

Rapport

Smartere transport Møre & Romsdal – L2.4/L3.2 – Sikker dokking, ombordstigning, evakuering og krav til landside.

Forfatter(e)

Armin Pobitzer, SINTEF Ålesund

Severin Sadjina, Erlend Grytli Tveten, SINTEF Ålesund, Even Ambros Holte

Even Ambros Holte, SINTEF Ocean



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Smartere transport Møre & Romsdal – L2.4/L3.2 – Sikker dokking, ombordstigning, evakuering og krav til landside.

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2022 A-056	302004527-10/13	2.0	2022-10-17

EMNEORD:Auto-dokking, auto-
mooring, energitilgang,
dokking og
ombordstigning.**FORFATTER(E)**Armin Pobitzer, SINTEF Ålesund
Severin Sadjina, Erlend Grytli Tveten, SINTEF Ålesund
Even Ambros Holte, SINTEF Ocean**OPPDRAGSGIVER(E)**

Møre og Romsdal fylkeskommune

OPPDRAGSGIVERS REF.

Marte Berild Hjelle

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

40 + vedlegg

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-7174-440-3

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport i Møre og Romsdal. Hovedmålet har vært å utrede og vurdere ulike konseptuelle løsningsforslag for ivaretagelse av effektiv, pålitelig og sikker dokking og ombordstigning. Løsningene kan møte ulike krav til transportvolum og kapasiteter, og derigjennom være overførbare til andre geografiske områder. I tillegg er det gjort vurderinger for ivaretagelse av passasjersikkerhet og evakuering, samt aktuelle krav til landside, inkludert tilførsel av energi. Dette med utgangspunkt i prosjektets to brukercaser – Pendelferge i Kristiansund og den hurtiggående Langevågsbåten i Ålesund.


Rapporten diskuterer teknologifronten slik vi kjenner den per i dag, inkludert generelle betraktninger og identifiserte utviklingsbehov. Avslutningsvis presenteres konkrete konseptuelle løsningsforslag for hvert av brukercasene, med utgangspunkt i planlagte driftsmønstre, teknologisk kompleksitet, brukervennlighet og sikkerhet. Tidligere arbeid som dokumentert i rapportene L2.1 - Fartøyskonsept for autonom passasjertransport, L2.2 – Valg av autonomitetsgrad for fartøykonsept, L2.3 - Framdrifts- og energisystem for autonome passasjerskip, danner et viktig grunnlag for arbeidet.

**UTARBEIDET AV**


Armin Pobitzer

**KONTROLLERT AV**

Odd Erik Mørkridd


Odd Erik Mørkridd (Oct 19, 2022 17:55 GMT+2)**GODKJENT AV**

Lars Magne Nonås


Lars Magne Nonås (Oct 19, 2022 23:12 GMT+2)

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2022-08-31	Utkast sendt til prosjekteier for gjennomlesning og kommentarer.

2.0	2022-10-17	Endelig versjon oversendt prosjekteier.
-----	------------	---

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Innledning og prosjektbakgrunn	6
2.1	Rapportens omfang og avgrensninger	6
2.2	Brukercaser	7
3	Metode	9
4	Dagens teknologifront og videre utviklingsbehov	10
4.1	Sikker dokking og ombordstigning.....	10
4.2	Passasjersikkerhet.....	15
4.3	Sikker og pålitelig energitilførsel.....	19
5	Konseptuelle løsningsforslag for brukercaser	26
5.1	Langevågsbåten - Ålesund	27
5.2	Pendelferge – Kristiansund	32
6	Konklusjon	38
7	Referanser	39

Tabell 1: Forkortelser og faguttrykk

DP	Dynamic positioning	RF	Radio frequency
GNSS	Global navigation satellite system	VAC / VDC	Veksel-/likestrømspanning
kVA / MVA	Tilsynelatende effekt, inkluderer aktiv (kW / MW) + reaktive effekter	VHF	Radio for kommunikasjon
LIDAR	Light detection and ranging	MOB	Mann-over-bord

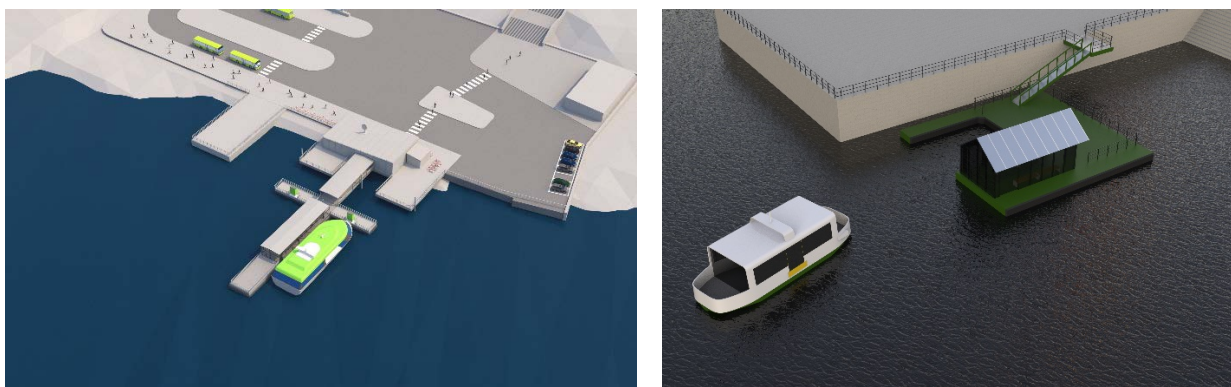
1 Sammendrag

Denne rapporten er del av en mulighetsstudie for autonom sjøverts passasjertransport i bynære områder, utført for prosjektet «Smartere Transport i Møre og Romsdal», og beskriver tilgjengelig teknologi og utviklingsgap for dokking og ombordstigning, passasjersikkerhet og evakuering, samt energitilførsel fra landsida. Basert på samtaler med relevante industriaktører, offentlige institusjoner og brann- og redningstjenester belyses det løsninger som er kommersielt tilgjengelige i dag, og områder hvor videre utvikling er nødvendig. I tillegg presenteres konseptuelle løsningsforslag for begge brukercaser i prosjektet: hurtiggående Langevågsbåten i Ålesund og en saktegående pendelferge i Kristiansund.

Felles for **begge brukercasene**, og autonome løsninger generelt, er at de må være robuste med færrest mulige feilkilder, slik at transportsystemet kan levere en tjeneste i samsvar med oppdragsgivers og kunders forventninger. Det anbefales derfor oversiktlige dekkarrangement, standardisert utforming av kaianlegg eller bruk av lukkede design, samt sluseløsninger og inngjerdede gangveier for å unngå at personer faller i sjøen. Det finnes i dag systemer for automatisk navigering inntil kai (auto-dokking), evakueringsutstyr som kan utløses ved å trykke på en knapp, samt manuelle og automatiske ladeløsninger for ulike effektbehov. Det finnes imidlertid ingen standardiserte løsninger for automatisk fortøyning (auto-mooring) for mindre passasjerskip. Mønstring og evakuering er spesielt utfordrende å automatisere på grunn av menneskelige faktorer og det store mulighetsrommet for ulike kritiske situasjoner som kan oppstå. Slike ukjente sikkerhetsfaktorer representerer en betydelig barriere for realisering av autonome løsninger med sikkerhetsbemanning på kun én person. Når det gjelder nullutslippsløsninger for framdrift er passasjertransport i bynære områder vanligvis godt egnet for batteri-elektrisk drift. Laveffekts (standardiserte) ladeløsninger innebærer typisk håndtering av kabler, men flere automatiske alternativer er under utvikling. I tillegg eksisterer det spesialtilpassede løsninger for ferger som trolig kan tilpasses hurtigbåter med større effektbehov. Det er imidlertid store forskjeller på energitilgangen ved ulike havner, så kapasitetsbehov bør avklares med lokalt nettselskap på et tidlig stadium.

For **Langevågsbåten** i Ålesund anbefales det å legge til rette for et kaianlegg i «T»-form som muliggjør valg av anløpsside etter rådende vind- og bølgeførhold. Kai bør også være flytende for best mulig håndtering av tidevannsforskjeller og for å gjøre av- og påstigning enklere, også med tanke på universell utforming. Det er stor variasjon i anløp og kaiinfrastruktur for hurtigbåter, noe som gjør auto-dokking, fortøyning og av- og påstigning mer utfordrende å standardisere og automatisere for dette segmentet. Ved overgang til autonom operasjon og nedbemanning til én sikkerhetsoffiser om bord må navigatøransvar overtas av teknologien eller andre i et landbasert kontrollrom. Her er det viktig med tilstrekkelig instrumentering for å kunne skaffe riktig situasjonsforståelse ved kritiske situasjoner. For Langevågsbåten anbefales det å legge til rette for lading mellom hver rundtur, med et automatisk (plugg-basert eller induktivt) ladetårn med kapasitet opptil 2 MW.

For **pendelfergen** i Kristiansund er flytekai i «C»-form vurdert mest hensiktsmessig, slik at skipet holdes fast i posisjon mot kai og har beskyttelse mot vind og bølger. Løsninger for automatisk fortøyning må fortsatt utvikles og valideres, f.eks. basert på puter som holder skipet i posisjon akters og en mekanisk låsemekanisme i baug. En lukket løsning med sluse vil sørge for tilstrekkelig passasjersikkerhet under ombordstigning og ivareta krav til universell utforming. For pendelfergen er det tiltenkt bemanning på én person, og denne vil hovedsakelig være ansvarlig for sikkerhet. Ved en kritisk situasjon vil skipet selv kunne holde posisjonen mens fokus for bemanningen da kan være på passasjerhåndtering. For pendelfergen anbefales det en ladeløsning over natten, med en "marinisert" flytende hurtigladeløsning som kan gi 100-150 kW, med standardiserte plugg som håndteres manuelt etter endt dag.



Figur 1: Konseptuelle løsningsforslag for hurtigbåt (*venstre*) og saktegående pendelferge (*høyre*).
(Illustrasjoner: SINTEF Ocean og Møre Maritime)

Kort oppsummert, de viktigste satsingene for realisering av autonom operasjon innenfor denne tematikken:

- **Dokking og ombordstigning** – Det er et stort utviklingsgap innen automatisk fortøyning (auto-mooring), hvor nye løsninger må utvikles og valideres for mindre passasjerskip. Kommersielt tilgjengelige løsninger for automatisk manøvrering til kai (auto-dokking) er tilgjengelig i dag, men må også valideres og muligens tilpasses den enkelte case.
- **Passasjersikkerhet og evakuering** – Mønstring og evakuering av passasjerer er tradisjonelt oppgaver som krever menneskelig tilstedeværelse og aktiv deltagelse. Utvikling av nye støttesystem eller endringer i skipsdesign som minimerer behovet for assistanse er derfor påkrevd for å kunne realisere (periodisk) ubemannet autonom operasjon som definert i delrapport L2.2. I tillegg bør prosedyrer for kommunikasjon og samhandling mellom skip, kontrollrom, men også relevante beredskapsaktører klargjøres og dokumenteres.
- **Automatiserte ladeløsninger** – Selv om en sikkerhetsbemanning på én person i teorien kan operere (standardiserte) manuelle ladeplugger, er ladetilkobling eksempel på en prosess som er forholdsvis enkelt å finne automatiske løsninger på. Dette vil også frigjøre tid for bemanningen til å fokusere på passasjerhåndtering.

2 Innledning og prosjektbakgrunn

Møre og Romsdal fylkeskommune fikk i 2018 tildelt midler fra Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge". Sammen med partnerne NTNU Ålesund, SINTEF, Ålesund kommune og Kristiansund kommune lanserte fylkeskommunen prosjektet «Smartere Transport i Møre og Romsdal»,¹ som skal vurdere praktisk gjennomførbarhet av autonome skip som del av et nytt, effektivt og miljøvennlig persontransportsystem i bynære områder. Alle analyser og konklusjoner er basert på industrielle produkt som enten eksisterer i dag eller befinner seg på konseptstadiet med plan for markeds lansering innen 3-5 år.

Prosjektet tar utgangspunkt i to brukercaser: Sundbåtene og sjøveis persontransportsystem i Ålesund og i Kristiansund. Prosjektets resultater skal også kunne anvendes for andre geografiske områder og for ulike reisemønster og kapasitetsbehov. Tabell 2 viser ulike aktiviteter i prosjektet og hvordan de er strukturert. Denne rapporten setter søkelys på automatisk dokking og ombordstigning, evakuering og passasjersikkerhet (A2.4) og landbasert infrastruktur for sikker dokking, inkludert systemer for pålitelig energitilførsel (A3.2).

Resultatene baseres delvis på resultater fra øvrige prosjektaktiviteter, bl.a. ståstedsanalysen (A1.1), skipskonsepter (A2.1), brukercaser (A1.2), realistisk grad av autonomi (A2.2) og framdrifts- og energisystem (A2.3).

Tabell 2: 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 (inkl. energitilførsel)
WP4 Sikkerhet og beredskap	A4.1 Cyber security
	A4.2 Regulatoriske utfordringer
	A4.3 Sikre transportløsninger

2.1 Rapportens omfang og avgrensninger

Autonomi betyr å utføre visse operasjoner uten menneskelig intervensjon, men ikke nødvendigvis ubemannet. Norsk Forum for Autonome Skip (NFAS)² definerer autonomi ved bruk av fire autonominivåer:

- Nivå 1: *autonomi-assistert bro.*
- Nivå 2: *periodisk ubemannet bro.*
- Nivå 3: *periodisk ubemannet skip.*
- Nivå 4: *kontinuerlig ubemannet skip.*

¹ <https://mrfylke.no/om-oss/prosjekta-vaare/smartare-transport>

² <https://nfas.autonomous-ship.org/>

Nivå 2 til 4 omfatter også et kontrollsenter på land hvor ansvaret strekker seg fra ren overvåking til aktiv kontroll av skip. Denne rapporten tar utgangspunkt i den autonomigrad som anses å være realistisk i lys av de to brukercasene i et 3-5 års perspektiv. Dette samfaller med «læringsfasen» beskrevet i delrapport L2.2 [1], der man holder seg **innenfor autonomnivå 2** (periodisk ubemannet bro) med autonom seilas og dokking, samt autonom håndtering av gangbro. På dette autonomnivået skal det være en sikkerhetsansvarlig om bord som skal kunne overta fartøykontroll ved behov (navigatøransvar). Kontrollsenteret skal også innføres i denne perioden.

Denne rapporten omhandler tre avgrensede tematiske områder for autonom utslippsfri passasjertrafikk til sjøs:

1. **Konsepter for automatisk dokking og sikker ombordstigning.** Temaet skal belyses fra fartøysiden og fra landsiden.
2. **Ivaretagelse av passasjersikkerhet**, inkludert sikker evakuering.
3. **Sikker og pålitelig energitilførsel.** Dette inkluderer nødvendig infrastruktur på landsiden for lading av batterier som nullutslipps energikilde, da prosjektets brukercaser i tidligere delrapporter er vurdert som godt egnet til batterielektrisk drift. Andre energikilder (f.eks. hydrogen) diskuteres ikke.

Kapittel 3 introduserer den metodiske tilnærmingen, mens kapittel 4 identifiserer tilgjengelige teknologiske løsninger på et generelt nivå, inkludert videre utviklingsbehov ansett som nødvendige. Kapittel 5 beskriver konkrete konseptuelle løsningsforslag for hver av brukercasene. Det siktes mot den høyeste autonomigrad som er vurdert realistisk, og det vurderes hvordan ulike autonomigrader vil påvirke krav til landbasert infrastruktur, samt teknologiske løsninger som er kommersielt tilgjengelige eller antatt tilgjengelige innen et 3-5 års perspektiv. Denne vurderingen er basert på informasjon innhentet fra industrien, enten direkte gjennom samtaler eller indirekte gjennom offentlig tilgjengelig materiale, og må sees i lys av usikkerheter knyttet til framtidig teknologisk utvikling.



