

En nærmere beskrivelse av gjeldende krav og føringer for utvikling av en autonom sjøverts transportløsning finnes i nevnte rundskriv (Sjøfartsdirektoratet, 2018), hvorpå utvalgte hovedpunkter i prosessen er gjengitt nedenfor:

- CONOPS (Concept of Operations): Skal være en god beskrivelse av "sluttproduktet", og gi en detaljert beskrivelse av skipets operasjon. Således må følgende punkter være dekket: grad av autonomi, mannskap, seilingsmiljø, sikkerhetsfunksjoner, daglig operasjon, m.m. En slik beskrivelse vil ikke stå fast, men være et levende dokument gjennom prosjektet frem til godkjent byggemelding foreligger. Dokumentet utgjør altså et viktig grunnlag for selve godkjenningen fra Sjøfartsdirektoratets side.
- Pre-HAZID (Hazard identification): Basert på CONOPS gjennomføres en bredere analyse med fokus på hazid, med hovedmål om å identifisere og vurdere risikofaktorer ved løsningen og systemet.
- Med utgangspunkt i CONOPS og Pre-HAZID begynner arbeidet med å utarbeide:
 - o Sikkerhetsfilosofi, hvor det bl.a. vil være naturlig å besvare hvilke sikkerhetstiltak som skal gjelde, for hvilke tilstander ulike tiltak skal tre i kraft (særlig hva man gjør i

"avvikstilstander"), og hvordan fartøyet skal håndtere ulike tilstander. Her kan det være en fordel å utvikle noen scenarioer og konkretisere.

- o Design-filosofi, er primært en beskrivelse av hvordan fartøyet skal se ut, samt hvordan de tekniske løsninger skal ivareta tenkte autonome funksjoner, herunder minste risiko tilstand (MRT)
- o Drifts- og vedlikeholdsfilosofi skal dekke hvordan man drifter, rollen til kontrollsenter land (f.eks. hvordan rolle og funksjon kan kompensere for redusert bemanning/ubemannet drift, samt at tilstrekkelig responsevne også må dokumenteres. Sistnevnte er svært viktig), gjennomføring av vedlikehold, etc.
- Minste risiko tilstand (MRT) skal også beskrives, og således forklare hvordan skipet kan oppholde seg uten å være i fare for andre skip, personer eller miljø. Beskrivelsen skal inneholde både dynamisk (dvs. at fartøy er i bevegelse) og statisk tilstand (dvs. fartøy f.eks. er ankret opp).
- GAP analyse: Her må prosjektert løsning holdes opp mot eksisterende regelverk, hvor hovedmålet er å avdekke mulige gap hvor alternative løsninger må settes inn, samt på hvilke områder det må søkes avvik.
- En beskrivelse av hvordan fartøyet skal overholde krav og føringer som ligger i COLREG må også foreligge. Det vil si hvordan skipet skal forholde seg til øvrig skipstrafikk.
- En mer detaljert HAZID skal også utarbeides, hvor bl.a. dokumentering av evakuering er helt essensielt. Dette i tillegg til en mer detaljert risikoanalyse og reduserende tiltak. Autonome og automatiserte løsninger må være likeverdig sammenlignet med konvensjonelle, hvorpå behov for verifisering må vurderes.
- Dernest følger utarbeidelse av detaljert design, periode med bygging, samt testperiode som er nødvendig for verifisering av totalløsningen, samt selve skipet. Dvs. skip alene og skip med kontrollsenter.

I tillegg pekes det også til følgende generelle kommentarer:

- Som et gjennomgående punkt er det viktig å beskrive ulike scenarioer som viser hvordan fartøyet vil håndtere ulike risikoer, herunder ulike nivå av "safe-state", også ulike barrierer.
- Ved realisering av prosjektets to caser er det viktig å ha god innsikt i sirkulæret MSC.1 Circ. 1455. Et sentralt punkt er at bevisbyrden for at et autonomt fartøy/system fungerer etter intensjonen, samt at det til enhver tid overholder gjeldende lover og forskrifter, ligger hos utvikler.
- Sjøfartsdirektoratet ønsker å være med som samtalepartner i forbindelse med utarbeidelse av byggemelding. Den trenger ikke være veldig detaljert i første runde, hvorpå en dialog for videre spesifisering og utvikling følger.
- Et viktig poeng er 3.parts verifisering av løsningen, noe som skal være på plass. Det er helt klart en fordel å bringe inn en slik 3.part tidlig i prosjektet, slik at unødige feil og mangler ved løsningen lukes ut på et så tidlig tidspunkt som mulig. Denne aktøren må være godkjent av Sjøfartsdirektoratet, og således kunne dokumentere sin kompetanse. Denne tredjeparten trenger ikke nødvendigvis være et klasseselskap.
- Når det gjelder godkjenning av byggemelding – og dermed godkjenning av komplett design – er det ingen krav til at denne skal foreligge før bygging starter. Samtidig anses det som svært risikofylt, sett fra et myndighetsperspektiv, og starte bygging før en godkjennelse foreligger. Uten en slik godkjennelse vil ikke fartøyet kunne settes i drift.

