

Beregnet til  
**Skyss**

Dokument type  
**Rapport**

Dato  
**Januar 2021**

# ELEKTRISKE BYBÅTER I BERGEN

## HURTIGBÅTER TIL ASKØY (KLEPPESTØ) OG ALVER (KNARVIK/FREKHAUG)



# ELEKTRISKE BYBÅTER I BERGEN HURTIGBÅTER TIL ASKØY (KLEPPESTØ) OG ALVER (KNARVIK/FREKHAUG)

Oppdragsnavn **Elektriske bybåter i Bergen**  
Prosjekt nr. **1350041567**  
Mottaker **Skyss**  
Dokument type **Rapport**  
Versjon **1,01**  
Dato **31.01.2021**  
Utført av **Lars Ole Ødegaard, Dag Øvrebø, Bente Karlsen, Ruben Skarbøvik, Gunnar Tørnqvist, Christoffer B. Jensen**  
Kontrollert av **Magne Fjeld**  
Godkjent av **Lars Ole Ødegaard**  
Beskrivelse **Elektriske bybåter i Bergen. En vurdering av infrastruktur og tiltak for å kunne elektrifisere sambandet til Askøy og og vurdering av sambandet til Nordhordland. Videre en kostnadsregning av forskjellige kombinasjoner av ladesteder og type ladeinfrastruktur for hurtiglading og saktelading (nattlading) av hurtigbåter.**

Rambøll  
Harbitzalléen 5  
Postboks 427 Skøyen  
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00  
<https://no.ramboll.com>

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>4</b>
<b>1. Innledning og bakgrunn</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn for oppdraget	7
1.2 Oppgaven	8
1.3 Gjennomføring	8
1.4 Oppbygging av rapporten	8
<b>2. Ladetider, ladeeffekter, batteristørrelser, ladesykluser, batterilevetid.</b>	<b>10</b>
2.1 Litt batterihistorie.	10
2.2 Dimensjonering av batterier i en båt	10
2.3 Fremtid	12
<b>3. elektrifisering og Rutetider</b>	<b>13</b>
3.1 Strandkaien – Kleppestø	13
3.2 Nordhordaland sambandet Bergen – Frekhaug - Knarvik	15
<b>4. Ladeinfrastruktur</b>	<b>17</b>
4.1 AC eller DC	17
4.2 Infrastruktur på land – kraftelektronikk	17
4.3 Kommunikasjon	18
4.4 Fysisk tilkobling	18
4.4.1 Manuell ladeplugg	18
4.4.2 Automatisk plugg	19
4.4.3 Pantograf	20
4.4.4 Trådløs lading	22
4.4.5 Lading og bølgebevegelser.	22
4.5 Standardisering.	23
4.6 Oppsummering ladeinfrastruktur.	23
<b>5. Nødvendig tiltak i havneområdene</b>	<b>25</b>
5.1 Havneområdene	25
5.1.1 Installasjoner og tiltak nødvendig for elektrifisering	25
5.1.2 Hensiktsmessig kaianlegg	25
5.2 Kleppestø kai	26
5.2.1 Møter med Askøy kommune	26
5.2.2 Mengde strøm tilgjengelig	27
5.2.3 Reguleringsmessige forhold.	27
5.2.4 Lading på Kleppestø og bruk av kai(er)	28
5.3 Knarvik kai	28
5.3.1 Møter med Alver kommune	29
5.3.2 Mengde strøm tilgjengelig	29
5.3.3 Reguleringsmessige forhold	29
5.4 Strandkaien Bergen	31
5.4.1 Mengde strøm tilgjengelig	31
5.5 Reguleringsmessige forhold på og rundt Strandkaien	32
5.5.1 Kommuneplanens arealdel KPA 2018. Bestemmelser	32
5.5.2 Strategi for sjøfronten i Bergen sentrale deler (under behandling)	33
5.5.3 Reguleringsplan for Vågen, kaiene og bryggen	33
5.5.4 Sentrale bestemmelser til planen	34
5.6 Møter med myndigheter i Bergen	35
5.6.1 Tilbakemelding fra plan og bygningsetaten	35