Regulatoriske og sikkerhetsmessige krav til dokking, ombordstigning (inkludert krav til universell utforming) og evakuering som gjelder landsiden og selve fartøyet er beskrevet i delrapport L4.2 (p.t. under utarbeidelse) og delrapport L4.3 [2].

2.2 Brukercaser

Prosjektets brukercaser er begge eksempler på bynær sjøveis kollektivtransport, men har til dels svært forskjellige egenskaper og problemstillinger knyttet til dokking og ombordstigning, passasjersikkerhet og energitilførsel. Mer utfyllende beskrivelser av brukercasene finnes i delrapport L2.1 [3]

2.2.1 Langevågsbåten Ålesund



Brukercasen for Ålesund representerer en betydelig modernisering av eksisterende hurtigbåtrute over Borgundfjorden mellom Ålesund sentrum og Langevåg. Sambandet er en pendlerrute med størst passasjerpådrag om morgenen og i ettermiddag, og opereres i dag av en hurtigbåt i katamarandesign. Trafikkterminalen i Ålesund sentrum knytter Langevågsbåten direkte opp mot annen lokal / regional kollektivtrafikk. I et autonomi-perspektiv har denne ruta relativt store avstander mellom anløpene og til lands under overfart, samt høy hastighet (ca. 20 kn), noe som gjør høy autonomigrad spesielt utfordrende.

<ul style="list-style-type: none"> • Skipsdesign: katamaran, hurtiggående • Fartsområde: 1 • Estimert seilingstid: 10 minutter • Kapasitet: 147 pax / evt. 2 skip à 99 pax 	<ul style="list-style-type: none"> • Seilingsdistanse: 3,8 km • Estimert snutid: 5 min • Estimert hastighet: +/- 20 knop • Fremdrift: batteri-elektrisk
	

Figur 2: Mulig fartøyskonsept og rute for hurtigbåt Ålesund - Langevåg (Illustrasjon: Br. Aa)

2.2.2 Pendelferge Kristiansund

Brukercasen i Kristiansund er en konseptuelt ny og rendyrket pendelferge mellom Nordlandet og Kirkelandet. Passasjertrafikk i havnebassenget i Kristiansund utføres i dag av tradisjonsrike Sundbåten. Pendelfergen er tenkt å være et supplement til Sundbåtruta, som del av et intermodalt kollektivsystem der passasjerer samles med buss inn mot dedikerte terminaler som er skreddersydd for overgang til / fra ferge. I et autonomi-perspektiv vil pendelfergen være relativt saktegående (5-8 kn), og har kort avstand mellom anløpene og til lands under overfart. En stor del av operasjonsprofilen består av manøvrering inn og ut av kai.

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

Figur 3: Mulig fartøyskonsept og rute for pendelferge i Kristiansund (Illustrasjon: Møre Maritime)

3 Metode

Innholdet i denne rapporten er basert på informasjon innhentet gjennom litteratur- og internettsøk, rapporter fra SINTEF og andre aktører, samt en lang rekke samtaler og kreative prosjektverksted med relevante industriaktører (fra utstyrsleverandører til rederi), offentlige institusjoner og brann- og redningstjenester.

Litteratur- og internettsøk omfatter offentlig tilgjengelige rapporter, publiserte resultat fra andre forskingsprosjekt o.l., men også informasjon fra hjemmesider til kommersielle aktører. Formålet med dette søket var å kartlegge løsninger som er kommersielt tilgjengelige i dag og som dekker bredden i prosjektets tematikk, og er i utgangspunktet ikke begrenset av vurderinger knyttet til prosjektets brukercaser. Formålet med *samtalene med industriaktører og offentlige institusjoner* var identifisering av egnede løsninger og eventuelle utfordringer med utgangspunkt i tilgjengelig teknologi inn mot brukercasene og ønsket autonomigrad, samt skissering av mulige fremtidige utviklingsretninger.

Rapporten diskuterer dagens (2022) teknologifront og en to-trinns modell for realisering av konseptene, bestående av en læringsfase (autonomigrad 2, varighet på ca. 3-5 år) og etterfølgende autonom operasjon (autonomigrad 3-4), som beskrevet i delrapport L2.2 [1]. Læringsfasen i seg selv vil innebære stegvis innføring av ny teknologi. Resultatene er presentert i kapittel 4, inkludert generelle betraktninger og identifiserte utviklingsbehov. Konkrete konseptuelle løsningsforslag for hver av brukercasene basert på planlagte driftsmønstre, teknologisk kompleksitet, brukervennlighet og sikkerhet presenteres i kapittel 5.

4 Dagens teknologifront og videre utviklingsbehov

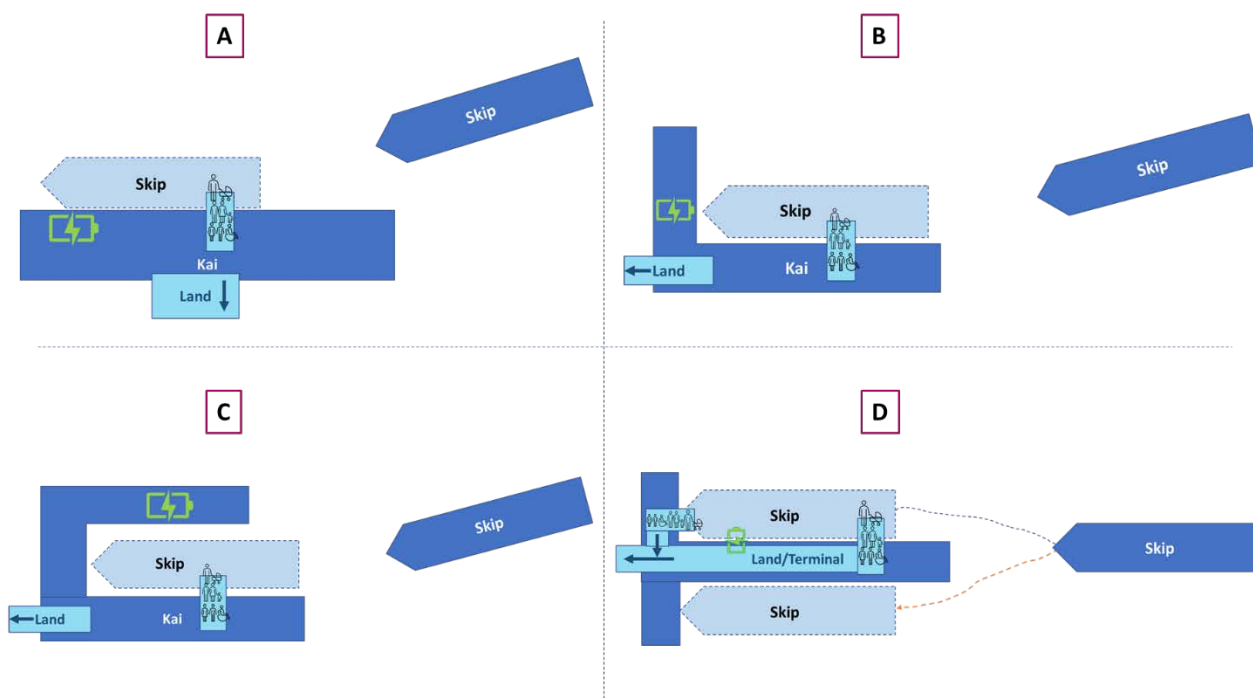
En viktig del av arbeidet tilknyttet aktivitetene A2.4 og A3.2 har vært kartlegging av dagens teknologifront tilknyttet rapportens tematiske områder, hvorpå dette kapittelet identifiserer tilgjengelige teknologiske løsninger på et generelt nivå, inkludert videre utviklingsbehov ansett som nødvendige.

4.1 Sikker dokking og ombordstigning

4.1.1 Utforming av kai

Generelt vil utformingen av kai være en viktig faktor i planlegging av løsninger for dokking, fortøyning og ombordstigning. Dette gjelder spesielt for autonome fartøy, der man ønsker å forenkle og standardisere prosedyrer og mekanismer i størst mulig grad for å redusere kompleksitet, risiko og kostnader. Noe tilpassing av kaiområdet vil derfor også være nødvendig for å muliggjøre at et autonomt skip kan føres trygt inn og holdes mot kai.

Et annet viktig aspekt som må håndteres er påvirkning fra ytre miljøkrefter og hvordan dette legger føringer for en så best mulig utforming av kai som mulig. Dette ble særlig diskutert gjennom samtaler med ulike industriaktører, både 1-1 og i forbindelse med ulike arbeidsmøter. For å minimere bevegelser mellom kai og skip vil bruk av flytekai være et gunstig valg. Dette vil også hjelpe med å jevne ut høydeforskjeller for anløpssteder med betydelige tidevannsdifferensial. Skjerming fra ytre miljøkrefter under anløp og ved kai må veies opp mot økte krav til presisjon i manøvreringen: For fartøy som ikke lett driver av posisjonen (som f.eks. en pendelferge i et beskyttet havnebasseng som i Kristiansund) kan en «C»-formet kai være en god løsning. For lettere fartøy med begrenset dypgang (som en hurtigbåt over en mer værutsatt rute som i Ålesund) er en «T»-form ansett som et bedre valg. Se Figur 4 for noen konseptuelle illustrasjoner.



Figur 4: Illustrasjon av noen prinsipielle konsepter for dokking av mindre passasjerskip

I praksis må det påberegnes at tilpasninger til havneområder og sikre kaianlegg for autonome skip kan være utfordrende og kostbart å gjennomføre. I tillegg vil man møte stor variasjon i bl.a. design, alder og operatør

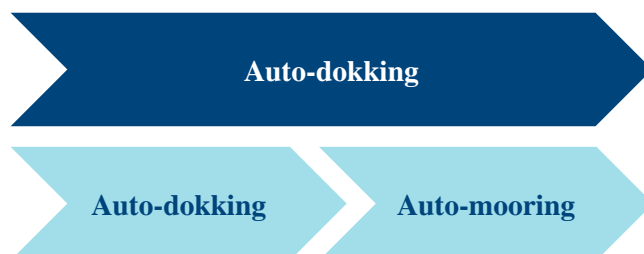
/ eier av skip og kaianlegg, samt teknologisk utviklingsnivå på autonome løsninger, noe som legger føringer for valgt kai-løsning. Det finnes så langt få standardiserte løsninger for kaianlegg som har direkte overføringsverdi for autonome skip.

4.1.2 Automatisk dokking

Dokking er en kritisk operasjonsfase med stor fare for uhell. Hovedfordelen med *automatisk* dokking er at man i prinsippet oppnår minimal variasjon i hvordan anløpet gjennomføres fra gang til gang. Dette betyr at man bruker like lang tid og samme energimengde ved hvert anløp, noe som resulterer i økt effektivitet, forutsigbarhet og sikkerhet. Automatisk dokking er spesielt nyttig for ferger og passasjerskip med hyppige avganger.

Samtidig er effektiv automatisk dokking avhengig av kompatibilitet mellom kai og skip. Dette kan av og til være en utfordring for implementering av nye løsninger siden utskifting av fartøy og oppgradering av kaianlegg involverer ulike aktører og følger ikke nødvendigvis samme syklus. For eksempel er forventet levetid på et kaianlegg betydelig lengre enn perioden som dekkes av offentlige anbud for hurtigbåter. Denne utfordringen er spesielt gjeldende for (rutegående) skip med flere anløpssteder. Også ombordstigning er berørt av denne problemstillingen, spesielt med tanke på universell utforming, der det kan være svært utfordrende å finne løsninger som passer alle anløp.

Begrepet «auto-dokking» brukes ofte bare for automatisk manøvrering til kai, men inkluderer i flere tilfeller også førtøynings- eller sikringsfasen. Ambiguiteten gjenspeiles i rapporten der «auto-dokking» skal brukes for å beskrive begge operasjoner (automatisk manøvrering og automatisk fortøyning / sikring) samlet, eller for å beskrive manøvreringsoperasjonen isolert, se Figur 5. Der begrepsbruk ikke vil være tydelig i teksten skal det framheves spesielt.



Figur 5: Begrepet «auto-dokking» brukes enten for å beskrive automatisk manøvrering til kai, eller for å inkludere automatisk fortøyning eller sikring mot kai («auto-mooring») i tillegg.

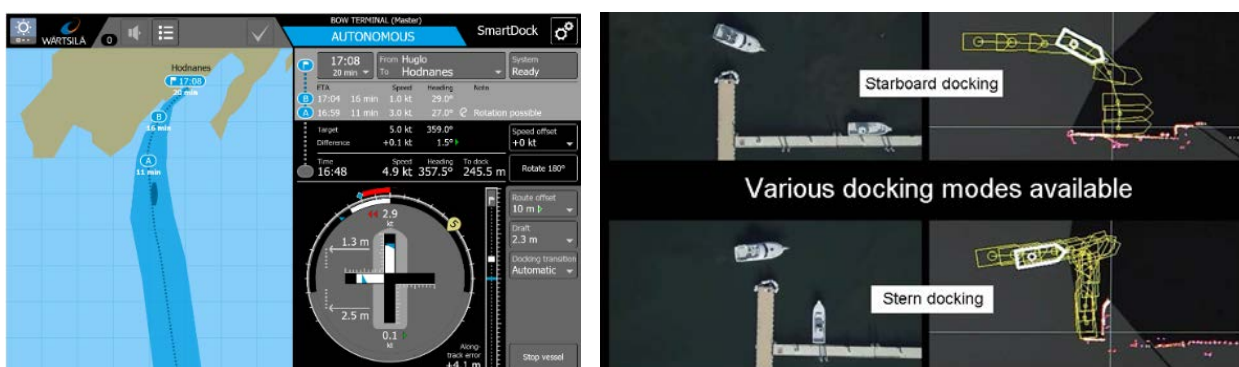
Automatisk manøvrering til kai (auto-dokking)

Auto-dokking er mest utbredt blant moderne lav- eller nullutslipps ferger, og fullautomatisk *dock-to-dock*-operasjon har allerede blitt demonstrert ved flere fergesamband. Noen av de mest kjente er fergen *MF Folgefonn* i Hordaland, strekning Moss-Horten med fergene *Bastø*, og fergene *Falco* i Finland [4]:

- *MF Folgefonn* bruker Wärtsilä sitt [SmartDock-system](#) [5] til autonom navigering til kai ved bruk av RF og LIDAR sensorer og supplert med GNSS-informasjon. Systemet er basert på Wärtsilä sitt vanlige DP-system og bruker forhåndsbestemte veipunkter for innfarten. Fullskallatester ble gjennomført ved Stord havn i 2018 sammen med Sjøfartsdirektoratet. Samme system har også blitt

testet i USA i 2020 til automatisk *dock-to-dock*-operasjoner sammen med lasteskipet *MC American Courage* [6].

- *Falco* brukte Rolls-Royce Marine sitt *Autodocking*-system under tester i Finland i 2018. Fergen brukte thrustere for å holde seg i posisjon mot kai etter autonomt utført ankomst.
- *Bastø*-fergene har også utført [fullskallatester med Sjøfartsdirektoratet i 2018](#). Disse inkluderte en autonom *dock-to-dock*-operasjon ved hjelp av Kongsberg Maritime sitt *Automatic Docking*-system. Dette systemet bruker bl.a. stereokameraer [7].
- I Japan har Yanmar jobbet siden 2017 med [automatisk navigasjon og auto-dokking](#) til sjødroner, fritidsbåter og fiskebåter [8]. Systemet bruker LIDAR og GNSS informasjon for å kunne plassere båten automatisk ved riktig dokkingposisjon. I tidligere faser ble ruten inn mot dokkeposisjon fastsatt manuelt ved hjelp av veipunkter, mens disse nå genereres automatisk.
- Volvo Penta tilbyr [Assisted Docking](#) til semiautomatisk dokking for fritidsbåter der manøvrering inn og ut av dokkingposisjon støttes ved at systemet automatisk kompenserer for vind, bølger og strømning [9].