9.3 Klassegodkjenning av autonome fartøy

Ulike classeselskap har også utviklet egne retningslinjer for klassing av autonome fartøy:

- DNV-GL Class Guideline for autonomous and remotely operated ships (DNVGL-CG-0264).
- Bureau Veritas Guidelines for autonomous shipping (Guidance note NI 641 DT R000 E).

Helt overordnet er dette dokumenter hvor begge inneholder retningslinjer for utvikling og realisering av autonome skip. De inneholder forslag til hovedprinsipp, tekniske krav, ulike prinsipper og relevante akseptkriterier vedrørende klassing og typegodkjenning av fartøy og objekt som spesifisert i ulike lover og regler. De omhandler også føringer og krav knyttet til ulike system og delsystem som er relevant for utvikling og godkjenning av en sjøverts autonom transportløsning. Således er de foreløpig ment å fungere som rammeverk for å sikre at autonome skip oppnår et sikkerhetsnivå som er tilsvarende – eller høyere – sammenlignet med konvensjonelle løsninger.

Hovedpunkter i disse retningslinjene er:

- Hovedprinsipper knyttet til utvikling av autonome og fjernopererte fartøy.
- Prosess for kvalifisering og godkjenning av valgte løsninger.
- Navigasjonsfunksjoner (planlegging av rute, objekteteksjon, manøvrering, dokking, etc.).
- Fartøysdesign (beredskap, fremdriftssystem, sikkerhetssystem, etc.).
- Kontrollsenter (oppbygging, organisering, prosedyrer for overvåking, håndtering av nødsituasjoner, etc.).
- Kommunikasjonssystemer og -funksjoner (formål, faremomenter, etc.).

Se referanseliste for direkte tilgang til Guidelines utarbeidet av DNV-GL og Bureau Veritas.

Gjennom intervju ble det gjort helt klart at klasse må utgjøre et viktig grunnlag for realisering av autonome fartøy, men at det p.t. er en del uklarheter og utfordringer knyttet til dette. En av de tingene som ble løftet frem som utfordrende er oppgangen mellom hvem som skal stille krav, hvordan de skal forvaltes, og hvem som skal verifisere og godkjenne. Per i dag er ikke denne rollefordelingen helt klar, men det ble bemerkt at alle parter befinner seg i startfasen (industri, klasse, myndigheter), og at det samarbeides godt for å finne gode løsninger for dette. Derfor har heller ikke classeselskaper inntatt noen formell rolle som 3.parts verifikator. Som tidligere nevnt har dette sammenheng med manglende testregime og kravspesifikasjon for ulike system og delsystem, men også avansert jus er en sentral faktor. Særlig dette med ansvarsforhold og fordeling av ansvar i tilfelle ulykker og uforutsette hendelser med potensiell fare, da det raskt kan oppstå uklarheter mtp. hvem som sitter med ansvar og delansvar. Et tenkt eksempel er dersom klasse former kravene for verifisering, så påvirker de også til en viss grad teknologiutviklingen. Dette kan potensielt skape uklarheter og utfordringer med tanke på ansvarsforholdet dersom en ulykke inntreffer. Sett fra en annen innfallsvinkel, dersom et system eller delsystem ivaretar sikkerhet, og classeselskap verifiserer denne, så tar selskapet indirekte potensielt på seg (del-)ansvar dersom en ulykke skulle inntreffe.

Kompleksiteten innenfor dette området er derfor betydelig, og per i dag er det få opplagte svar. Derfor blir også Yara Birkeland prosjektet svært viktig, ettersom det foregår nybrottsarbeid på mange områder. Være seg teknologi, regelverk og sikkerhet.