5.6.2	Tilbakemelding fra VL fylkeskommune, seksjon for kulturarv	36
5.6.3	Lading på Strandkaien	36
5.6.4	Videre prosess	38
<b>6.</b>	<b>Kaier</b>	<b>39</b>
6.1	Valg av ladekai	39
6.2	Ladeinfrastruktur på Strandkaien	39
6.3	Lading fra fast kai	39
6.4	Lading fra flytende kai	40
6.5	Utforming av flytekaier, eksempler	41
6.6	Utnyttelse av volum i flytekaier	43
6.7	Grunnlag for kostnader.	45
6.7.1	Strandkaien	45
6.7.2	Kleppestø og Knarvik	46
6.8	Plassering av ladeinfrastruktur på kai	47
<b>7.</b>	<b>Gjennomførbarhetsvurdering</b>	<b>50</b>
7.1	Risikovurdering	50
7.2	Strandkaien	51
7.2.1	Tidsfrister for saksbehandlingstid byggesøknad.	52
<b>8.</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>53</b>
8.1	Strandkaien	53
8.2	Askøy (Kleppestø)	53
8.3	Nordhordlandssambandet (Knarvik/Frekhaug)	53

## FORORD

Skyss har fått i oppdrag å elektrifisere hurtigbåten til Askøy og vurdere elektrifisering av hurtigbåten til Knarvik. Rambøll Norge AS har gjennomført denne utredningen.

Hos Skyss har kontaktpersoner vært Einar Aalen Hunsager og Aleksander Bjørøy.

Hos Rambøll Norge AS har Lars Ole Ødegaard vært prosjektleder. Fagansvarlige har vært Bente Karlsen (Byplanlegging og arkitektur), Dag Øvrebø (Energi og batteri), Ruben Skarbøvik (Landstrøm og nettilgang), Gunnar Tørnqvist og Christoffer B. Jensen (Havnekonstruksjoner)

Bergen 31/1-2021

## SAMMENDRAG

Askøybåten kan elektrifiseres med lading enten å Strandkaaien eller på Kleppestø. Nordhordlandsbåten anbefales ikke elektrifisert med dagens batteriteknologi, eksisterende rutetabell og hastighetsbegrensning i Vågen. Nordhordlandsbåten krever en hybridløsning.

### Strandkaaien

- På Strandkaaien er det mulig å legge frem tilstrekkelig energi til hurtiglading innenfor en rimelig kostnadsramme.
- Strandkaaien kan være mulig ladepunkt for Askøybåten.
- Strandkaaien kan være mulig ladepunkt for Askøybåten og Nordhordlandsbåten som hybrid.
- Begge båtrotene kan lades med pantograflading, enten samtidig eller hver for seg.
- Pantograflading på Strandkaaien krever flytekai(er).
- Kabelkontaktlading kan være en løsning for Askøysambandet hvis man enten bruker 3 kontakter eller tillater økt hastighet fra 5 til 7 kn i Vågen.
- Kabellading på Strandkaaien kan skje fra flytekaier eller fra land. Kabelladetårn på land er større enn kabelladetårn på flytekai.
- Nordhordlandsbåten kan lades med dobbel kabelkontakt.
- Fra et kulturminnesynspunkt vil det være en stor fordel om nettstasjon og likeretter(e) kan plasseres inne i Strandkaia-terminalen.
- Ladeinfrastruktur på kaien, enten det er et kabelladetårn på fast kai eller pantografer eller kabelladetårn på flytende kaie(er), er ikke i tråd med eksisterende reguleringsplan og representerer en mulig gjennomføringsrisiko.