Figur 6: (Venstre) Skjerm bilde fra Wärtsilä sitt *SmartDock* løsning. Foto: Wärtsilä. (Høyre) Yanmar sitt auto-dokking-system for mindre båter. Foto: Yanmar

Automatisk fortøyning (auto-mooring)

Etter det prosjektet kjenner til er den eneste kommersielt tilgjengelige løsningen for auto-mooring for passasjerskip et vakuum-basert system for større skip, og da særlig i bruk for bilferger. Et eksempel er mooringssystemet til fergen *MF Folgeforn* [10], som er levert av Cavotec hvor automatisk ladeløsning også er integrert (Figur 7). Antall vakuum-plater som installeres er avhengig av størrelsen på skipet og hvor utsatt området er for vind, bølger og strøm. Et typisk antall for en større bilferge er i størrelsesorden 10 vakuumplater.



Figur 7: (Venstre) Cavotec sitt *MoorMaster* system til vakuumfortøyning og lading. Foto: Cavotec. (Høyre) MacGregor sitt auto-mooring system vurdert brukt for Yara Birkeland. Foto: MacGregor.

Auto-mooring med vakuumfortøyning for bilferger ansees å være moden teknologi, men er ikke direkte overførbart til fartøystypene i brukercasene i Smartere Transport. Spesielt for skip med komposittskrog er vakuumfortøyning uegnet grunnet kreftene som utøves mot selve skroget. I tillegg krever denne type fortøyning et plant område på skroget over vannlinjen, ca. 1,5 m i høyden og 2 m i bredden, noe som kan være utfordrende for mindre skip med dagens design.

For *Yara Birkeland*, [verdens første selvkjørende elektriske containerskip](#) [11], er en mulig løsning å benytte et fortøyningssystem levert av MacGregor [12] der robotarmer legger tauløkkene over pullertene på kaia (Figur 7). Denne løsningen skal dermed kunne fungere uten spesielle tilpasninger på land. Systemet har innebygget bevegelseskompensasjon, og når skipet er posisjonert ved kai brukes vinsjer for å holde posisjonen. En lignende løsning basert på robotarm er *Rope Picker Robot* som utvikles av AutoMooring Solutions [13]. Selskapet utvikler i tillegg en auto-mooring løsning for *ship-to-ship* operasjoner som bruker vakuum, magnetisme eller begge. Det er uklart når disse systemene vil være kommersielt tilgjengelig på markedet og i hvilken grad det er mulig å tilpasse dem til mindre passasjerskip.

NTNU sitt *Autoferry* prosjekt [14] har undersøkt ulike design for en mest mulig hensiktsmessig auto-mooring løsning for passasjerfergen *milliAmpere*. Dette inkluderer forskjellige mekaniske låsemekanismer som til dels integreres i ombordstigningsrampen. Et lignende konsept brukes også av norske Hyke [16] som utvikler en helhetlig og skalerbar løsning for byferger som skal kunne opereres autonomt etter hvert. Som en ekstra fordel kan slike mekaniske løsninger fortsette å fungere skulle det elektriske systemet svikte. Vakuumdokking ble derimot vurdert uegnet av *Autoferry* prosjektet for *milliAmpere* på grunn av kostnaden, kompleksiteten og fordi platene ikke kan stå for nær vannlinjen.



Figur 8: (Venstre) Et mulig fortøyningsystem som ble undersøkt under *Autoferry*-prosjektet for bruk på *milliAmpere* [15]. Foto: NTNU. (Midt) Fortøyningskonseptet for byferger fra Hyke [16]. Foto: Hyke. (Høyre) *Roboats* i Amsterdam skal kunne dokke automatisk ved hjelp av en [mekanisk låsemekanisme](#) [17]. Foto: MIT.

I Amsterdam undersøker AMS Institute og MIT hvordan autonome elektriske ferger kan brukes i kanaler til gods- og persontransport. Disse kalles [Roboats](#) [18] og er utstyrt med et autonomt mooring-system som bruker to mekaniske robotarmer på fartøysiden til å feste seg til stasjonære stenger på landsiden, og låser seg mekanisk ved hjelp av fjærer uten å bruke energi, se Figur 8. Systemet er i utgangspunktet ikke designet for bruk i sjø, men tillater en viss grad av bevegelse og kan muligens brukes sammen med flytekai.

Et siste eksempel på automatisk mooring kommer fra et autonomt testløp med et japansk containerskip som brukte [droner for å flytte tauløkkene fra skip til kai](#) [19], men det var fortsatt mennesker som tok imot dem på land.

Ombordstigning

I dag er håndtering av landgang typisk en del av oppgaven til besetningen, og denne legges ut når skipet er fortøyd. Kravene til universell utforming tilsier at alle passasjerer skal kunne komme seg om bord uten assistanse. Undertun Industri tilbyr systemer innen ombordstigning som er spesialtilpasset for å kunne håndtere funksjonshemmede. Blant produktene finnes en trappeheis og skreddersydde landganger spesialtilpasset universell utforming, bl.a. gangvei integrert i pendelferger, se Figur 9.



Figur 9: [Gangvei fra Undertun Industri](#) spesialtilpasset universell utforming [20]. Foto: Multi Maritime

Helning av gangveien ved anløp hvor det er stor og varierende nivåforskjell mellom skip og kai kan derimot være utfordrende, for eksempel landgang til ikke-flytende kai i områder med store tidevannsforskjeller. Noen skip er også utstyrt med heisløsninger, men også her kan variasjonen i nivåforskjeller by på utfordringer.

4.1.3 Realisering av autonom operasjon - utviklingsbehov og teknologigap

For realisering av læringsfasen og videre autonom operasjon så må løsninger for auto-mooring utvikles og testes.

Nøkkelen til autonom dokking er i stor grad "forenkling", og riktig valg av kaiform og infrastruktur kan betydelig forenkle dokking og fortøyning. Skipet kan holdes på plass mekanisk ved hjelp av f.eks. oppblåsbar fending, hydraulisk trykk, eller en krok-lignende innretning i baugen i kombinasjon med en vakuumløsning eller bruk av thrustere bak. I tillegg vil en løsning som holder skipet godt i posisjon og som reduserer bevegelser også være en forutsetning for mange automatiske ladeløsninger.

Det finnes kommersielt tilgjengelige systemer som kan håndtere automatisk navigering inntil kai (auto-dokking) for forskjellige typer skip, og det antas at disse også vil kunne brukes til passasjerskip i bynære områder. Men løsningene er enda ikke testet for hurtigbåter og det er derfor usikkert hvilke tilpasninger som må gjøres for dette segmentet. Mange av utfordringene er de samme som for andre typer (mindre) autonome skip, men kombinasjonen lette skip med stort vindfang og større krav til sikkerhet vil skape større utfordringer for auto-dokking-systemer som er designet for relativt sett tyngre skip i roligere forhold.

Per i dag er **ingen løsninger for automatisk fortøyning** (auto-mooring) tilgjengelig for små fartøy. Miniaturisering av dagens vakuumløsning kan være et interessant spor og antas å kreve forholdsvis lite utviklingsarbeid for selve vakuumsystemet som installeres på kai. Videre utvikling i denne retningen er likevel noe usikkert da det også vil kreve at visse designkriterier implementeres for skroget, som for eksempel større plane områder og eventuelle forsterkinger for komposittskrog. Slike krav til tilpasninger i skrogdesign vil utelukke retrofit-løsninger og vil i tillegg kunne påvirke skipets stabilitet, kostnader og energieffektivitet.

4.2 Passasjersikkerhet

Passasjersikkerhet (under ombordstigning og overfart), nødrespons og evakuering er sentrale utfordringer for autonome løsninger, spesielt i tilfeller hvor valgt autonomnivå medfører redusert sikkerhetsbemanning. Det finnes i dag ingen egne regler for autonome fartøy, men Sjøfartsdirektoratets generelle sikkerhetsregler gjelder og sikkerhetsnivået må minst være like høyt som for konvensjonelle løsninger [2, 21].

Passasjersikkerhet er den viktigste faktoren i fastsetting av sikkerhetsbemanningen og vil i praksis ofte være den begrensende faktoren for å redusere bemanningen [1]. Blant funksjonene som sikkerhetsbemanningen skal ivareta utpekes spesielt oppgavene i forbindelse med brann og evakuering av skipet som svært krevende.

Ifølge brann- og redningstjenester er den vanligste grunnen for å evakuere et skip knyttet til brann om bord, etterfulgt av grunnstøting og vanninntrenging. Disse situasjonene vil imidlertid ikke automatisk utløse en evakuering. Beslutningen om å evakuere tas i dag av navigatør, i samråd med hovedredningssentralen. Mannskapets oppgaver ved evakuering omfatter mønstring av passasjerer, klargjøring av evakueringsutstyr (f.eks. redningsflåter) og å assistere passasjerer under selve evakueringen. I tillegg opprettes det kommunikasjon med redningsetatene.

Andre situasjoner som er relevant for passasjersikkerheten er ombord- og ilandstigning, samt mann over bord (MOB). I forbindelse med MOB-situasjoner har skip et ansvar overfor egne passasjerer og besetning, men også for å bistå andre skip / personer i nærheten.

Neste delkapittel baserer seg på samtaler med brann- og redningstjenester og utstyrsleverandører, og fokuserer på tekniske løsninger som muliggjør at passasjersikkerheten ivaretas med en foreslått sikkerhetsbemanning på én person [1]. Endringer i skipsdesign vil også ytterligere kunne øke passasjersikkerheten og redusere bemanningsbehovet.

Gjennom arbeidet med delrapport 2.1 [3] har det blitt identifisert følgende generelle designpunkter for å øke passasjersikkerheten:

- Bruk av et oversiktlig arrangement på ett passasjerdekk for enklere mønstring.
- Utstrakt bruk av brannhemmende materialer vil redusere sannsynlighet for brann og øke tiden en har tilgjengelig for å gjennomføre en evakuering.
- En lukket utforming av passasjerområdet vil kunne hindre at passasjerer havner i sjøen.

4.2.1 Teknologifront

Brann

Fare for brann i salong / dekkområde kan allerede i dag elimineres i stor grad gjennom valg av brannhemmende materialer. Hvis en brann skulle oppstå er det størst sannsynlighet for at dette skjer i motor- / maskinrom, som skal være skjermet fra omgivelsene gjennom barrierer. Disse barrierene er klasset i henhold til deres evne til å motstå brann og bruken er lovfestet – typisk vil et maskinrom / teknisk rom være bygget til å motstå brann i minimum 60 minutter.

Deteksjon og varsling av brann eller flammer skal skje gjennom automatiske varslingssystem, slik at det kan antas at en brann vil bli oppdaget kort tid etter den oppstår. Passasjerer skal i tillegg kunne varsle gjennom manuelle brannvarslere.

Det finnes automatiserte sprinkleranlegg som kan hjelpe å kontrollere temperaturutviklingen ved brann ytterligere og dermed øke tiden en har til rådighet for evakuering. Slike anlegg kan derimot føre til betydelig røykutvikling. Det påpekes at dagens regelverk og brannslukkingsutstyr i stor grad baserer seg på brann i maskineri med konvensjonelt drivstoff og ikke er tilpasset batterielektrisk fremdrift.

Evakuering

Dagens standardutstyr for evakuering av mindre passasjerskip er oppblåsbare redningsflåter. Overføring av passasjerene fra skip til redningsflåte skjer typisk ved hjelp av sklier / strømper. I praksis utløser slike systemer krav til sikkerhetsbemanning om bord på én eller to personer avhengig av valgt løsning. Utløsning og klargjøring av redningsflåter kan bli håndtert av enkeltpersoner og det finnes systemer som er godkjent for betjening av kun én person, opp til ca. 300 passasjerer.

Avanserte løsninger kombinerer redningsflåte og lukkede sklier integrert i skutensiden, som utløses samlet. Slike systemer er fullautomatisert og utløses ved å trykke på en knapp (f.eks. fra bro). Det påpekes imidlertid at det kan være vanskelig for personellet å klargjøre utstyret dersom den automatiske utløsningen først feiler. Derfor anses manuelle løsninger fortsatt som mer robuste. Et annet punkt som blir nevnt i samtaler med redningsaktører er at sklier / strømper kan være utfordrende for passasjerer med funksjonsnedsettelse, f.eks. rullestolbrukere.



Figur 10: Viking Undertun-system. Eksempel på løsning med oppblåsbar redningsflåte som er integrert i skutesiden. Systemet utløses ved hjelp av en knapp (fra bro eller på oppbevaringsboks). For mer detaljert informasjon om systemet henvises leseren til systemets [produktside og datablad](#) [22]. Foto: Viking

Mens klargjøring av evakueringsutstyr er et område der automatisering har kommet nokså langt, er mønstring og assistanse ved selve ombordstigning langt vanskeligere å automatisere på grunn av menneskelige faktorer. I så måte er dette et område som krever økt fokus og videreutvikling. En evakuering er en spesielt stressende situasjon der mannskapets tilstedeværelse skaper tillit. Det finnes imidlertid sensorløsninger som kan registrere tilstedeværelse av personer i visse områder av fartøyet, noe som vil kunne forbedre situasjonsforståelsen for mannskapet og redningsetatene.

Mann over bord (MOB)

Mindre passasjerskip på under 30 m kan søke om dispensasjon fra krav om egen MOB-båt, Dette gjelder begge brukercasene i Smartere Transport [3]. Standardløsningen for å få en person som har falt over bord opp fra sjøen er å bruke en vinsj med seile, se eksempel fra Secumar i Figur 11. Betjeningen av slike løsninger krever en trent operatør og anses som vanskelig å automatisere. En MOB-situasjon kan også oppstå ved kaia, i forbindelse med at passasjerer går om bord eller i land. Her vil en sluseløsning, i kombinasjon med annen sikring av kaia (fysiske sperrer mellom passasjerer og sjø, etc.) i stor grad kunne forhindre at personer havner i vannet. Prosjektet er kjent med at noen mindre fartøy, som opererer i skjermet farvann og i områder med kort responstid fra redningsetaten og andre fartøy, har instruks om å innta en ren varslersrolle ved en MOB-hendelse. Det vil si at fartøyet skal markere posisjonen og tilkalle hjelp, men ikke nødvendigvis foreta forsøk på å hente opp personen fra sjøen.



Figur 11: MOB-utstyr Secumar SECULIFT LWS25, brukt i kombinasjon med vinsj. For mer detaljert informasjon om systemet henvises leseren til [systemets produktside](#) [23]. Foto: Secumar

4.2.2 Realisering av læringsfase

Dagens tekniske løsninger for passasjersikkerhet oppfyller i stor grad forutsetningen for å kunne håndteres av en sikkerhetsbemanning på én person. De mest krevende situasjonene – f.eks. evakuering av skipet – vil imidlertid kreve sikkerhetsbemannings fulle oppmerksomhet, noe som gjør det vanskelig å samtidig opprettholde tilstrekkelig kommunikasjon med brann- og redningstjenesten, dersom denne personen utgjør den eneste bemanningen om bord. Et landbasert kontrollsentral vil muligens kunne dekke denne funksjonen, i kombinasjon med om bord-kameraer og andre sensorer.