9.4 Forsikring

I utgangspunktet er forsikringsselskaper positivt innstilt til økende grad av automatisering, da det er klare forventninger om at teknologien på lengre sikt vil bidra til å gjøre sjøverts transport sikrere. Dette med bakgrunn i at de fleste ulykker til havs skyldes menneskelige feil. På kort sikt ser forsikring derimot helt klart utfordringer knyttet til vurdering av risiko, og da særlig hvordan en skal få gjort gode vurderinger omkring hvilke løsninger som er trygge – og mindre trygge. Dette fordi vurdering av risiko utgjør en svært viktig del av beslutningsgrunnlaget for forsikringsbransjen, og hvor de tradisjonelt har støttet seg på historiske data. Sistnevnte blir dermed et problem inn mot autonome løsninger ettersom gode erfaringsdata ikke finnes. Samtidig vil det kreves høy kompetanse for å vurdere godheten i de ulike systemene, ettersom det da er nødvendig å gjøre vurderinger helt ned på algoritmenivå. Uansett vil forsikring stille krav til verifisering, og de står da overfor to valg: (1) Stole på den verifiseringen som utføres av Sjøfartsdirektoratet eller 3.part (f.eks. classeselskap), eller (2) utvikle tilstrekkelig og nødvendig kompetanse internt i selskapet. Hvilken retning som velges er foreløpig usikkert, men det som er sikkert er at det vil være krevende å utvikle tilstrekkelig kompetanse internt for de ulike selskapene. Dette fordi verifiseringen må helt ned på algoritmenivå.

9.5 Forholdet mellom Klasseselskap og Flaggstat

I tillegg til at Sjøfartsdirektoratet selv utfører inspeksjoner og godkjenner fartøy, har de også støtte fra flere godkjente klasseselskap og organisasjoner for å avlaste arbeidsmengden. Disse omtales som Anerkjente Klasseselskap (RO – Recognized Organisations), og utfører tilsyn og godkjenning av fartøy på vegne av flaggstaten:

- American Bureau of Shipping- ABS *
- Bureau Veritas- BV
- DNV GL AS *
- Lloyds Register of Shipping- LR *
- RINA S.p.A- RINA
- Nippon Kaiji Kyokai- ClassNK

Nevnte selskap med *-notasjon er i tillegg godkjent for å føre tilsyn med flyttbare innretninger, nærmere beskrevet i Klasseavtalen – vedlegg VI (Sjøfartsdirektoratet, 2012).

Så er det også slik at Anerkjente Klasseselskap ikke kan være en verifiserende 3. part i for ett og samme prosjekt. Dvs. at dersom DNV-GL blir engasjert som 3. part for å verifisere transportløsningen, inkl. underliggende teknologier og teknologiske løsninger, må et annet Anerkjent Klasseselskap foreta selve godkjenningen. Dette i tilfeller hvor Sjøfartsdirektoratet selv ikke utfører selve godkjenningen.

Dette er et viktig punkt som prosjektet må ha et strategisk og aktivt forhold til, og som må avklares på et så tidlig tidspunkt som mulig. Gjerne i dialog med Sjøfartsdirektoratet.

Et annen interessant tema her er hvordan kravene til henholdsvis klasseselskap og flaggstat vil følge hverandre, da det for konvensjonell skipsfart i stor grad stilles høyere krav fra klasse enn fra flaggstat. Dette fordi et klasseselskaps 's ulike krav til klassing av fartøy ofte er tett knyttet til forsikring, og hvor sistnevnte ofte setter høyere krav til et fartøys tekniske tilstand sammenlignet med mange flaggstater. Avstanden mellom klasseselskap og flaggstat her i Norge er derimot mindre enn for flere andre nasjoner.

10 Potensial for overføring fra øvrige prosjekt

Dette kapittelet setter fokus på hva av konsept, løsninger og systemer som kan løftes over i prosjektet Smartere Transport i Møre og Romsdal. Dette med utgangspunkt i øvrige premierte prosjekt fra Samferdselsdepartementets konkurranse, men også andre prosjekt av relevans. Majoriteten av prosjektene befinner seg i oppstartsfasen og legger således en naturlig begrensning med tanke på detaljeringsgrad. Følgende prosjekt fokuserer på problemstillinger av relevans:

- Smartere Transport: Nordland og STOR prosjektet (Oslo-Akershus).
- Sundbåten Pilot-T.
- Grønt kystfartsprogram Pilot – Batterielektrisk hurtigbåt: Langevåg – Ålesund.
- Grønt kystfartsprogram Pilot – Hydrogenbasert hurtigbåt: Florø – Måløy.
- TrAM prosjektet – Batterielektrisk passasjerbåt: Stavanger – Byøyene - Hommersåk (ruten)
- MilliAmpere, ASKO og Yara Birkeland.
- Vannbuss i Stavanger
- SmartFeeder.