### Askøybåten (Kleppestø)

- Askøysambandet kan elektrifiseres.
- Det er tilgjengelig tilstrekkelig energi for hurtiglading både på Strandkaaien og på Kleppestø. (2,8 MW)
- Pantograflading fungerer med 2 x 1,5 MW. Kabellading kan fungere enten med 3 plugg a 1,2 MW eller økt hastighet fra 5 til 7 kn i Vågen. Da trengs det 1,9 MW ladeeffekt.
- Hurtiglading kan tilrettelegges fra flytende kaier. Kaistørrelse avhenger av lademetode. To pantografer krever en større flytekai enn kabellading via et kabeltårn.
- Kabellading kan også skje fra eksisterende kai.
- Saktelading (natllading) kan tilrettelegges på eksisterende kai.
- Lading på Kleppestø fra eksisterende kai, krever en midlertidig dispensasjon fra gjeldende reguleringsplan. Når ny reguleringsplan foreligger og eksisterende kai avvikles må ny kai ved Maltvikaneset være klar. Ladeinfrastrukturen må flyttes til ny kai. Det er sannsynlig at eier av ladeinfrastruktur bekoster flytting av denne til ny kai.
- Hvis hurtiglading skjer på Strandkaaien, bør minst 1 av båtene natllade på Kleppestø og starte derfra om morgenen. Det bør vurderes om begge båtene bør ligge på Kleppestø siden retningsfordelingen av passasjerer er primært mot Bergen om morgenen og fra Bergen om kvelden. Da trengs en liggekai i tillegg til kai med passasjerutveksling.
- Hvis hurtiglading skjer på Kleppestø, er det sannsynligvis praktisk at båt nr 2 også ligger på Kleppestø og natllader. Eksisterende kai har plass til både hurtiglading, med eller uten ekstra flytekai, og natllading på motsatt side. Ved flytting til Maltvikaneset må det i tilfelle tilrettelegges med to kaier, en med passasjerutveksling og hurtiglading og en liggekai med natllading. For grovt estimat på kostnader henvises til vedlegg 2.

### Nordhordlandsbåten (Knarvik/Frekhaug)

- Nordhordlandssambandet kan ikke elektrifiseres med dagens tidtabell og hastighetsbegrensning i Vågen. Det blir, selv med 4 MW hurtiglading, for stor utlading av batteriene etter 3,5 turer om morgenen, til at det er tilrådelig med elektrisk drift.
- Med en mindre justering av tidtabell og en litt høyere hastighet i Vågen, kan sambandet sannsynligvis elektrifiseres, dog med en relativt høy utlading av batteriene.
- Økes tiden for en rundtur fra 60 min. til 75 min. kan sambandet elektrifiseres.
- Alternativet er en hybridbåt med en relativt liten Euro 6 dieselmotor i tillegg til batterier. Ladenivå er beregnet til 1,5 MW. Se vedlegg 1 for detaljer.
- I Knarvik er det planlagt oppgradering av nettet, men det må legges nye kabler fra området ved Isdalstø. Det vil være en fordel kostnadmessig om flere konsumenter kan knyttes til ny kabel. Etter oppgradering vil det være nok energi tilgjengelig for hurtiglading.
- Hurtiglading kan tilrettelegges fra flytende kaier. Kaistørrelse avhenger av lademetode. To pantografer krever en større flytekaier enn kabellading via et kabeltårn.
- Kabellading kan skje fra eksisterende kai.
- Saktelading (nattlading) kan tilrettelegges på eksisterende kai.

### Kostnader

Kostnader er avhengig av hvor man lader, hvordan man lader, hvilken nettinfrastruktur man da må legge til rette, om det bygges flytekaier og eventuelt hvor det bygges flytekaier. Flytekaier er generelt en fordel for å redusere størrelse på ladeinfrastruktur, fordi avstanden til ladepunkt(er) på båtene ikke vil variere med flo og fjære.