4.2.3 Realisering av autonom operasjon - utviklingsbehov og teknologigap

En av de største utfordringene i kontekst av passasjersikkerhet er mønstring og ombordstigning på redningsflåter, siden menneskelige faktorer gjør at mulighetsrommet for scenarier er nærmest ubegrenset. Mulige sikkerhetsløsninger omfatter blant annet å designe skip som ikke trenger å evakuere i noen tilfeller, eller med områder hvor passasjerer kan oppholde seg trygt og som i seg selv vil fungere som redningskapsel. Slike løsninger vil kreve betydelige endringer i dagens design. Et videre aspekt som må tas i betraktning er kostnad og tidsbruk ved en eventuell remobilisering av skipet etter en sikkerhetskritisk hendelse.

Et mulig bortfall av bemanning om bord krever også utvikling av nye systemer for tidlig varsling og informasjonsoverføring som kan gi brann- og redningstjenesten en god situasjonsforståelse (type hendelse, lokasjon på skipet, status for passasjerer, status manøvrerbarhet, m.m.). Et annet punkt i samspillet mellom fartøy og redningstjenester, som vil kreve videre utvikling, er løsninger for trygg overføring av redningsmannskap til selve fartøyet. Aspektet er særlig viktig i lys av mulig økt bruk av mer "lukket" skipsdesign som følge av reduksjon i sikkerhetsbemanning.

Et alternativ til nye teknologiske løsninger for mønstring og evakuering er å eliminere behovet for at passasjerer forlater fartøyet gjennom endringer i selve skipsdesignet. En mulig tankegang er å designe salongen / passasjerområdet som en redningskapsel. En utfordring med denne tilnærmingen er at overbygningen kan ha en strukturell funksjon, f.eks. for hurtigbåter der overbygget er konstruert for å bidra til fartøyets styrke. En annen utfordring ved å bruke (en del av) salongen som redningskapsel er at man også må ta høyde for brann i denne delen av skipet.

Utvikling av autonome løsninger skjer ofte parallelt med overgangen til batterielektrisk fremdrift, og dette vil kreve tilpasninger i dagens sikkerhetssystemer og rutiner for håndtering av brann. Batteribranner kjennetegnes av rask og intens varmeutvikling, samt dannelse av giftige gasser og etsende syrer, som mye av dagens verneutstyr ikke er designet for å tåle.

Ved overgang fra en innledende læringsfase til autonom operasjon [1], dvs. når bemanningen reduseres til én person, *sikkerhetsoffiseren*, vil navigatør-oppgavene måtte ivaretas. Disse oppgavene inkluderer sikring av skipet og kommunikasjon med redningsetatene, og vil kunne ivaretas gjennom et kontrollsentert på land. Et konseptuelt løsningsforslag for sistnevnte er utledet i delrapport L3.1 – Landbasert kontrollrom [24].

4.3 Sikker og pålitelig energitilførsel

Det pågår i dag en rask utvikling av utslippsfrie framdriftsløsninger for sjøveis (og annen energikrevende) transport. For store deler av privatbilmarkedet har man allerede kommet langt i omstillingen til batterielektrisk drift, men det er ikke gitt at sjøveis transport vil ha samme utvikling, da den relativt lave energitettheten til tunge batterier kan være en utfordring for flere maritime segmenter. Dette inkluderer blant annet lengre hurtigbåtruter, som er svært energikrevende. For slike ruter kan både hydrogen (komprimert eller flytendegjort), ammoniakk og biodrivstoff vurderes som bedre egnede alternative nullutslipps energibærere enn batteri.

I Smartere Transport har imidlertid begge brukercasene blitt vurdert som godt egnet til batteri-elektrisk drift basert på skipenes driftsmønstre og forholdsvis lave energibehov, samt gode muligheter for å koble seg til elektriske ladepunkter [25]. Andre *bynære* sjøveis persontransportssystemer med relativt sett korte ruter vil trolig også egne seg for batteri-elektrisk drift. **Infrastruktur for andre energibærere (inkludert hydrogen) anses som mindre relevant for dette segmentet.** Disse blir derfor ikke vurdert her, men vil kunne være aktuelle for sjøveis passasjertrafikk over lengre avstander for å muliggjøre utslippskutt for mer energikrevende hurtigbåter. Det er imidlertid lite trolig at slike ruter blir autonome med det første. Energi-løsninger for mer energikrevende hurtigbåter har blitt grundig presentert andre steder [26].

Energitilførsel i denne rapporten inkluderer landbasert infrastruktur for lading av batteri, ulike ladeløsninger på kaia og/eller på flyter, samt tilknytning til lokalt kraftnett. I tillegg gjøres en vurdering om i hvilken grad prosessene kan automatiseres. Med *sikker og pålitelig* ladeinfrastruktur menes hovedsakelig

- **Minimal risiko for strømutlukk** – Kommersielle elektriske systemer er underlagt strenge standarder og regelverk som minimerer sjansen for strømutlukk med påfølgende skader på mennesker, utstyr eller miljø. Elektriske anlegg skal generelt være lukket i egne bygg eller containere med tilgang kun for personer med særskilt opplæring. For systemer med spenningsnivå over 1000 VAC / 1500 VDC (høyspent) følger det i tillegg særskilte krav til sertifisert personell og ekstra sikkerhetsbarrierer. For bruker-casene i Smartere Transport er det imidlertid ikke funnet behov for å vurdere ladesystemer over 690 V. Installatør har ansvar for å sette opp påkrevde barrierer mot

strømførende komponenter, og kommersielle ladeløsninger anses som utvendig berøringssikre etter at sertifisert installasjon er gjennomført og standard sikkerhetsbarrierer er satt opp. Det anbefales likevel rutinemessig inspeksjon av disse.

- **Ladeutstyr som tåler et maritimt miljø** – Ladesystemer for maritim transport er i dag i noen grad spesialutviklet for å tåle et maritimt miljø og slike systemer er kommersielt tilgjengelig fra flere mulige leverandører. Dagens teknologi (2022) er imidlertid såpass fersk at det er vanskelig å vurdere hvorvidt utstyrets levetid i dette miljøet blir forringet sammenlignet med tilsvarende landbasert infrastruktur. Leverandører av ladesystem vil typisk garantere for utstyrets normale funksjonalitet i minimum 10 år. For forholdsvis lave effektbehov (opp til 250 - 300 kW) kan man også vurdere å bruke "hylleware" hurtigladerer (for biler) plassert på kaia, f.eks. med CCS³ standardplugg, som er grundig uttestet. Men i hvert enkelt tilfelle må det vurderes om slike systemer kan bli utsatt for bølger, stormflo eller andre påkjenninger som hurtigladerne ikke er designet for å tåle, så i utgangspunktet anbefales ikke slike løsninger. Automatiserte ladeløsninger finnes ikke standardisert, og må uansett tilpasses spesielt til det aktuelle skipet og kaia.
- **Pålitelig effektstyring under hurtiglading** – Ladesyklusene bør ha lite tap og utføres på en måte som ikke begrenser batteriets levetid. Det er batterikontrollsystemet (BMS) i kommunikasjon med ladesystemet som sørger for at batteriet lades effektivt og skånsomt innenfor batteriets tålegrense. Det er fortsatt ingen standardisert kommunikasjonsprotokoll for maritime ladesystemer, så for å sikre kompatibilitet vil valg av batteriløsning i stor grad påvirke valg av ladeløsning og vice versa. Dette vil ikke omtales nærmere i denne rapporten, men kan undersøkes andre steder [27].
- **Tilgjengelig effekt når man trenger det** – Dette inkluderer vurderinger om det er nok kapasitet tilgjengelig i lokalt kraftnett til å dekke ønsket ladeeffekt til riktig tid. Hvis ikke må man regne med betydelige anleggsbidrag knyttet til behov for oppgraderinger, f.eks. gjennom utbedringer av nærliggende nettstasjoner eller framføring av nye kabler fra regionalnettet. Lokale nettselskaper vil være ansvarlig for slik utbygging, men det påpekes at slike prosesser er tidkrevende, og ønsket kapasitet bør bestilles på et tidlig tidspunkt.
- **Redundans** – Passasjertrafikk er i utgangspunktet en samfunnskritisk funksjon, noe som medfører forpliktelse om å holde rutene åpne også i tilfeller hvor den primære energitilgangen / ladesystemet svikter. Systemer for back-up / redundans er nødvendig, enten i form av diesel-generatorer for produksjon av elektrisitet om bord, eller flere og alternative ladepunkter som kan avhjelpe i kritiske situasjoner.

³ Combined Charging System (CCS) – [Wikipedia-artikkel](#)



Figur 12: (Venstre opppe) Eksempel på høyspent ladetårn for større ferger, fra [Stemman-Technik](#) [28], Foto: Stemman-Technik. (Venstre nede) Konseptuell ladebrygge for autonom passasjerbåt fra Hyke, med induktiv (trådløs) lading [29]. Foto: Hyke (Høyre) Semi-manuell ladeløsning for mindre ferger [30], Foto: Brekke Strand

4.3.1 Teknologifront

De senere årene har høyeffekts ladesystemer for elektriske skip kommet for fullt, primært ledet an av en rask omlegging til elektriske fergesamband flere steder langs kysten. Men også andre segmenter av maritim transport har gradvis større behov for tilgjengelige lade- og landstrømanlegg, og det er ventet en betydelig økning i slike systemer i årene framover. Overføring av elektrisk energi mellom landbasert infrastruktur (kraftnettet) og fartøy kan gjøres på tre prinsipielt forskjellige måter:

- **50/60 Hz vekselstrøm (AC) tilkobling.** Dette inkluderer typiske landstrømuttak for små og store fartøy med primær funksjon å dekke ikke-framdriftsrelatert energibehov til kai. Med likerettere om bord kan man også lade interne batterier på denne måten, men ladeeffekten er ofte noe begrenset.
- **Høyeffekts likestrøm (DC) tilkobling.** DC-lading er den mest effektive måten når man ønsker rask overføring av elektrisk energi til en batteripakke om bord, og de fleste ultrasnære ladesystemer er i dag DC-systemer. Lading fra stasjonært batteri på kaikanten vil også kunne gjøres med DC tilkobling.
- **Batteribytte,** hvor man sakte lader opp en batteripakke på kaia, som byttes med det utladete batteriet om bord under fartøyets liggetid. Dette alternativet er mest aktuelt for havner med svakt nett, og krever i tillegg automatiserte metoder for effektivt batteribytte. Det vil derfor ikke vurderes videre i denne rapporten.

For passasjerskip er det store variasjoner i energibehov (størrelse på batteri) og ønsket ladefrekvens, fra hyppig høyeffekts "klattlading" til laveffekts lading over natten. Derfor finnes elektrisk infrastruktur for å dekke alt fra noen få kW for typiske småbåtforbruk, kommersielle / hyllevarer (>100 kW) hurtigladdere (for

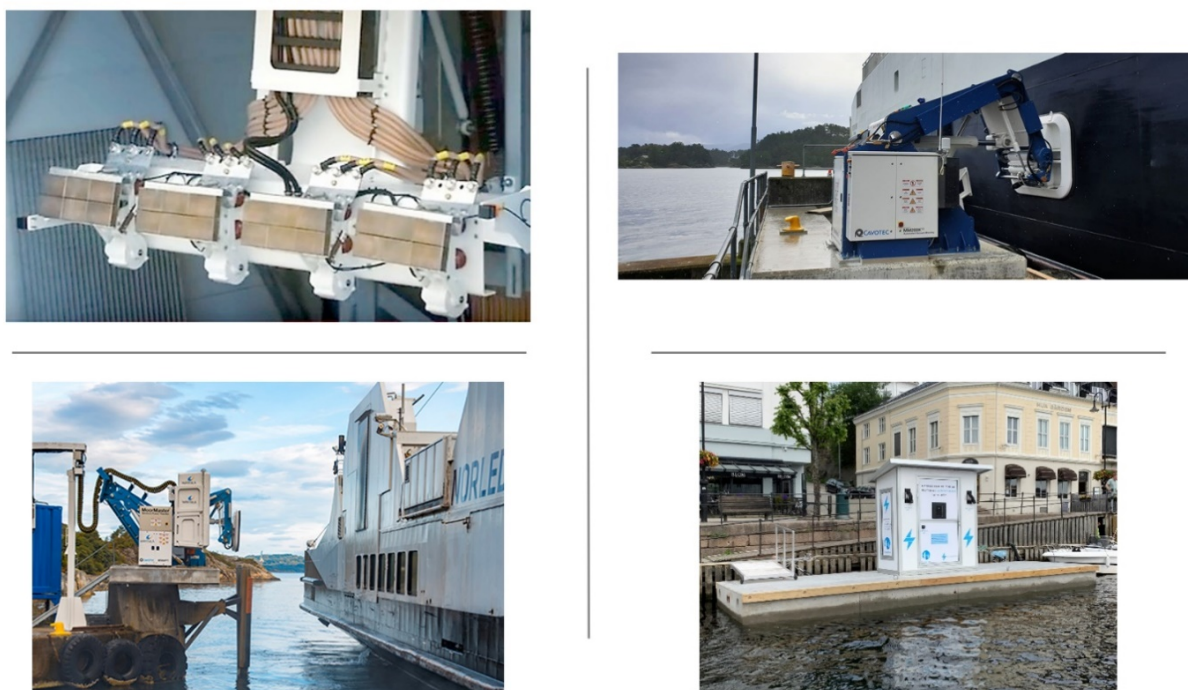
elbiler) med standardplugger til bruk på kaikanten, og helt opp til skreddersydde ultrarask ladere for store ferger. Sistnevnte kan ha effekter opp mot 15 MW [31] og utviklingen sprenger fortløpende nye grenser. For de høyeste ladeeffektene ($> 3\text{-}4\text{ MW}$) må det typisk settes opp egne høyspentanlegg⁴ med tilhørende særskilte sikkerhetsrutiner og kjølesystem (se Figur 11), da et lavspentsystem vil gi for høy strømgjennomgang og potensiell varmgang i elektriske komponenter ved ønsket ladeeffekt.

For **tilkobling av ladesystem** for batteri-elektriske fartøy finnes det i dag ingen standardteknologi, men for forholdsvis lave effektbehov ($< 300\text{ kW}$) er manuelle ladeplugger med "bilstandard" CCS type 2 et naturlig valg, med flere kommersielle løsninger. Denne type standardiserte hurtigladeplugger er imidlertid i rask utvikling, med kommende systemer for opp mot 4 MW.⁵ Slike plugg-system vil imidlertid kreve aktiv handling fra mannskap for å sette i gang lading, og man kan spørre seg om dette representerer en framtidsrettet løsning for *autonome* skip som trenger hyppig lading, da autonominivået naturlig begrenses av manuelle løsninger.

Høye ladeeffekter (og høye spenningsnivå) og hyppig lading gjør det mer aktuelt med **automatiske** (og semi-automatiske) tilkoblingsløsninger. Allerede i dag er det vanlig med automatisk tilkobling for lading av ferger, for eksempel med kombinerte plugg og mooring-systemer. Andre alternativer innenfor automatiserte tilkoblinger inkluderer *induktiv kontaktløs lading* eller *pantograf*. Induktiv (kontaktløs) lading har fordelen av å kunne starte lading så raskt fartøyet er innenfor en gitt minimumsavstand til kai, og konseptuelle systemer av denne typen er blant annet utviklet for byferger av Hyke [29], se Figur 12. Pantografer vil også tillate små forskyvninger mellom skip og kai. Eksempler på ulike slike løsninger er presentert i Figur 13 og andre steder [26].