I prosjektet **Smartere transport Nordland** er utvikling av nye betalingsløsninger og former for billettering av særlig relevans. Den overordnede tanken er at betaling i større grad kan benyttes som datakilde for analyse. Dette for bl.a. kartlegge reisemønster og bruk av transportmiddel. Prosjektet skal også se på mulighetene for en betalingsløsning som fungerer på tvers av mobilitetsløsninger og leverandører av tjenester. Dette vil henge tett sammen med konseptet «pay-as-you-go», samt inn- og ut-registrering for reise. I tillegg vil det gjøres vurderinger omkring mulig arkitektur for å utnytte data fra en slik løsning. Med tanke på billettering er intensjonen å løsrive billett fra billetteringsmedium. En ide som skal utredes er å knytte billettering opp til en ID, og som dermed vil gi kunden valgfrihet i forhold til hvilket medium som benyttes i betalingssammenheng. Prosjektet har identifisert flere aktuelle teknologier for å oppnå nevnte, men det er foreløpig ikke tatt noen beslutning med tanke på valg.

Prosjektet **Smartere transport i Oslo-området (STOR)** har identifisert flere piloter som skal gjennomføres, og hvor noen utvalgte er av relevans. Her er særlig piloten "Kombinert mobilitet - hvordan forenkle hverdagslogistikken, og redusere behov for egen bil?" aktuell, da piloten vil utforske løsninger som kan redusere bruken av personbiler. Piloten "Innfartsparkering - hvordan øke bruken ved hjelp av samvirkende ITS?" er også av relevans. Her skal innfartsparkeringen til Tusenfryd fungere som et utgangspunkt for å utvikle løsninger som bidrar til at flere benytter tilsvarende tjeneste andre steder i Osloområdet. Overordnet sett har prosjektet overføringsverdi gjennom deres planlagte arbeid knyttet opp mot samvirkende intelligente transport systemer (C-ITS), Mobilitet som en tjeneste (MaaS) og selvkjørende kjøretøy.

Når det gjelder **Sundbåten** med finansiell støtte fra Pilot-T, skal prosjektet i løpet av sommeren ferdigstille en av båtene med en komplett sensorpakke levert av Maritime Robotics. Dette vil danne grunnlaget for innsamling av data som skal benyttes senere i prosjektet. I tillegg til utvikling av autonom løsning vil prosjektet også vurdere alternative nye ruter, samt analysere reisemønster og brukerpreferanser.

Grønt kystfartsprogram har også flere piloter som har et potensial for overføring (Grønt Kystfartsprogram, 2019):

- Piloten "Batterielektrisk hurtigbåt: Langevåg – Ålesund" startet opp nylig, og tilgjengelig informasjon er derfor noe begrenset. Likefullt er det klart at de løsninger som løftes frem også vil ha relevans for dette prosjektet og aktuelle løsninger for Langevågsbåten.

- Basert på et hydrogenbasert fremdriftssystem har programmet en pågående pilot for å realisere en hurtigbåt mellom Florø og Måløy. Her har Flora kommune sammen med lokalt næringsliv etablert et prosjekt for å realisere en hurtigbåt-pilot med kapasitet til å frakte 100 passasjerer. Prosjektet har som mål og ha piloten i drift innen 2021, og inneholder aktiviteter knyttet til skipsdesign, analyse av gjennomførbarhet, investerings- og driftskostnader, tilbakebetalingstid og miljøgevinst. Av partnere involvert i tillegg til prosjekteier Flora kommune finner vi Maritim Forening Sogn og Fjordane, Kongsberg, ABB, Corvus, Echandia, KS Bedrift, Equinor, Sjøfartsdirektoratet, DNV GL. Nærmere kontakt med prosjektet for utveksling av relevant erfaring og kompetanse bør vurderes i den videre gjennomføringen av Smartere Transport prosjektet.
- Innenfor programmet er det også etablert en pilot som skal se nærmere på hvordan hydrogen kan benyttes for å redusere utslipp fra skipsfart generelt. Hovedfokus for arbeidet vil være å se på krav til hvordan infrastrukturen bør utvikles, samt mulig lokalisering basert på faktiske behov innen maritim virksomhet. Status så langt er at det er igangsatt piloter for å avdekke muligheter for hvordan tilbud kan møte etterspørsel. Piloteier er Equinor med partnere som Gasnor, Stavangerregionen Havn IKS, Østensjø Rederi, Hyon, Flora kommune, Norges Rederiforbund, Seatrans, Sjøfartsdirektoratet, DNV GL.