Kostnader er vist for flere kombinasjoner av lading:

- Hurtiglading av Askøysambandet på Strandkaieren og nattlading på Kleppestø
- Hurtiglading av Askøysambandet og Nordhordlandssambandet (hybrid) på Strandkaieren, nattlading på Kleppestø og i Knarvik
- Hurtiglading og nattlading på Kleppestø
- Hurtiglading og nattlading i Knarvik av en hybridhurtigbåt

På Kleppestø er kostnader basert på at man får en midlertidig dispensasjon fra eksisterende reguleringsplan, dvs at båt(ene) ligger ved og eventuelt lades på eksisterende kai. Når ny reguleringsplan er vedtatt og transformasjonsarbeidet igangsatt, er planen å flytte hurtigbåtene til Maltvikanestet. Det krever bygging av ny eller nye kaier, avhengig av om det kun skal være passasjerutveksling eller i tillegg hurtiglading for 1 båt og nattligge for 1 eller 2 båter.

**Tabell 1 Kostnader. Hurtiglading på Strandkaieren og nattlading på Kleppestø**

<b>Strandkaieren.</b> Hurtiglading av <b>Askøybåten</b> , 2,8 MW	A1: Pantograflading m/1 x flytekaier. Mill kr	A2: Kabellading m/1 x flytekaier. Mill kr	A3: Kabellading på fast kai **) Mill kr
Nettilkobling, nettstasjon, likeretter	10,5	10,5	10,5
Ladeinfrastruktur	2,8	2,5	3
Kaikostnader (1 flytekaier eller fast kai)	29,6	29,6	2
Nattlading på Kleppestø	4,8 *)	4,8 *)	4,8 *)
Uforutsett 20%	9,6	9,5	4,0
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>57,5</b>	<b>56,9</b>	<b>24,1 **)</b>
*) Nivå på nattlading er basert på lange kabelføringer fra eksisterende nett. Kan muligens reduseres noe.			
**) Kabellading til fast kai. Ekstra energi for å holde båt i posisjon er ikke beregnet.			

**Tabell 2 Kostnader. Hurtiglading på Strandkaiaen og nattlading på Kleppestø og i Knarvik**

<b>Strandkaiaen.</b> Hurtiglading av <b>Askøybåten</b> , 2,8 MW og <b>Nordhordlandsbåten</b> hybrid, 1,5 MW	A1: Pantograflading m/2 x flytekai. Mill kr	A2: Kabellading m/2 x flytekai. Mill kr	A3: Kabellading på fast kai <sup>**) </sup> Mill kr
Nettilkobling, nettstasjon, likeretter	18,2	18,2	18,2
Ladeinfrastruktur	6	5	5,6
Kaikostnader	37	37	2
Nattlading på Kleppestø og i Knarvik	9,8 <sup>*)</sup>	9,8 <sup>*)</sup>	9,8 <sup>*)</sup>
Uforutsett 20%	14,2	14,0	7,1
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>85,2</b>	<b>84</b>	<b>42,7 <sup>**) </sup></b>
*) Nivå på nattlading er basert på lange kabelføringer fra eksisterende nett. Kan muligens reduseres noe.			
**) Kabellading til fast kai. Ekstra energi for å holde båt i posisjon er ikke beregnet.			

**Tabell 3 Kostnader. Hurtiglading av Askøysambandet på Kleppestø, eksisterende kai**

<b>Kleppestø, bruk av eksisterende kai</b> Hurtiglading med 2,8 MW og nattlading	B1: Pantograflading m/flytekai. Mill kr	B2: Kabellading m/flytekai. Mill kr	B3: Kabellading på fast kai. Mill kr
Nettilkobling, nettstasjon, likeretter	10,5	10,5	10,5
Ladeinfrastruktur	3	2,5	2,8
Kaikostnader	8,5	5,5	2
Nattlading	1	1	1
Uforutsett 20%	4,6	3,4	2,7
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>27,6</b>	<b>23,4</b>	<b>19,6</b>

**Tabell 4 Kostnader. Hurtiglading av Nordhordlandssambandet i Knarvik.**

<b>Knarvik</b> Hurtiglading og nattlading av <b>Hybrid</b>	C1: Pantograflading m/flytekai. Mill kr	C2: Kabellading m/flytekai. Mill kr	C3: Kabellading på fast kai. Mill kr
Nettilkobling, nettstasjon, likeretter	12,5 <sup>***)</sup>	12,5 <sup>***)</sup>	12,5 <sup>***)</sup>
Ladeinfrastruktur	3	2,5	2,8
Kaikostnader	8,5	5,5	2
Nattlading	0	0	0
Uforutsett 20%	4,8	4,1	3,5
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>28,8</b>	<b>24,6</b>	<b>20,8</b>
***) Kostnad inkluderer ny kabel fra området Isdalstø. Hvis flere konsumenter kan kobles til kan kostnaden reduseres en del.			