⁴ Definisjonen av høyspent er spenningsnivå høyere enn 1000 VAC eller 1500 VDC

⁵ F.eks. Megawatt Charging System (MCS) – [CharIN-initiativet](#)



Figur 13: Eksempler på ladesystemer. (Venstre oppe) lade-pantograf fra [Stemmann-Technik](#), Foto: Stemman-Technik. (Høyre oppe) Mooring-system for kombinert mooring og lading fra [Cavotec](#), Foto: Cavotec. (Venstre nede) induktivt ladesystem fra [Wärtsilä](#), Foto: Wärtsilä. (Høyre nede) flytende manuell hurtigladdestasjon for småbåttrafikk fra [Supercharge](#), Foto: Supercharge

Tidligere delrapporter [25] har vurdert realistisk energibehov for brukercasene i Smartere Transport, og kommet fram til at en batteripakke på 600 kWh vil være tilstrekkelig kapasitet både for Langevågsbåten (med lading i hver hjemnehavn) og Pendelfergen (med lading over natten). Eksempler på ladeløsninger som kan være aktuelle her er

- **Pendelferge** – "Marinisert" manuell hurtiglader med 100-200 kW CCS2 uttak, *Supercharge* e.l. med 400 V nettilkobling. Opereres av personell når dagen er over.
- **Langevågsbåten** – Ladetårn 2 MW kapasitet (900 - 1200 kW vanlig bruk), *Cavotec* e.l. med 690 V nettilkobling. Automatisk tilkobling, i mulig kombinasjon med auto-mooring-system.

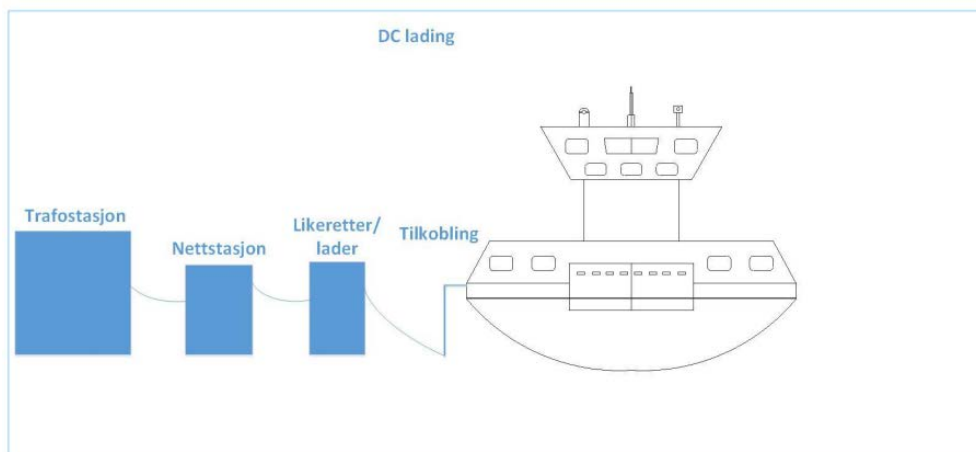
Det er viktig at batteripakke og energisystem om bord planlegges parallelt med ladesystemet for å sikre kompatibilitet.

Utviklingsbehov for å realisere autonom operasjon

Det bemerkes at det i dag allerede finnes kommersielt tilgjengelige løsninger for sikker og pålitelig energitilførsel for autonome fartøy. Utviklingsbehovet er i hovedsak knyttet til utvikling og validering av standardløsninger, for eksempel standardiserte høyeffekts ladesystemer og automatiske tilkoblingsmetoder, som i dag i stor grad må spesialtilpasses til det enkelte skips behov.

4.3.2 Nødvendig nettinfrastruktur på land

I tillegg til et fungerende tilkoblingssystem / ladetårn trengs det også kobling til lokalt kraftnett for å sikre stabil og pålitelig energitilgang for høyeffekts lading, se Figur 14. Denne koblingen vil normalt inkludere en **omformer / likeretter-stasjon** på kai eller i kjeller på flyter hvor fartøyet anløper. Kommersielle billadere har innebygde omformere i ladeskap, mens høyeffekts ladesystem vil normalt kreve ekstra plass for denne infrastrukturen (noen m³), så det er viktig å ta høyde for dette i design av kaianlegg.



Figur 14: Prinsippkisse for (DC) ladesystem for skip [32]

Tilkobling til lokalt kraftnett fordrer også at det er **tilgjengelig kapasitet i nærliggende nettstasjon**. Dette inkluderer tilstrekkelig restkapasitet for transformator, samt riktig spenningsnivå for ladesystemet. Hvis ikke dette er tilgjengelig må det medregnes betydelige anleggsbidrag for å oppgradere nettinfrastrukturen i form av nye kabler eller andre nødvendige utbedringer. Høye ladeeffekter vil ofte kreve en egen transformator dedikert til formålet og/eller en frittstående batteripakke på kaia som mellomledd og nettavlastning for de kraftigste dynamiske lastene. Sistnevnte mulighet blir ikke videre vurdert i denne rapporten da det trolig ikke er behov for dette i de omtalte brukercasene.

På generell basis bemerkes det at bestilling og utbygging av ekstra kapasitet er prosesser som i noen tilfeller kan ta lang tid (5+ år), spesielt hvis det må legges nye linjer eller kabler fra omkringliggende regionalnett. Det er derfor viktig å avklare slike behov på et så tidlig stadium som mulig, slik at disse kan meldes inn til det ansvarlige nettselskapet og utbyggingsprosessene kan starte.

4.3.3 Ansvarsfordeling og forretningsmodell for energitilførsel

Det vil finnes ulike modeller for fordeling av ansvar for ulike deler av den elektriske infrastrukturen (f.eks. drift, vedlikehold og sikkerhet for ladesystemet). Hvordan dette ansvaret fordeles vil i noen grad også være avhengig av spenningsnivå og ønsket effekt. Høyspentanlegg og store landstrømanlegg vil være mer krevende sikkerhets- og driftsmessig, og kreve ettersyn av sertifisert personell, og det vil være en fordel å unngå slike system for å forenkle drift, samt spare plass på kaia. Dette er imidlertid ikke en aktuell problemstilling for brukercasene i Smartere Transport som begge klarer seg med lavspente systemer. For den elektriske landbaserte infrastrukturen vil ulike ansvarsområder for ulike aktører kunne se ut som dette:

- **Havnevesen** – Mange havner i Norge (inkludert Kristiansund og Nordmøre Havn og Ålesundsregionens Havnevesen) vurderer ulike forretningsmodeller for å tilby energitilgang til brukere av havna gjennom egne landstrøm- og ladeanlegg. Havnevesenet fungerer da som et mellomledd som har egne avtaler med lokalt nettselskap, og bestiller selv nødvendige utbygginger

fra leverandører av integrerte landstrøm- og ladeanlegg⁶ basert på estimerte energibehov for deres havner. Reder (evt. Fylkeskommune) inngår så leieavtaler med havnevesenet og/eller eier av ladeanlegget, på lik linje med tilgang til kaianlegg og annen havneinfrastruktur.

- **Nettselskap** – Ansvarlig for drift og vedlikehold av nærliggende nettstasjoner, samt at det til enhver tid er tilgjengelig kapasitet i lokalt kraftnett til forbrukerne i sitt nedslagsfelt. Hvis det ikke er tilgjengelig kapasitet til å ta ut ønsket ladeeffekt ved kaianlegget vil man måtte bestille utbygging av dette (i den grad det er mulig) fra nettselskapet, med medfølgende anleggsbidrag. Hvis det er flere interessenter som ønsker ekstra kapasitet er det av og til mulig å dele kostnadene for anleggsbidrag.
- **Operatører / redere** – Noen steder kan operatører bestille og få satt opp ladere til eget bruk, men må da selv organisere nødvendig vedlikehold med kompetent personell, og administrere nettkobling og energitilgang gjennom egne avtaler med leverandør av ladeanlegg, nett- og energiselskap. I slike tilfeller er det imidlertid ofte aktuelt å dele ladeanlegget med andre lokale behov (f.eks. lading av fritidsbåter, busser eller biler) for å utnytte ladekapasiteten. Dette kan også bidra til reduserte anleggsbidrag.

I hvert enkelt tilfelle må det vurderes om reder (f.eks. Fylkeskommune) skal inngå egne avtaler, eller om det er mer hensiktsmessig å leie infrastruktur for landstrøm / hurtiglading gjennom havnevesen eller andre mellomledd, hvis dette er mulig. For Langevågsbåten er det gjort estimater for nødvendige anleggsbidrag knyttet til elektrisk infrastruktur i Klimasats forprosjekt fra 2021 [26], mens analyser for elektrifisering av indre havn i Kristiansund er utredet vinteren 2022 av Kristiansund og Nordmøre Havn [33]. Dette blir nærmere gjennomgått i kapittel 5.

⁶ [Plug](#) er eksempel på en slik leverandør, som blant annet har kontorer i Bergen og Ålesund.

5 Konseptuelle løsningsforslag for brukercaser

De konseptuelle løsningsforslagene for brukercasene er utarbeidet med utgangspunkt i informasjon innhentet gjennom workshops og samtaler med industriaktører, offentlige institusjoner og brann- og redningsetater. Følgende tabell oppsummerer hovedpunktene i løsningsforslagene for begge brukercasene for både læringsfasen og autonom operasjon. For detaljerte beskrivelser av forslagene og underliggende vurderinger, se de respektive underkapitlene lenger ned.

Tabell 3: Konseptuelle løsningsforslag for brukercasene - sammendrag.

	Langevågsbåten Ålesund	Pendelferge Kristiansund
Dokking og om bordstigning	<ul style="list-style-type: none"> • «T»-formet flytekai • Lukket sluse for ombordstigning • Validering og evt. tilpassing av tilgjengelige auto-dokking løsninger • Utvikling og validering av egnet automatisk fortøyningsløsning 	<ul style="list-style-type: none"> • «C»-formet flytekai • Lukket sluse for ombordstigning • Validering og evt. tilpassing av tilgjengelige auto-dokking løsninger • Utvikling og validering av egnet automatisk fortøyningsløsning
Passasjer-sikkerhet	<ul style="list-style-type: none"> • Én sikkerhetsoffiser • Oversiktlig oppbygging av passasjerområdet • Én-knapps evakueringsystem med lukkede sklier • Redningsflåter festet i skliene • Automatisk passasjertellesystem • Kommunikasjon med redningsetatene fra kontrollsenter <p><i>Læringsfase:</i> Egen ansvarlig navigatør. Kommunikasjon med redningsetatene gjennom navigatør</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Én sikkerhetsoffiser • I nødsituasjon holder fartøyet posisjonen, bemanningen blir ren sikkerhetsoffiser. • Én-knapps evakueringsystem med lukkede sklier • Redningsflåter festet i skliene • Automatisk passasjertellesystem • MOB-situasjon varsles, men berging håndteres av redningsetatene • Kommunikasjon med redningsetatene fra kontrollsenter • Besetningen har rolle som ren sikkerhetsoffiser <p><i>Læringsfase:</i> Besetningen har også navigatøransvar. Kommunikasjon med redningsetatene begrenses til varsling av hendelse og status etter endt håndtering (f.eks. evakuering)</p>
Energi-tilførsel	<ul style="list-style-type: none"> • Ladetårn på flytekai med 690 V DC tilkobling, med ladekapasitet på 2 MW (min. 1150 kW) • Automatisk tilpasset tilkobling • Elektrotekniske komponenter kan legges i kjeller på flyet • Ladeløsninger ved begge anløp nødvendig for redundans • Behov for utbygging av nettstasjon i Langevåg, og kabling/påkobling til eksisterende anlegg i Ålesund. • Bestilling av kapasitet på tidlig stadium i samråd med havnevesen og Mørenett. <p><i>Læringsfase:</i> Vurdere semi-automatiske ladesystem som opereres av personell ved anløp.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • "Marinisert" hurtiglader på flytekai ved Piren, 100-200 kW kapasitet. • Hurtigladeflyter kan inkludere flere standardiserte CCS2 uttak for sambruk og synergier med gjestehavn og andre brukere. • Lading over natten, ladesystem opereres av personell når dagen er over. • Behov for utbygging av nærliggende nettstasjon i Rådhuset med ny transformator og kabling til kai. • Redundant forsyning ved Devoldholmen eller andre steder hvor det er naturlig at pendelfergen ligger over natten.

5.1 Langevågsbåten - Ålesund

Havneområdet i Ålesund er i endring, blant annet i forbindelse med Ålesundsregionens Havnevesens utbygging av Flatholmen (klar for drift 2023/24) og flytting av containerterminalen fra Skutvika. I sum vil dette påvirke det operasjonelle bildet gjennom færre skipsanløp inn mot sør-vendte kaiområder i Ålesund. Samtidig vil trafikk fra cruiseskip og andre segmenter opprettholde aktiviteten, og dermed medføre et komplekst operativt bilde ved cruisebåthavna (Stornespiren og Prestebrygga). Ved cruisebåthavna bygges det nå (2022) et nytt landstrømanlegg med 2 x 16 MVA kapasitet. Behovet for landstrøm- og ladekapasitet er også ventet å øke betydelig de neste 5-10 årene, blant annet med krav om nullutslipp for turistskip som skal inn i Geiranger Verdsarvsfjordområde allerede fra 2026.

Ålesund havn har per i dag ingen tilknytning til drift av Langevågsbåten. Kaia som benyttes i Ålesund (Rutebilstasjonen) er eid av fylkeskommunen, mens Langevåg hurtigbåtkai eies av havnevesenet og leies ut til fylkeskommunen. **Langevåg** hurtigbåtkai er i dag hvilekai over natten for Langevågsbåten, noe det er naturlig å videreføre siden en slik pendlerute har størst passasjertrykk mot sentrum om morgenen. Det bemerkes også at anløpet ved Rutebilstasjonen vurderes flyttet ca. 100 m i nordøstlig retning, noe som vil kunne gi enda bedre tilknytning til et planlagt og framtidig kollektiv-nav i Korsegata.



Figur 15: Langevågsbåten. (Venstre oppe) Rute. (Høyre oppe) Anløp ved [cruisebåthavna / Stornespiren](#), webkamera. (Venstre nede) Oversiktsbilde Rutebilstasjonen (Ålesund) - anløpet vurderes flyttet ca. 100 m østover. (Høyre nede) Oversiktsbilde Langevåg. Bilde: Google Maps

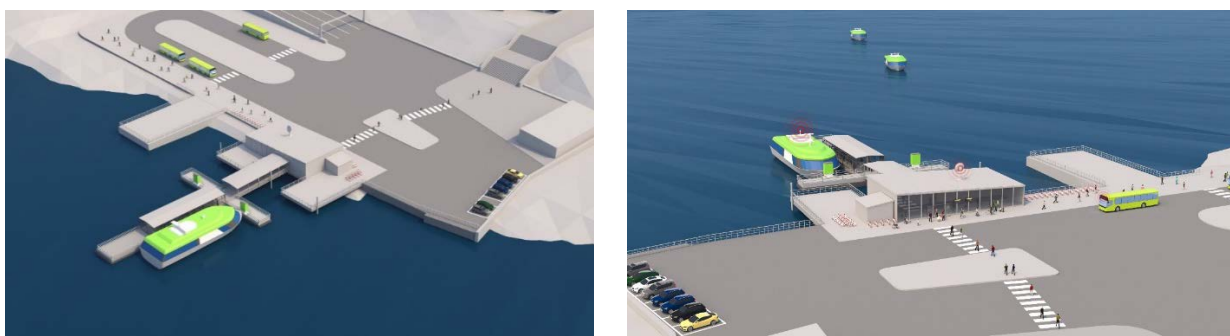
5.1.1 Dokking og ombordstigning

Optimal utforming av kai til hurtigbåt er i stor grad avhengig av lokale forhold og hvilken del av ruten man befinner seg i (mellomstopp / endestopp). For en hurtigbåt ønsker man vanligvis å bruke kortest mulig tid for anløp, slik at man kan senke transitthastigheten og dermed spare energi. På grunn av betydelig lavere vekt og et relativt stort tverrsnittsareal, er hurtigbåter generelt sett også mer utsatt for vind- og bølgeforhold

sammenlignet med for eksempel ferger. Løsninger for automatisk dokking og tilhørende infrastruktur på land må hensynta dette.