Med støtte fra Horizon 2020 har prosjektet **TrAM** tatt mål av seg om å realisere en nullutslipps hurtigbåt. Prosjektet startet i september 2018 og vil gå over 4 år, og en helt sentral milepæl er realiseringen av en pilot i 2022. På en rute med 13 stopp skal fartøyet som utvikles i prosjektet ha en minimumshastighet på 23 knop og kapasitet til å frakte 147 passasjerer og 20 sykler. En annen viktig aktivitet i prosjektet er utviklingen av både metodikk og program som industrien kan benytte for design og produksjon av nullutslipps fartøy for innaskjærs trafikk. Være seg ferger, hurtigbåter, passasjerbåter, gods fartøy, og arbeidsfartøy. Prosjektet ledes av Kolumbus, og andre norske partnere er NCE Maritime Cleantech, Leirvik AS, Wärtsilä, Fjellstrand, Servogear, Hydro Extrusion Norway (Stensvold, 2018c).

I tillegg til **MilliAmpere** og **ASKO** bør også **Yara Birkeland** følges opp, hvor særlig relevans er knyttet til landbasert kontrollsentral, lading, organisering av responsfunksjon ved kritiske hendelser, sikkerhet – for data, person, utstyr, infrastruktur, og øvrig maritim virksomhet. I tillegg kommer viktige dimensjoner som regelverk, forsikring og klasse.

Vannbussprosjektet har sitt utspring fra Stavanger og to seminarer er så langt gjennomført. Det tema av størst relevans for overføring er knyttet opp mot regelverk og dette med godkjenning av løsninger for by-nær sjøveis (del-)autonom transport av passasjerer.

Smartfeeder er et prosjekt som samler erfaringer fra flere pågående autonome piloter, hvor det gjøres forsøk med små selvkjørende busser (f.eks. Shuttlebuss på Kongsberg, Gjøvik, Fornebu og Forus). Med utgangspunkt i det erfaringsgrunnlaget som etableres skal prosjektet bidra til økt kunnskap omkring hvordan slike løsninger effektivt kan integreres i et større transportsystem. Herunder også som et bidrag til å realisere dør-til-dør transport.

11 Potensial for teknologioverføring fra andre industrier

Kapittelet gir en kortfattet oversikt over hvilke teknologier som har potensial for overføring fra øvrige industrier, hovedsakelig fra bil- og flyindustri.

11.1 Bilindustri

Innenfor tema autonomi har bilindustrien kommet relativt langt i forhold til skipsfart, og mye av den teknologien som er knyttet til anti-kollisjon og etablering av situasjonsforståelse er overførbar til maritim næring. Samtidig er det viktig å presisere at de løsninger som finnes innen bilindustrien må tilpasses det maritime domenet for å sikre riktig applikasjon, noe som gjelder både sensorer og selve algoritmene. Herunder ligger også løsninger knyttet til objektdeteksjon og teknologi for maskinlæring. Sistnevnte er særlig viktig med tanke på å sikre erfaringsoverføring fra mennesker til maskin. Dette for å sikre et system som raskt kan lære seg mer intelligent oppførsel i møte med andre fartøy og ulike situasjoner, og som i tillegg kan kreve raske avgjørelser.

11.2 Flyindustri

Når det gjelder flyindustrien fremheves særlig dette med systemer for anti-kollisjon. Her har industrien en etablert anti-kollisjonsalgoritme – Traffic Collision Avoidance System (TCAS) – hvor hovedformålet er å forhindre kollisjon mellom flyvende objekter. Systemet styrer hvordan fly skal oppføre seg ved fare for kollisjon, og er basert på internasjonale konvensjoner om hvordan fly skal bevege seg i forhold til hverandre i luften. Mange av disse algoritmene kan helt klart overføres, men også her må en gjøre tilpasninger før de kan anvendes i det maritime domenet. I forhold til tilpasninger gjelder særlig dette med objektdeteksjon og -identifisering, da det maritime domenet naturlig nok har en mye større variasjon i antall objekter – og ikke minst ulike (og til dels uforutsigbare) bevegelsesmønstre. Resultatet er et operasjonsbilde som inneholder betydelig grad av kompleksitet, og som dermed stiller store krav til algoritmene som ligger i bunn for de ulike systemene og teknologiske løsningene.