## 1. INNLEDNING OG BAKGRUNN

Rambøll Norge AS har fått i oppgave av Skyss å komme med konkret tilråding om ladeinfrastruktur og kailøsninger for elektrifisering av Askøysambandet og vurdere muligheten for elektrifisering av Nordhordlandssambandet.

### 1.1 Bakgrunn for oppdraget

*Oppdragsgivers beskrivelse av oppgaven:*

*Skyss og Kringom vil avklare korleis ein kan sikre gode kai- og ladeløysingar for bybåtsambandet innanfor gjeldande areal- og kostnadsrammer. Det er ønskjeleg å gjere dette gjennom ein-til -ein dialog med leverandørmarknaden, nettselskap og løyvemynde.*

*I dag er strekningane Kleppestø-Strandkaaien (Askøysambandet) og Bergen-Frekhaug-Knarvik (Nordhordlandsambandet) trafikkert av konvensjonelle fartøy på MGO. Kontrakten for desse to bybåtsambanda skal truleg fornyast med oppstart frå 01.01.23.*

*I 2017 gjorde DNV GL eit moglegheitsstudie for Askøysambandet og Nordhordlandsambandet (bybåtane) for Skyss. Den anbefalte nullutsleppsløysinga frå studien for Askøysambandet omfattar to batterielektriske fartøy som køyrer med 20 minuttts frekvens. Det er berekna at ladeeffekten må vere om lag 2,5 MW for at fartøya skal kunne halde frekvensen.*

*Skyss gjennomførte ei marknadsundersøking for kai- og ladeinfrastrukturloysing hausten 2018 og deltok hausten 2019 i eit pilotprosjekt for batteribåt i Grønt Skipsfartsprogram. Skyss og Kringom si erfaring til no er at sjølv om dette er ladeeffektar som er tilgjengeleg for ferje i dag, er dei ikkje kommersialisert for hurtigbåt. Leverandørane har tidlegare gitt lite eller ingen tilbakemelding på offentlege førespurnadar.*

*På Nordhordlandsambandet var DNV GL sin konklusjon at det ikkje var mogeleg med batterielektrisk samband. På bakgrunn av rapportane frå prosjektet «Framtidas hurtigbåt» har Skyss Kringom grunn til å tru at teknologiutviklinga no har endra noko av dette bilete.*

*På Kleppestø er ein reguleringsplan under utarbeiding og ein reknar med at det skal byggjast ny kai for sambandet.*

*På Strandkaaien er det svært utfordrande vilkår knytt til knapt kaiareal, mange båtar og forventa strenge løyvekrav til installasjonar.*

*På både stadar kan difor kai- og ladeinfrastrukturloysing vere avhengig av kvarandre. På Knarvik og Frekhaug har ein grunn til å tro at det vi være mogeleg å etablere ladeinfrastruktur, dersom det vil være mogleg å elektrifisere sambandet.*

*Tiltaket er forankra i "Trafikkplan båt" som vart vedteke i Fylkesutvalet 22.11.17: «Nytt anbod for sambandet Kleppestø-Strandkaaien vert førebudd for heilelektrisk batteridrift. (...) Det er eit mål å få ei utsleppsfri og fornybar båtdrift i Hordaland, i tråd med stortingsvedtak og at Stortinget løyver midlar til dette.»*

## 1.2 Oppgaven

*Konkretisering av oppgaven:*

*Del 1*

- *Vurdere om det vil være mogeleg å drifte med batterielektrisk framdrift på Nordhordlandsambandet (oppdatert vurdering av DNV GL sin vurdering i 2017).*
- *Levere ein teknisk rapport som vurderer eventuell tekniske løysing, krav til ladeinfrastruktur og tilhøyrande kostnadsbilete for fartøy på Nordhordlandsambandet.*