Figur 4 i kapittel 4 illustrerer noen prinsipielle konsepter til dokking skissert ilt. prosjektperioden:

- En lineær løsning (A) med dokking på siden kan være tidsbesparende og burde kunne tilpasses de fleste skip og områder. Løsningen tilbyr derimot lite skjerming fra været, og det kan være nødvendig å bruke thrustere eller en mer avansert fortøyningsløsning for å holde skipet trygt inntil kai. Potensielt kan en slik løsning bidra til økt energiforbruk, og dermed også driftskostnader. En slik løsning kan imidlertid være svært aktuell dersom en rute inneholder mellomstopp, hovedsakelig grunnet tidsbesparende av- og påstigning og fleksibilitet mot ulike kai-typer.
- Basert på samtaler med operatører er en «C»-formet løsning (C) krevende for hurtigbåter for å komme seg trygt inn til kai ved dårlige værforhold. Dermed vil det trolig ta for mye tid å navigere seg i posisjon, noe som vil påvirke effektiviteten negativt. I tillegg kompliseres situasjonen ytterligere av bølgene som skipet selv genererer og drar med seg inn mot kai. Dette er begrensende for farten man kan bruke under anløpet.
- En kai i «L»-form (B) kombinerer flere fordeler fra de andre løsningene: Den muliggjør bauganløp og av- og påstigning gjennom baugen eller gjennom akter (økt effektivitet), er mindre krevende for anløp enn «C»-formen og kan også tilby noe skjerming fra bølger og vind (gitt riktig plassering).



Figur 16: Konseptuelt løsningsforslag for hurtigbåt med flytekai i «T» form og terminalbygg (Illustrasjon: SINTEF Ocean)

For Langevågsbåten anbefales det å kombinere to «L»-former til en «**T**»-formet endestoppkai på begge sider av sambandet, se Figur 16. Med utgangspunkt i rådende vind og bølgeforhold kan skipet selv velge hvilken side av kaien det skal legge til, og dermed oppnå en mer energieffektiv dokking. En «T»-form muliggjør også samtidig bruk av baug og siden for på- og avstigning som bidrar til å øke effektiviteten under av- og påstigning av passasjerer. Til gjengjeld er denne type kai mer plasskrevende og kostbar enn andre alternativer.

En **flytekai** vil være fordelaktig for å kunne håndtere tidevannsforskjeller, og gjøre dokking og av- og påstigning enklere for skipet, mannskapet og for passasjerene. Ikke minst vil en flytekai bidra til å ivareta krav om universell utforming, og man unngår situasjoner der på- og avstigning blir for krevende for funksjonshemmede uten hjelp fra mannskapet (f.eks. pga. for stor vinkel mellom gangbro og kai eller skip).

Generelt er det viktig å vurdere hele ombordstigningsprosessen ut ifra et brukerperspektiv. Det betyr bl.a. god beskyttelse mot vind og vær. Terminalbygg, enkelt venterom eller leskur vil i så måte være en stor fordel, samtidig som skjerming mot vær også bør ivaretas på selve kaien, f.eks. i form av en "lukket" gangvei. I samtaler med ulike industriaktører kom det fram at bruk av en slik gangvei (ala det som er i bruk på flyplasser), bidrar til økt sikkerhet og beskyttelse mot vær, men kan i noen tilfeller forverre passasjerflyten. God passasjerflyt forbedrer ikke bare effektiviteten, men også brukeropplevelsen og sikkerheten. Det er derfor viktig å ha et helhetlig bilde som inkluderer av- og påstigning i samspill med løsninger på land (som f.eks. rekkverk som skiller av- og påstigningsstrømmer).

Som nevnt i kapittel 4.1 finnes det i dag kommersielt tilgjengelige auto-dokking-systemer for automatisk navigering inn mot kai. Det er naturlig å anta at disse kan brukes (eller tilpasses) pendelferge og hurtigbåt. Det er fortsatt behov for verifikasjon før auto-dokking-system kan brukes for de konseptuelle skipene i brukercasene og det er derfor mulig at det fortsatt vil være behov for videreutvikling.

Når det gjelder løsninger for auto-mooring er det i hovedsak vakuumbortøyning tilpasset større skip som er kommersielt tilgjengelig (f.eks. for ferger). Iht. produsenten er det fullt mulig med en framtidig miniatyrisering av dagens system tilpasset mindre skip. Men siden teknologien trenger relativt stort areal på skipet (der vakuumplater skal feste seg), må kunne håndtere større krefter, og som i tillegg ikke kan stå for nær vannlinjen, er det usikkert om løsningen i praksis kan brukes til mindre skip. Dette gjelder spesielt hurtigbåter der krav til lav vekt setter begrensninger for tilpassing / design av skipet, se kapittel 4.1. I så måte eksisterer det et **betydelig teknologigap** som må lukkes for at auto-mooring for hurtiggående fartøy kan realiseres.

5.1.2 Passasjersikkerhet

I læringsfasen er det tenkt en bemanning på to personer, der én innehar rollen som sikkerhetsoffiser og den andre er navigatør [1]. I denne fasen vil sikkerhetsoffiseren under en sikkerhetskritisk situasjon i størst mulig grad fokusere på håndtering av passasjerene. Navigatøren trenger ikke å involveres i dette i begynnelsen av læringsfasen, siden hen vil ha som oppgave å sikre fartøyet og ta seg av kommunikasjonen med HRS og redningsmannskapene. Den gradvise innfasingen av et kontrollrom i læringsfasen vil etter hvert føre til at navigatøren i økende grad vil kunne bistå sikkerhetsoffiseren ved behov.

Et evakueringsystem bestående av oppblåsbare redningsflåter festet til oppblåsbare sklier ved nødutgangene vil eliminere behovet for at mannskapet sørger for riktig plassering av flåtene. Slike system kan integreres i skutesiden og utløses fra broen. En oversiktlig oppbygging av passasjerområdet vil i tillegg gjøre det enklere å ha oversikt under mønstring av passasjerer i en evakuerings situasjon. Mønstringen kan også støttes ved hjelp av instruksjonsvideoer som vises kontinuerlig i passasjerområdet, samt anvisninger over høytaleranlegget.

Automatiske tellesystem for passasjerer ved av- og påstigning kan også utvides til passasjerer som går om bord i redningsflåten og dermed gjøre det enklere å for mannskapet (evt. også kontrollrom) redegjøre for passasjerenes oppholdssted. Videre kan sensorer som oppdager menneskelig tilstedeværelse installeres i forskjellige deler av skipet. Sikker av- og påstigning ivaretas ved bruk av sluseløsninger og inngjerdede/overbyggede gangveier (se Figur 16 til venstre og Figur 20 til høyre). Dette, i kombinasjon med en lukket utforming av passasjerområdet (dvs. enten ingen fritt tilgjengelige soldekk, eller høy skjerming mot sjø) vil eliminere muligheten for at passasjerer kan falle/hoppe over bord.

Ved overgang fra læringsfasen til autonom operasjon vil bemanningen reduseres til én person, sikkerhetsoffiseren [1]. Følgelig må funksjonene navigatøren har dekket i en nødsituasjon frem til da, overtas av andre. Disse oppgavene inkluderer sikring av skipet og kommunikasjon med nødstatene, og vil kunne gjennomføres av et kontrollrom. Selve sikringen av skipet vil kunne løses gjennom fjernstyring, mens kommunikasjon med redningsetatene fremstår som mer utfordrende, spesielt med tanke på å bistå redningsetatene i å etablere en god situasjonsforståelse. I tillegg til generell informasjon om skipet (f.eks. fremdriftstype) må kontrollsentret bl.a. kunne gi informasjon om hendelsestype (eksempelvis brann, grunnstøting, vanninntrenging, etc.), status for sikkerhetssystem om bord (evakuering iverksatt, slukningssystem utløst, etc.), status for passasjerer (totalantall, antall skadde, ikke gjort rede for, etc.), samt status for fremdriftssystem (mulighet å flytte fartøyet, ankre opp, etc.). Dette krever tilstrekkelig instrumentering med sensorer og sikker og redundant kommunikasjon med skipets kontrollsystem.

5.1.3 Energitilførsel

I forbindelse med en nylig utarbeidet mulighetsstudie for utslippsfrie hurtigbåtanbud rundt Ålesund [26] har ruta Ålesund - Langevåg blitt karakterisert som godt egnet for batteri-elektrisk drift. Det skisseres en 150-pax batterielektrisk katamaran med en batterikapasitet på 600 kWh, som ved lading i hver hjemmehavn har behov for 1150 kW ladeeffekt. I delrapport L2.3 [25] er det i tillegg til ovennevnte løsning også foreslått en alternativ løsning med to skip med 99 pax hver, 450 kWh batterikapasitet og behov for 900 kW ladeeffekt ved lading i hjemmehavn.

Konseptuelt er det liten forskjell på disse løsningene med tanke på energitilførsel, og anbefalt ladeprofil er at batteriet "klattlades" ved hvert anløp i hjemmehavnen for å gi nok energi til en rundtur. Det er derfor formålstjenlig med et automatisk ladesystem som kan utnytte liggetiden maksimalt (pluggbasert eller induktivt). Mulige løsninger er Cavotec e.l. som har automatiske løsninger i dag for 690 V nettilkobling og f.eks. 2 MW effekt, noe som også vil kunne gi muligheter for ekstra effektbelastning ved behov.

Selv om sambandet i teorien kan betjenes av ett enkelt ladesystem vil det også være behov for å planlegge en reserveløsning i tilfelle ladeanlegget i hjemmehavnen skulle være ute av drift i perioder. Med mindre man aksepterer hybrid drift (med dieselgeneratorer om bord) i utfallssituasjoner, er man i praksis nødt til å etablere ladeanlegg ved begge havner. Ulempen er at "redundans-laderen" for det meste vil stå ubrukt med mindre man finner andre brukere som ønsker å samkjøre bruk av denne infrastrukturen (inkludert eventuelle anleggsbidrag for montering).

Til Klimasats-prosjektet [26] har nettleverandør (Mørenett) gitt innspill om at det er tilgjengelig kapasitet (i 2021) i regionalnett for å lade ved 1150 kW både i Langevåg og ved Rutebilstasjonen (Ålesund). Dette bekreftes i Smartere Transport gjennom nye korrespondanser med Ålesundregionens havnevesen og Mørenett. Infrastrukturen for ønsket effekt finnes imidlertid ikke tilgjengelig ved anløpene i dag, slik at oppgraderinger / kostnader må påberegnes for å muliggjøre ladeanlegget.

Behov for oppgraderinger

- **Rutebilstasjonen (Ålesund)** – Dagens situasjon for cruisebåthavna er at det finnes tilgjengelig landstrøm- og ladeanlegg på 690 V og med 800 kW kapasitet (med totalt rundt 20 MW kapasitet i området). Denne kapasiteten bygges nå (2022) ut med en ny 22 kV kabel inn fra øst, til [et nytt landstrømanlegg](#) [34] som til sammen vil gi 2 x 16 MVA, nok til å dekke samtidig landstrømbehov for to store cruiseskip og andre aktører. Ålesund havn administrerer utbygging av denne infrastrukturen i samråd med landstrømleverandør Plug⁷ og partnere, samt nettleverandør

⁷ [Plug Ålesund](#)

(Mørenett). Havna ønsker å kunne tilby landstrøm- og ladeanlegg som et tilbud til brukere av havna. Gitt at pågående utbygging gjennomføres som planlagt, så vurderes ikke det estimerte effektbehovet (ca. 1200 kW) for Langevågsbåten å utfordre kapasiteten i området. For å legge til rette for tilstrekkelig ladekapasitet ved Rutebilstasjonen (eller evt. 100 m østover ved nytt anløp) vil det være behov for kabling fra den nye landstrømstasjonen ved Prestbrygga, en ny transformator, omformerstasjon og ladetårn.

- **Langevåg** – Langevåg hurtigbåtkai er i dag hvilekai for Langevågsbåten over natt, og det er naturlig at det bør planlegges ladekapasitet også her. Det er per i dag ikke nødvendig spenningsnivå (690 V) eller kapasitet tilgjengelig ut til kaia, så Mørenett opplyser at det vil være behov for noe høyspentkabling, samt å sette opp en ny nettstasjon med én eller to fordelingstransformatorer avhengig av behov og kravet til forsyningsikkerhet for ladeanlegget. Siden Langevågsbåten i teorien klarer seg med én lader kan back-up-løsningen planlegges med fleksibelt uttak (utkobling ved effekttopper i kraftnettet), noe som vil kunne gi noe lavere kostnader for effekten som tas ut her.

Kabel, omformere og annet elektroteknisk utstyr kan trolig legges i kjeller på ny flyter, se for eksempel konseptuell løsning fra Hyke [16], men det er viktig å påse at det er plass på flyteren til ladetårn / tilkoblingssystem.

Kostnadsmodell for energitilførsel

Man kan se for seg to yttermodeller for hvordan kostnadene for energiinfrastruktur på landsida kan fordeles

- **Reder/operatør** (Fylkeskommunen) tar selv ansvar for bestilling av nødvendig utstyr og infrastruktur for lading knyttet til nytt kaianlegg. Eventuelt samarbeid med andre (kollektiv-)brukere gir muligheter for å kunne dele anleggsbidraget. For energitilgang må det opprettes nettleieavtale med nettselskap (Mørenett) med relevant effektledd for ønsket uttak. Fastprisavtale på strøm vil være å foretrekke for forutsigbarhet i en tid med høy prisvolatilitet for elektrisk energi.
- **Havna** (Ålesundregionens havnevesen) tar på seg ansvaret for å bestille, drifte og vedlikeholde ladeinfrastrukturen for Langevågsbåten, i kombinasjon med å tilby denne infrastrukturen for et større område av havna. Dette kan potensielt gi større synergier i form av muligheter for sambruk med andre aktører. Havnevesenet etablerer avtale med nett- og energiselskap, samt tilbyder av ladeanlegg, og videreselger tilgang på energi med strømvavtale til fastpris⁸ som del av en større leiekostnad for tilgang på infrastruktur ved havnen.

Ålesund havnevesen opplyser at det allerede eksisterer versjoner av det siste alternativet, og at dette er en modell de ser for seg blir enda mer aktuell i framtida. Det er usikkert om havnevesenet også vil ta på seg drift og utbygging av ladeinfrastruktur på Langevåg-sida.

Risiko- og usikkerhetsmomenter

Selv med dagens oppgraderinger til 32 MVA kapasitet ved cruisebåthavna kan man på sikt forvente kapasitetsutfordringer i området ved Rutebilstasjonen, og siden utbygging av ny kapasitet tar lang tid er det viktig å tydeliggjøre behovet til nettselskapet så tidlig som mulig i planleggingsfasen. Det er estimert framtidige effekttopper som følge av 2 store cruiseskip + andre brukere, men med full elektrifisering av både maritim og vegtransport kan man se for seg at kapasiteten til lokale nettstasjoner fort blir utfordret. Det er også usikkert hvor mye ledig kapasitet som finnes i nærmeste regionalnett for framføring av mer lokal

⁸ Eksempelvis 1,60-1,70 kr/kWh – tall fra Ålesund havn for eksisterende avtaler

kapasitet. Effekttopper er av begrenset varighet, og f.eks. cruiseskip vil ha mulighet til å kobles ut på kort varsel og kjøre egne generatorer ved krisesituasjoner. For hurtigbåtinfrastruktur er det vanligvis ikke rom for slike utkoblingsavtaler, som gjør at man ikke kan dra nytte av rabatter knyttet til dette i effektledet i strømvartalen.