12 Konklusjon

Rapporten viser at det er høy aktivitet innen maritim bransje mot etablering av (del-)autonome og fjernstyrte operasjoner, både nasjonalt og internasjonalt, og hvor mye av det teknologiske tyngdepunktet innen utvikling og testfasiliteter ligger i Europa og Norden spesielt. Her er norske aktører sterkt representert langs hele verdikjeden, inkludert myndigheter med Sjøfartsdirektoratet, klasseselskaper og forsikring, og ligger på mange områder langt framme utviklingsmessig.

Sammenlignet med oversjøisk og internasjonal transport er det også en erkjennelse at realiseringen av nasjonale og kystnære autonome løsninger ligger nærmest i tid. Både i forhold til teknologisk utvikling, men også mtp. utviklingen innen regelverk. Mye grunnet den iboende kompleksiteten med tanke på hvordan autonome og fjernstyrte operasjoner skal fungere innen – og tilpasses – eksisterende internasjonale lover og regelverk.

Teknologisk sett er mange av løsningene på plass for å realisere delvis autonome eller fjernstyrte operasjoner i kystnære farvann, hvor enkelte systemer og delsystemer allerede er på vei ut i markedet (f.eks. auto-docking og auto-crossing). Da på et nivå som fortsatt krever kontinuerlig brobemanning, nettopp for å sikre muligheten til menneskelig intervensjon ved behov. Når det gjelder kontrollsenter land tilbyr flere industriaktører komplette løsninger, og de første sentrene er i etableringsfasen ved bl.a. Gløshaugen i Trondheim for MilliAmpere, samt ved Lysaker for Yara Birkeland. Disse sentrene og ikke minst prosjektene de er koblet mot, blir svært viktige for den videre utviklingen og realiseringen av autonom sjøverts transport. Både med tanke på testing og videreutvikling av teknologi og teknologiske løsninger, men også for samling av data og bygging av verdifull erfaringsbasert kompetanse. Teknologi, data og erfaringsbasert kompetanse danner i sin tur et viktig grunnlag for hvilke krav som skal settes for verifisering av løsninger og systemer.

Samtidig eksisterer det også utfordringer, både de av teknologisk art, men også de som er knyttet til regelverk og derigjennom verifisering. I forhold til teknologi fremheves dette med objekt-deteksjon og etablering av situasjonsforståelse som særlig krevende av industrien. Dette er en svært viktig funksjon for å ivareta sikker navigasjon, både for å sikre at ombordsystemer kan oppfatte situasjoner riktig – og agere med bakgrunn i det (f.eks. systemer for anti-kollisjon) – men også for at kontrollsenter land skal få et riktig bilde av situasjonen som et autonomt fartøy til enhver tid befinner seg i. De nødvendige radarer og sensorpakker som muliggjør dette eksisterer i stor grad, men algoritmene som disse bygger på ansees ennå ikke å være robuste nok. En viktig grunn til dette er manglende datagrunnlag for å teste algoritmene, og så lenge dette grunnlaget ikke eksisterer, får man heller ikke verifisert systemene. Dette innebærer bl.a. at mange løsninger fortsatt befinner seg på et modenhetsnivå mellom lab- og felttest.

Verifisering er altså et tema i seg selv, og som er avgjørende for å realisere løsninger som ivaretar sikkerheten for personer og omkringliggende miljø, og derigjennom – regulatorisk sett – kan godkjennes som likeverdig eller bedre enn konvensjonelle løsninger. Tett dialog med Sjøfartsdirektoratet er derfor viktig i denne sammenheng. Per i dag er det store utfordringer innenfor dette området, og en vedheftet kompleksitet som foreløpig har få opplagte svar. Dette fordi det per i dag er betydelig usikkerhet knyttet til hvilke krav som skal stilles, men også delvis hvem som skal utforme, forvalte og stille kravene. Derfor har man heller ikke noen klar formening om hvordan et verifiseringsregime for autonome løsninger skal utformes. Det som er sikkert er at de som ender opp med å stille krav må være i besittelse av høy teknologisk kompetanse, helt ned på algoritmenivå. Samtidig skal det nevnes at dette er et område som har høy prioritet hos Sjøfartsdirektoratet, klasseselskaper og industri, og hvor det er etablert et godt fora for samarbeid. I denne

sammenheng spiller prosjektet Yara Birkeland en meget sentral rolle, både teknologisk og i forhold til regelverk.

Tett knyttet til nevnte er ivaretagelse av sikkerheten til passasjerene og omkringliggende miljø, noe som løftes frem som en særlig viktig utfordring. Spesielt ved helautonome løsninger, og her vil bl.a. kontrollesenter land spille en viktig rolle. Både med tanke på overvåking av operasjon, reisende og omkringliggende miljø, men også for å ha en koordinerende rolle mot nødetater ved behov for evakuering og nødrespons.

Når det gjelder løsninger for fremdrifts- og energisystem tilbyr markedet komplette løsninger innen rene batterisystemer, samt hybridløsninger som kombinerer hydrogen og batteri. I tillegg finnes det del- og helautomatiserte løsninger for lading. For identifisering av den mest optimale totalløsningen blir det derfor viktig å hensynta det helhetlige operasjonelle bildet, hvor viktige parametere er; (1) rutetabell – og dermed tid mellom ladinger og hvor lang tid fartøyet kan lade ved hver kai, (2) driftsprofil – faktisk effektbehov og seilingshastighet), og (3) nett – grad av stabilitet i tilførsel av energi og kapasitet ved eksisterende infrastruktur). Nevnte punkter vil også utgjøre et viktig grunnlag for spesifisering av krav til redundans i fremdriftssystemet.

Overføringspotensialet mellom pågående prosjekter i Norge er også av betydning, ettersom det er flere initiativ spesifikt rettet mot utvikling av nullutslipps hurtigbåt, autonom Sundbåt støtte av Pilot-T, samt smarte løsninger knyttet til billettering og betaling. Sistnevnte som grunnlag for analyse av reisevaner og -mønster. I tillegg er det også potensial for teknologioverføring fra bil og luftfart, da hovedsakelig knyttet til systemer for anti-kollisjon, objektdeteksjon og teknologi for maskinlæring. Her understrekes det at algoritmene må tilpasses maritim anvendelse.

13 Referanser

ABB News Center, (2018), The reality of autonomous shipping: striking the balance between captains and computers, <https://new.abb.com/news/detail/10960/the-reality-of-autonomous-shipping-striking-the-balance-between-captains-and-computers>. Hentet 24.01.2019

AMS Press release, (2016), Press Release Roboat – September the 19th, <http://www.ams-amsterdam.com/wordpress/wp-content/uploads/Press-Release-Roboat-1.pdf>. Hentet 24.01.2019

Bergman, J. (2018), MOL autonomous shipping project targets 2025 for 'practical use' of vessels, https://www.containerst.com/news/view,mol-autonomous-shipping-project-targets-2025-for-practical-use-of-vessels_53795.htm. Hentet 24.01.2019

DNV-GL (2018a), Autonome skip: Hvorfor skal vi fjerne mannskapet?, TU, <https://www.tu.no/storylabs/autonomi/annonse-forsker-pa-fjernstyrte-skip/414265>. Hentet 23.01.2019

DNV-GL (2018b), Remote controlled and autonomous ships, Group Technology and Research, Position paper. <https://www.dnvgl.com/maritime/publications/remote-controlled-autonomous-ships-paper-download.html>. Hentet 08.05.2019.

Ertesvåg, O.R., (2017), Googles selvkjørende biler testkører på offentlige veier, <https://www.nrk.no/urix/googles-forerlose-biler-klare-til-testkjoring-pa-offentlige-veier-1.13769226>. Hentet 24.01.2019

Grønt Kystfartsprogram, (2019), Norge blir verdensledende på miljøvennlig og effektiv skipsfart, <https://www.dnvgl.no/maritime/gront-skipsfartsprogram/pilotprosjekter.html>. Hentet 06.05.2019

Halsos, O.S., (2016), Premissanalyser – tiltaksanalyse for utvikling av ferjemarkedet på lang sikt, Oslo Economics, Rapportnummer 2016-23,

Jones, D. (2018), ABB launches pilot program for autonomous passenger ferry, <https://www.design-engineering.com/autonomous-passenger-ferry-finland-1004032212/>. Hentet 05.02.2019

Kongsberg Maritime, (2019), Autonomi – endrer spillereglene til havs, presentasjon ved Mannhullets skipsfartskonferanse – et grønnere hav, Rune Kr. Stålstrøm.