5.2 Pendelferge – Kristiansund



Figur 17: Indre havn i Kristiansund, rute og konseptskisse (høyre) for pendelfergen. Sundbåten anløper i dag Piren, hvor det også er gjestebrygge. Nytt anløp ved framtidig Campus Kristiansund vurderes. Foto: Google Maps & Møre Maritime

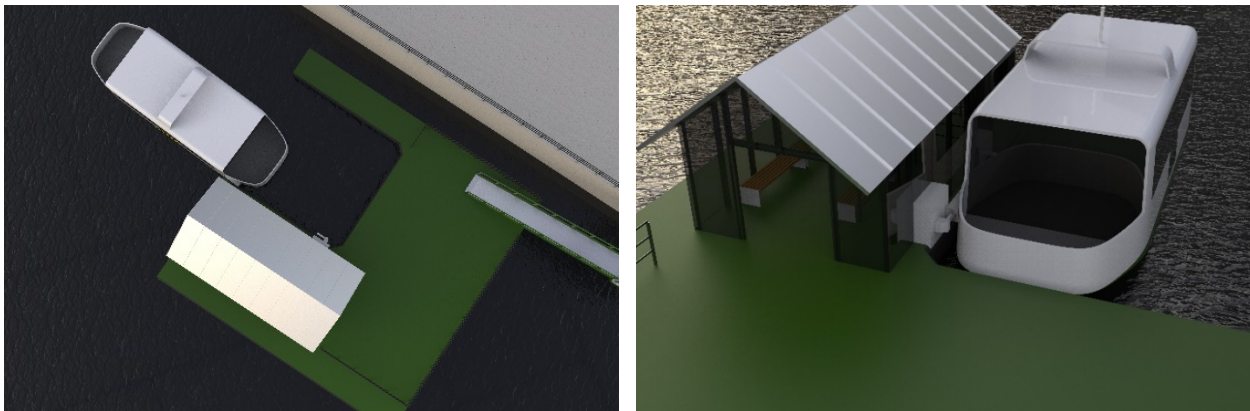
Den autonome pendelfergen mellom Kirkelandet (sentrum) og Nordlandet er et samband som per dags dato ikke eksisterer. Passasjertrafikk i havnebassenget i Kristiansund trafikkeres av tradisjonsrike Sundbåten, som i dag anløper Piren på Kirkelandet, Nordlandet, Gomalandet og Innlandet. Sundbåten ligger ved Devoldholmen (ca. 250 m nord for Piren) om natten. En framtidig pendelferge er ikke tenkt å erstatte, men heller fungere som et supplement for Sundbåten, og de konseptuelle løsningene for pendelfergen skal i utgangspunktet ikke ta utgangspunkt i eksisterende kai for Sundbåten. Det er likevel trolig synergier å hente ved å dele noe infrastruktur (f.eks. ladeanlegg) ved Piren med Sundbåten, som også planlegger framtidig elektrisk drift [35]. Samtidig vurderes det om Sundbåten i framtida skal flytte sine anløp på Kirkelandet til Devoldholmen og framtidig Campus Kristiansund (Figur 17), når første byggetrinn etter planen står ferdig i 2024. Det forventes at Campus-etableringen og omstrukturering av kollektivtransport i Kristiansund (bl.a. nye bussruter), vil føre til merkbare endringer i mobilitetsmønsteret i Kristiansund sentrum, og pendelfergen kan bli en naturlig del av dette.

5.2.1 Dokking og ombordstigning

Basert på samtaler med industrien må også løsningen for dokking og ombordstigning for pendelfergen være skjermet mot bølger og vind for å minimere skipsbevegelser. Her kan spesielt Nordlandet være krevende, særlig ved vind fra sørvest. I tillegg må kailøsningen være robust, dvs. at den har såpass lav kompleksitet at man kan eliminere bort de fleste feilkildene.

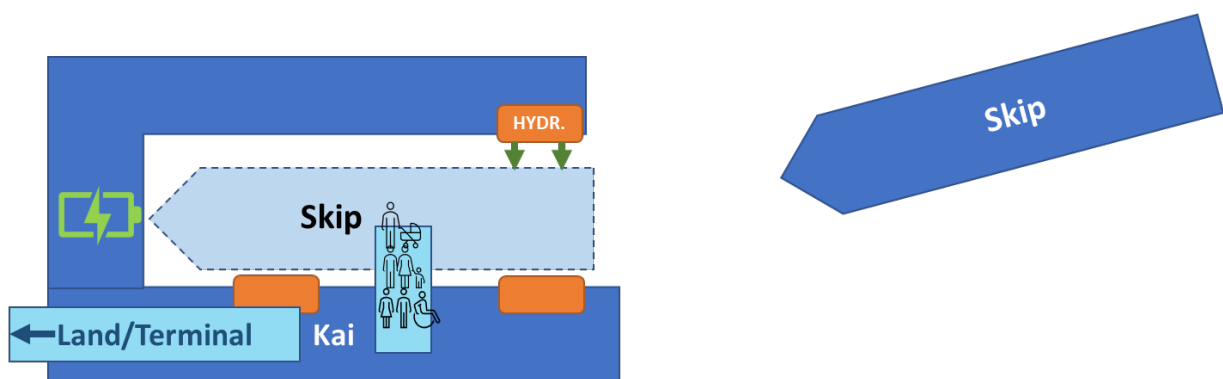
Kailøsningen som anbefales er en **flytende «hestesko»-utforming («C»-form)** som muliggjør at man kan låse inn skipet fra begge sider og at baugen kjører helt inn på et spor. Dette forenkler også oppgaven med å posisjonere skipet riktig, slik at intrikate sensorsystemer ikke nødvendigvis vil være påkrevd. Det at skipet

"låses" i posisjon bidrar også til en tryggere og mer effektiv ombordstigning, samt at lading kan foregå uten for stor risiko for avbrudd.



Figur 18: Konseptuell løsningsforslag for pendelfergen i Kristiansund med flytekai i "C"-form og dokkingløsning. Illustrasjon: Møre Maritime.

Selve dokkingen skjer med en kombinasjon av en mekanisme som holder skipet fast i baugen (gjerne mekanisk) og puter langsips ved hekkparti som holder skipet inntil kai, se Figur 19. En av putene er bevegelig og hydraulisk styrt slik at man tillater noe rom for manøvrering å forenkle navigering inn i «hesteskoen», spesielt under dårlige værforhold. Plassering av en slik løsning burde være relativt uproblematisk for begge anløpssteder (Nordlandet og Kirkelandet) og vil tåle tidevannsforskjeller pga. flytende design. Den vil også bidra til å ivareta trygg og effektiv av- og påstigning av passasjerer ved maksimal kontakt mellom skip og kai.

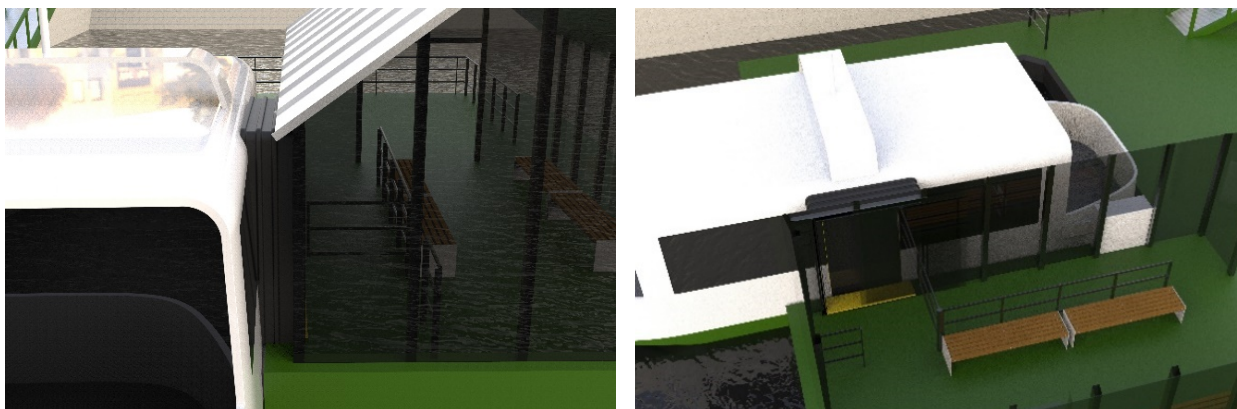


Figur 19: Mulig løsning for auto-dokking med puter langsips, prinsipp-skisse.

Assistert av posisjoneringssystemet består dokking-proseduren av å manøvrere skipet inn i «hesteskoen» slik at den kan låse seg automatisk. Alt som er utsatt for vær eller uønsket manipulasjon, som f.eks. sensorer, må være beskyttet. Plassering av slike sensorer bør derfor helst ikke være på kaisiden, i tilfelle kun som reserveløsning.

Ombordstigning må være brukerfokusert og designet slik at sannsynlighet for klemskader og mann-overbord blir betydelig redusert, og enkel på- og avstigning må garanteres. Basert på samtaler og workshoper med leverandører av slike systemer, anbefales en **lukket løsning med sluse** og ombordstigning på langsiden, se Figur 20. Aktivisering av slusen – og dermed av- og påstigning – anbefales kun når skipet er helt låst for å minimere fare for klemskader og at passasjerer faller i vannet. Det er også foreslått bygging av et terminalbygg for pendelferge ved kaifront for å ivareta en passasjervennlig overgang til/fra buss. Potensielt

kan også deler av gangvei fra terminalbygg til kaianlegg være overbygd for å skjerme brukerne mot være (ikke vist i illustrasjonene).



Figur 20: Konseptuell løsningsforslag for ombordstigning med lukket design for pendelfergen.
Illustrasjon: Møre Maritime.

5.2.2 Passasjersikkerhet

Med bemanning på én person vil vedkommende i den innledende læringsfasen fungere som både navigatør og sikkerhetsansvarlig [1]. Ved en kritisk situasjon som krever interaksjon med passasjerene vil hovedfokuset ligge på passasjersikkerhet, og en av fartøyets forhåndsdefinerte fall-back funksjoner vil aktiveres (f.eks. hold posisjonen) for nettopp å frigjøre personen fra navigasjonsoppgaver. Etter hvert som kontrollromsløsningen fases inn, vil navigatøransvar i kritiske situasjoner (og ellers) bli overtatt av kontrollrommet.

For at en person skal kunne håndtere evakueringen av fartøyet er det fordelaktig å benytte seg av systemer som automatisk mobiliserer og klargjør evakueringsløsningen, som oppblåsbare sklier med integrerte redningsflåter som utløses ved hjelp av en knapp (fra bro, eller på sikt fra et kontrollrom). Slike system kan integreres i skutesiden av fartøyet, rett ved en mønstringsstasjon. Mønstringen i seg selv støttes av instruksjonsvideoer som vises kontinuerlig i passasjerområdet og anvisninger over høyttaleranlegget. Fartøyets arrangement er designet slik at det skal være lett å ha oversikt over hvor passasjerene oppholder seg [3], noe som antas å ytterligere støtte effektiv mønstring. Et automatisk tellesystem for personer som border redningsflåtene i kombinasjon med et system som overvåker av- og påstigning ved stoppestedene vil kunne opprettholde status for passasjertelling, og dermed også muliggjøre rapportering av status for selve evakueringen.

Det er også anbefalt at bemanningen er utstyrt med bærbar VHF for å ivareta muligheten til å kommunisere med redningsetater og øvrige aktører i en kritisk situasjon. De antatt mest kritiske situasjonene i denne sammenhengen er brann og en evakuering, der personen sikkerhetsansvarlig om bord vil har betydelige oppgaver relatert til passasjerhåndtering, som vil kreve hans fulle oppmerksomhet. Denne utfordringen håndteres ved å begrense kommunikasjonen utad til varsling om hendelsen (type hendelse, lokasjon om bord, varsling om at evakueringen igangsettes), samt ved bording av redningsflåten og kapping av fortøyning (status passasjerer). Kommunikasjon underveis er fortsatt mulig, men skal bare skje unntaksvis.

Det er viktig å påpeke at beslutningen om evakuering bare tas dersom det ikke vil være mulig å unngå å forlate fartøyet. Pendelfergen er foreslått utstyrt med et fremdriftssystem med full redundans [25].

Operasjonsområdet for pendelfergen vil alltid være i umiddelbar nærhet av et anløpssted. En evakuering ved hjelp av redningsflåtene vil dermed som hovedregel kunne unngås ved å legge til nærmeste kai.

Sikker av- og påstigning ivaretas ved bruk av sluseløsninger og inngjerdede gangveier (se Figur 16 til venstre og Figur 20 til høyre). Dette, i kombinasjon med en lukket utforming av passasjerområdet (dvs. ingen fritt tilgjengelig soldekk), vil eliminere muligheten for at passasjerer kan falle/hoppe over bord. Dersom fartøyet skulle oppdage en person i sjøen vil den markere posisjonen, kaste ut en livbøye og varsle redningsetatene. Siden responstiden til redningsetaten i operasjonsområdet er svært kort (< 5 minutter) vil selve berging av personen i vannet kunne overlates til dem.

Ved overgangen til autonom operasjon vil alt navigatøransvar og ansvar for kommunikasjon med redningsetatene gå over til kontrollrommet. Denne overgangen vil redusere oppgavene til personen om bord og sådan gi hen mulighet til å fokusere utelukkende på passasjerhåndteringen. Kontrollsentret vil måtte bistå redningsetatene med å etablere en tilstrekkelig situasjonsforståelse, evt. kan denne funksjonen ivaretas av en dedikert beredskapsaktør. For nærmere beskrivelse av ansvar- og rollefordeling mellom skip og kontrollrom se delrapport L3.1 [24]. I tillegg til generell informasjon om skipet (f.eks. fremdriftstype) må kontrollsentret eller beredskapsaktør bl.a. kunne gi informasjon om hendelsestype (brann, grunnstøting, vanninntrenging, etc.), status for sikkerhetssystem om bord (evakuering iverksatt, slukningssystem utløst, etc.), status for passasjerer (totalantall, antall skadde, ikke gjort rede for, etc.), status for fremdriftssystem (mulighet til å flytte fartøyet, ankre opp, etc.). Dette krever tilstrekkelige instrumentering med sensorer og sikker og redundant kommunikasjon med skipets kontrollsystem.

5.2.3 Energitilførsel

NEAS, Kristiansund og Nordmøre Havn (KNH) og aPOINT har nylig gjennomført en utredning av framtidig behov og mulighetsrom for elektrifisering i havneområdet i Kristiansund [33]. Konklusjonen er at det per 2022 generelt er for lite kapasitet i lokalt kraftnett til å dekke forventede behov for landstrøm og ladeinfrastruktur for ulike skipssegmenter fram mot 2030. Spesielt ved Devoldholmen og rundt framtidig Campus Kristiansund er det knyttet stor usikkerhet til kommende kapasitetsbehov, herunder hvilke synergier man kan se for seg å utnytte mellom fleksible konsumenter. På sikt må man belage seg på å framføre mer kapasitet fra nærmeste tilkoblingspunkt for regionalnettet (nettstasjon Øvrevågen), og en ny kraftig nettstasjon på Devoldholmen vil kunne være muliggjørende for framtidig elektrifisering i deler av indre havn.

Effektbehovet for pendelfergen er imidlertid estimert til å være forholdsvis lavt (ca. 100 kW), og planlagt uttak er over natten, så dette behovet i seg selv burde ikke utfordre eksisterende kapasitetsbegrensninger for området. Heretter diskuteres muligheter og utfordringer knyttet til lading over natten ved Piren som hjemmehavn, og det henvises til KNH, NEAS og aPOINT for utfyllende info om nettkapasitet for havneområdet som helhet.