Kystverket, (2018), Fronter historisk internasjonalt autonomi-arbeid, <https://www.kystverket.no/Nyheter/2018/mai/fronter-historisk-internasjonalt-autonomi-arbeid/>. Hentet 18.03.2019

Lakshmi, S.A., (2018), NYK to Test Autonomous Boxship, <https://www.marinelink.com/news/nyk-test-autonomous-boxship-440476>. Hentet 24.01.2019

Kystverket, (2014), Sjøsikkerhetsanalysen 2014 - Årsaksanalyse av grunnstøtinger og kollisjoner i norske farvann, DNV-GL rapport 2014-1332.

Kystverket (2019), Kystverkets rolle og aktiviteter verd. autonomi og teknologi-utvikling, epost fra Trond Langemyr, 18.10.2019.

Lossius, S.K., & Rødseth, J., (2015), Batteridrevet Sundbåt i Kristiansund – Forprosjekt, Et prosjekt støttet av Enova.

NAF, (2015), Slik fungerer autopiloten på Tesla, <https://www.naf.no/forbrukertester/i-trafikken/test-av-tesla-autopilot/>. Hentet 24.01.2019

Porathe, Thomas. Remote Monitoring and Control of Unmanned Vessels–The MUNIN Shore Control Centre. Proceedings of the 13th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT '14). 2014

Rolls-Royce Marine (2018a), *Press-release: Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry*, <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx>. Hentet 24.01.2019

Rolls-Royce Marine (2018b), *Press-release: Rolls-Royce to supply innovative autocrossing system and propellers to 13 new ferries*, <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/17-04-2018-rr-to-supply-innovative-autocrossing-system-and-propellers-to-13-new-ferries.aspx>. Hentet 25.04.2019.

Rødseth, Ø.J. og Nordahl, H., (2017), *Definitions for Autonomous Merchant Ships*, NFAS – Norwegian Forum for Autonomous Ships

Sjøfartsdirektoratet, (2012), *Anerkjente klasseselskap*, <https://www.sdir.no/sjofart/fartoy/tilsyn/akerkjente-klaseselskap/>. Hentet 18.03.2019.

Sjøfartsdirektoratet, (2017), *"Myndighetene - en viktig lagspiller når ny teknologi skal tas i bruk"*, Jarle Jacobsen, Hurtigbåtkonferansen, 2017.

Sjøfartsdirektoratet, (2018), *Krav til dokumentasjon i forbindelse med bygging av autonome, ubemannede og/eller fjernstyrte fartøyer*, Rundskriv – Serie V, DRAFT NMA

Sjøfartsdirektoratet, (2019), *Fartøyer*, <https://www.sdir.no/sjofart/fartoy/>, Hentet 12.03.2019

Skoglund, U. (2018), *Førerløse ferger kan erstatte gangbruer*, <https://gemini.no/2018/06/forerlose-ferger-kan-erstatte-gangbruer/>. Hentet 25.01.2019

Statens Vegvesen (2018), *Intelligente transportsystemer (ITS) – mer enn selvkjørende biler*, <https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/its>. Hentet 24.01.2019

Stensvold, T., (2018a), *Yara Birkeland skal bygges i Norge*, <https://www.tu.no/artikler/yara-birkeland-skal-bygges-i-norge/442400>, Hentet 24.01.2019

Stensvold, T., (2018b), *Nå kan Folgefonn seile automatisk fra havn til havn og legge til selv*, <https://www.tu.no/artikler/na-kan-folgefonn-seile-automatisk-fra-havn-til-havn-og-legge-til-selv/452355>. Hentet 09.02.2018

Stensvold, T., (2018c), *EU sponser utvikling av norsk el-hurtigbåt med 110 millioner*, <https://www.tu.no/artikler/eu-sponser-utvikling-av-norsk-el-hurtigbat-med-110-millioner/427277>. Hentet 08.05.2019

Stensvold, T., (2019), *Asko får Enova-støtte til å utvikle autonome transportferger*, https://www.tu.no/artikler/asko-far-enova-stotte-til-a-utvikle-autonome-transportferger/460645?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2019-03-19. Hentet 19.03.2019

Wingrove, M. (2018), *Svitzer set to continue remote control tug trials into 2019*, <https://www.tugtechnologyandbusiness.com/news/view,svitzer-set-to-continue-remote-control-tug-trials-into-2019-51574.htm>. Hentet 24.01.2019

Wärtsilä, (2017), *"Press release, Wärtsilä successfully tests remote control ship operating capability"* <https://www.wartsila.com/media/news/01-09-2017-wartsila-successfully-tests-remote-control-ship-operating-capability>. Hentet 08.05.2019