Behov for oppgraderinger (Kirkelandet / Piren)

Mellom Piren og Mørekaia / Campus Kristiansund finnes det i dag ingen infrastruktur for energitilførsel utover 230 V uttak. I ovennevnte rapport [33] (og gjennom samtaler med NEAS, KNH og aPOINT) fremkommer det at det kan være aktuelt å plassere et framtidig ladepunkt for gjestebryggen ved Piren, og at det her i dag eksisterer et skap med 230 V-uttak og ca. 120 kW ledig kapasitet. Med tanke på at denne kapasiteten skal kunne deles av flere, framstår dagens kapasitet som noe lav for å sikre pålitelig energitilførsel for en framtidig pendelferge. Det vil også være behov for å oppgradere til tre-fase 400 V for

å sette opp én eller flere hurtigladerpunkt på kai eller flyter, som potensielt også kan brukes som ladepunkter for andre småbåter, gjester, eller biler ved nærliggende parkeringsplasser.

For å legge til rette for "mariniserte" hurtigladere ved Piren / gjestebrygga bekrefter lokalt nettselskap (Mellom) i samtaler at det fortsatt er behov for oppgraderinger av tilsvarende omfang som nevnt i mulighetsstudien for elektrisk Sundbåtdrift fra 2015 [36]. Dette inkluderer

- oppgradering av nærliggende nettstasjon N19 i Rådhuset i form av ny tavle, samt montering av ny (400 V) transformator med kapasitet på f.eks. 500 kVA.⁹
- graving / grøfting fra Rådhuset for å legge tre-fase 400 V-tilførsel ut til kaia.

Oppgradering til 400 V kan gjøres i kombinasjon med å øke kapasiteten, f.eks. til 2 x 100-150 kW hurtigladere, med CCS2 plugg (personbil standard) og manuell tilkobling til bruk over natten, noe som vil være tilstrekkelig for den anbefalte ladesyklusen for pendelfergen [25]. Spesifikke maritime / flytende ladeløsninger for småbåter eksisterer (f.eks. *Supercharge*), med ett eller flere CCS2-uttak på 100-200 kW, hvor ladekabel er montert og automatisk trekkes inn på en måte som minimerer sjansen for kontakt med saltvann, se Figur 21.



Figur 21: Flytende ladestasjon 100-200 kW, med to stk. CCS2 tilkobling fra Supercharge. Foto: Supercharge

For eventuelle tilkoblingspunkt lenger nord langs Vågekaia opp mot framtidig Campus Kristiansund, vil framtidige løsninger avhenge av andre behov ved Campus-området, som fortsatt er noe uavklart.

Da pendelfergen kun vil ha behov for ladekapasitet om natten kan det være aktuelt å vurdere synergier med andre brukere i området som kan bruke anlegget på dagtid, og således være med å dele på anleggsbidraget. Spesielt aktuelt er kanskje utbygging av ladeanlegg i samarbeid med KNH og/eller andre aktører som ønsker å tilby hurtiglading ved kaia. Pendelfergen (og Sundbåten) vil da kunne bruke kapasiteten om natten, mens andre aktører kan bruke samme infrastruktur på dagtid. Det forutsetter at brukstilgang og sikkerhet for tilgjengelig energitilførsel når det trengs nedfelles i avtaler med energileverandør eller relevante mellomledd.

Det vil også være behov for å planlegge en reserveløsning i tilfelle hurtigladeren på Piren skulle være ute av drift i kortere perioder. En mulighet er å etablere et tilsvarende ladepunkt på Nordlandskai (redundans). Ulempen er at denne laderen for det meste vil stå ubrukt med mindre man finner andre brukere som ønsker å samkjøre bruk av denne infrastrukturen (og eventuelle anleggsbidrag for montering). Et enklere (og trolig billigere) alternativ vil være å inngå avtale med KNH eller andre brukere av ladeløsninger i nærheten om redundant forsyning fra andre nærliggende uttak, f.eks. ved Devoldholmen (hvor dagens Sundbåt ligger over

⁹ kVA tilsvarer kW + reaktiv effekt / tap i det elektriske systemet, så brukbare kW er alltid noe mindre enn kVA-rate.

natten) eller gjestehavna i Vågen. Her vil det på sikt være mulig å etablere flere hurtiglader for båter med standardiserte ladeplugg.

Kostnadsmodell for energitilførsel

Man kan se for seg to ytterpunkter for avtale om energitilførsel til pendelfergen

- **Operatør/reder** (Fylkeskommunen) tar selv ansvar for bestilling av nødvendig utbygging fra ladeleverandør, samt bestilling av kapasitet og innkjøp/montering/vedlikehold av hurtiglader (flytende eller på kai). Dette inkluderer å opprette kontakt med andre brukere for eventuell deling av infrastruktur og kostnader. Ved opprettelse av nettleieavtale med nettselskap (Mellom) vil man måtte vurdere nettleiemodell (i dette tilfellet over 100 000 kWh/år), effektledd for 100 kW uttak, eventuelt med rabatterte tariff for fleksibelt forbruk / tilkobling med vilkår (selv om en mulig utkobling ved kapasitetsproblemer i nettet sannsynligvis ikke vil være akseptabelt for denne type virksomhet), i samråd med andre brukere under samme avregningsmåler. Fastprisavtale på strøm vil gi forutsigbarhet i en tid med høy prisvolatilitet for elektrisk energi.
- **Et mellomledd** (f.eks. Kristiansund og Nordmøre Havn eller andre leverandører) tar på seg ansvaret for å bygge ut, drifte og vedlikeholde landstrøm- og ladeinfrastruktur for et større område av havna, samt etablerer avtale med nettselskap. Operatør av pendelfergen vil kunne inngå avtale om energitilførsel som del av leiekostnad i konsesjonsperioden, samt energiavtale til fastpris.¹⁰ En slik avtale må også inkludere redundans-systemer ved Devoldholmen, Nordlandet eller andre steder.

Risiko- og usikkerhetsmomenter

Allerede i dag kan man forvente kapasitetsutfordringer på energitilgang i indre havn i Kristiansund i årene framover, og siden utbygging av ny kapasitet tar lang tid er det viktig å tydeliggjøre behovet så tidlig som mulig i planleggingsfasen, så nødvendig utbygging kan starte. Nye Campus Kristiansund utgjør et betydelig usikkerhetsmoment knyttet til endring i mobilitetsmønster, og dette vil kunne påvirke valg av anløp for pendelfergen og tilgjengelig ladekapasitet her.

¹⁰ f.eks. 1,60-1,70 kr/kWh – eksempel fra eksisterende avtaler hos Ålesund havn.

6 Konklusjon

I denne delrapporten har det blitt gjennomgått konsepter for sikker dokking og ombordstigning, passasjersikkerhet, og krav til infrastruktur på landsida for å realisere autonom utslippsfri sjøveis passasjertrafikk. Spesielt viktige aspekter er knyttet til **håndtering av passasjersikkerhet og evakuering** i en nødsituasjon, hvor både regelverk og teknologi setter begrensninger mtp. reduksjon av bemanning. Også innen **automatisk dokking** er det behov for ny teknologi (f.eks. auto-mooring løsninger tilpasset mindre skip) for å realisere autonom operasjon, og mange løsninger er fortsatt på teststadiet. **Sikker energitilførsel** i form av automatiske ladesystemer finnes det flere eksempler på, med etter hvert etablerte (og relativt modne) løsninger som kan tas i bruk i dag. På veien til autonom operasjon må systemene gjennom en læringsfase, hvor det i dag eksisterer til dels stort behov for teknologiutvikling, testing og validering. Eksempler på konseptuelle løsningsforslag er:

- Dokking og ombordstigning kan i stor grad forenkles ved bruk av flytekai for å håndtere tidevannsforskjeller. Sluseløsninger og inngjerdede gangveier er anbefalt for å unngå at personer faller i sjøen. Pendelferger (eks. brukercase i Kristiansund) kan holdes fast i posisjon ved bruk av «C»-formet kai, mens en «T»-formet kai framstår som beste løsningsforslag for hurtigbåter (brukercase i Ålesund).
- Automatisk manøvrering til kai (auto-dokking) kan realiseres ved å validere kommersielt tilgjengelige løsninger for den aktuelle skipstypen.
- Automatisk fortøyning/sikring (auto-mooring) av skip til kai har et stort utviklingsbehov før realisering av autonom operasjon kan oppnås. Et konseptuelt løsningsforslag er gitt ifm. pendelfergen. Det er betydelig usikkerhet rundt en mulig tilpasning av vakuumbaserte fortøyningsprodukt laget for større skip, som ellers kunne være en mulig løsning også for mindre passasjerskip.
- Passasjersikkerhet under autonom operasjon kan gjøres tryggere ved hjelp av et oversiktlig dekkarrangement, én-knapps evakueringsystem med lukkede sklier og redningsflåter festet i skliene, samt et automatisk passasjertellesystem. Kontrollsenteret kan bistå med kommunikasjon med redningsetatene for å avlaste sikkerhetsoffiseren ombord. Det vil være viktig å sørge for tilstrekkelig instrumentering og sensorikk for å kunne etablere riktig situasjonsforståelse ved uhell.
- Mønstring og evakuering i nødsituasjoner er spesielt utfordrende å automatisere på grunn av menneskelige faktorer og representerer en betydelig barriere for realisering av autonome løsninger. Høyeste realiserbare autonomigrad inkluderer derfor én sikkerhetsansvarlig om bord i overskuelig framtid.

Elektrisk energitilførsel fra landsiden gjøres allerede i dag på en sikker og pålitelig måte for mange batterielektriske fartøy. Autonom drift utgjør ingen særfor skjeller i så måte, men det anbefales i størst mulig grad automatiserte (plugg eller induktive) ladeløsninger der det er behov for hyppig lading (for eksempel hver rundtur). I tillegg kan det oppsummeres for energitilførsel:

- Det finnes standardiserte ladeløsninger med lav effekt som er godt egnet for saktegående fartøy (som pendelfergen i Kristiansund). Disse innebærer typisk manuell håndtering av kabler, mens automatiske systemer (induktivt eller pluggbasert) gjerne må spesialtilpasses.
- For større effektbehov for hurtiggående fartøy (som hurtigbåt i Ålesund) kan automatiske ladeløsninger brukt for ferger i dag trolig tilpasses til hurtigbåt.
- Det er stor forskjell på energitilgangen ved ulike havner, og kapasitetsbehov bør avklares med lokalt nettselskap på et tidlig stadium for å sikre at ladeeffekten bygges tilstrekkelig ut.

7 Referanser

- [1] Holte, E.A., Wenersberg, L.A.L., (2021), [Smartere Transport – Møre og Romsdal: L2.2 Valg av autonomigrad for fartøyskonsept](#), SINTEF Ocean rapport OC2021 A-044, ISBN 978-82-7174-415-1
- [2] Holte, E.A., Wenersberg, L.A.L., Pobitzer, A., (2020), [Smartere Transport – Møre og Romsdal: L4.3 Sikre transportløsninger](#), SINTEF Ocean rapport OC2020 A-043, ISBN 978-82-7174-382-6
- [3] Borgen, H., Holte, E.A., Pobitzer, A., (2021), [Smartere Transport – Møre og Romsdal: L2.1 Skalerbare fartøyskonsept](#), SINTEF Ocean rapport OC2021 A-061, ISBN 978-82-7174-420-5
- [4] <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx> og <https://www.tu.no/artikler/verdens-forste-helt-autonome-fergeseilas-gjennomfort-teknologien-er-100-prosent-klar/452610>. 2021-03-11.
- [5] <https://www.wartsila.com/smartmove#SmartDock> og <https://www.wartsila.com/insights/article/auto-docking---a-giant-leap-for-passenger-vessels> og <https://www.wartsila.com/insights/article/dynamic-positioning-is-becoming-increasingly-dynamic>. 2021-03-12.
- [6] <https://www.wartsila.com/media/news/13-01-2021-ship-control-redefined-wartsila-smartmove-suite-sets-sail-with-the-american-steamship-company-2843995>. 2021-03-15.
- [7] <https://smartmaritimenetwork.com/2020/02/13/basto-fosen-vi-ferry-completes-automated-journey/>. 2022-08-19.
- [8] https://www.yanmar.com/global/about/technology/vision2/auto_navigation_docking_system/. 2022-08-19.
- [9] <https://www.volvopenta.com/marine/accessories/assisted-docking/>. 2022-08-19.
- [10] <https://www.tu.no/artikler/folgeforn-bli-er-verdens-forste-ferge-med-automatisk-fortoying-og-induksjonslading/349006>. 2021-03-11.
- [11] <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/>. 2021-03-11.
- [12] <https://www.macgregor.com/intelligent-solutions/automated-mooring-system/>. 2021-03-11
- [13] <https://automooringsolutions.com>
- [14] "Design of a Small Autonomous Passenger Ferry", MSc thesis, 2017. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2455255>. & <https://www.ntnu.edu/autoferry>
- [15] "Design av et automatisk dokkingsystem for en liten autonom passasjerferge", Bacheloroppgave, NTNU, 2019, <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2613407>
- [16] Hydrolift Smart City Ferries, <https://hydroliftsmartcityferries.com>, Hyke
- [17] <https://niklashagemann.cargo.site/Roboat-latching>
- [18] <https://roboat.org/technology/>
- [19] <https://www.maritime-executive.com/article/first-autonomous-navigation-and-berthing-test-on-a-containership>. 2022-08-03.
- [20] Se f.eks. <http://www.undertun.com/motion-compensating-gangways-and-access-systems/products/specialist-equipment/>. 2021-03-12.
- [21] Sjøfartsdirektoratet, rundskriv [Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift](#), 2020
- [22] Se f.eks. produktside [Viking Undertun](#), 2022-08-21
- [23] Se f.eks. produktside [Secumar SECULIFT LWS25](#), 2022-08-21
- [24] Wenersberg, L.A. og Holte, E.A., (2022), Smartere Transport – Møre og Romsdal: L3.1 Landbasert kontrollrom, SINTEF Ocean rapport OC2022 A-047, ISBN 978-82-7174-437-3

-
- [25] Stenersen, D., (2022), Smartere Transport – Møre og Romsdal: [L2.3 Framdrifts- og energisystem for eit autonomt fartøy](#), SINTEF Ocean rapport OC2022 A-002, ISBN 978-82-7174-430-4
- [26] Thema CG, SINTEF, LMG Marin, "[Klimasats forprosjekt: Utslippsfritt Hurtigbåtanbud – Sluttrapport](#)", 2021
- [27] Se f.eks. Tomaszewska, Anna, et al. "[Lithium-ion battery fast charging: A review.](#)" *ETransportation* 1 (2019): 100011.
- [28] https://www.stemmann.com/en/products/charging_systems/ferrycharger
- [29] Hydrolift Smart City Ferries, <https://hydroliftsmartcityferries.com>, Hyke
- [30] Brekke Strand, 2020 - [Støymålinger elektrisk ferge. Eksempel fra sambandet Hjellestad-Klokkarvik](#)
- [31] [Norwegian Electric Systems - Scandlines orders onshore ferry charging system from NES](#)
- [32] Rambøll, [Infrastruktur for fremtidens hurtigbåt – Rapport](#), bestilt av Trøndelag fylkeskommune 2019
- [33] NEAS, KNH, aPOINT (2022) – Forprosjekt Elektrifisering av Kristiansund Havn
- [34] <https://plugport.no/2021/06/11/psw-power-automation-and-shorelink-to-deliver-shore-power-installation-in-alesund/>
- [35] Pilot-E-prosjekt i regi av Kristiansund Kommunale Sundbåtvesen, Maritime Robotics og Arkitektøgskolen i Oslo.
- [36] Kristiansund Kommunale Sundbåtvesen KS, Sivilingeniør Jørgen Rødseth: Batteridrevet Sundbåt i Kristiansund. Forprosjekt. Et prosjekt støttet av Enova. Desember 2015.