*Del 2*

*Fasilitere, leige og dokumentere prosessar:*

- *Dialog nettselskap: Avklare med nettselskap kva arealbehov stramframføringa har og kva grensesnitt som er moglege (stad og spenningsnivå)*
- *Dialog Bergen hamn: Avklare med hamnevesenet kva handlingsrom ein har i høve kailøysingar på Strandkaien*
- *Marknadsdialog: Arrangere ein-til-ein-møte med potensielle leverandørar for å innhente tenkjelege løysingar og kostnadsestimat for kai og ladeinfrastruktur relevante stadar.*
- *Førehandsprosjektering: Utarbeide skisser for moglege kai- og ladeinfrastrukturløysingar med tilhøyrande kostnadsestimat for relevante stadar*
- *Dialog med Plan- og bygningsetaten: Gjennomføre førehandskonferanse med relevante kommunar for relevante kai- og ladeinfrastrukturløysingar på kai*

## 1.3 Gjennomføring

Rambøll har gjennomført en prosess med følgende delelementer:

- Dialogmøter med planmyndigheter i Askøy, Alver og Bergen kommuner. Der er ikke gjennomført formelle forhåndskonferanser fordi prosjektet er i en tidligfase der detaljering av løsninger er bedre egnet for dialog
- Dialogmøter med relevante havnemyndigheter
- Dialogmøter med nettselskaper angående tilgjengelig strøm på de aktuelle stedene
- Dialogmøter med leverandører av ladeinfrastruktur og fartøy
- Dialogmøter med Kolumbus i Rogaland, der de skal elektrifisere lokal hurtigbåt til Hommersåk

Representanter fra Skyss har deltatt i dialogen med myndigheter. Disse dialogmøtene er referatført.

Rambøll har gjennomført dialog med nettselskap og leverandører av ladeinfrastruktur og fartøyer som en til en samtaler. Siden det i denne type samtaler kommer frem firmasensitiv informasjon, er det ikke laget referater. Men summen av informasjon og innspill er anonymisert og satt sammen – og opp mot hverandre, og danner grunnlaget for våre tilrådinger. I den grad det brukes bilder, figurer eller lignende, er det enten etter tillatelse fra leverandører eller fra åpne kilder som er funnet etter enkle google-søk.

## 1.4 Oppbygging av rapporten

Rapporten er en sammenstilling av de faktorer og elementer Skyss må ta hensyn til når de skal utlyse de neste anbudene for Byhurtigbåtene, når/hvis de skal ha elektrisk drift. Rapporten inneholder:

- Kunnskap om batterier, inklusive litt historie og antatt utvikling de nærmeste årene
- Kunnskap om sammenhengen mellom rutetider og muligheten for elektrifisering. Rutetider er tradisjonelt effektive med korte opphold ved kai, noe som gir korte ladetider. Det er en utfordring ved elektrifisering.
- Kunnskap om ladeinfrastruktur og måter å overføre mye strøm fra land til båt på kort tid, inklusive hva som er tilgjengelig på markedet i dag. Hurtiglading av hurtigbåter er litt upløyd mark i forhold til lading av bilferjer.
- Et kapittel om tiltak og mulige tiltak i havneområdene. Bergen og Strandkaien er undergitt spesielt fokus siden Bryggen er et verdensarvområde og Vågen en del av buffersonen rundt. Eksisterende reguleringsplan gir detaljerte føringer for hvordan man kan/får lov til å bruke området. Her diskuteres spesielt i hvilken grad man kan bruke Strandkaien som hurtigladedepunkt for Byhurtigbåtene.
- Et kapittel om kaier inklusive beskrivelse av ladeinfrastruktur på fast kai og flytekaier. Forskjellig ladeinfrastruktur egner seg best på fast eller flytende kai.
- Til slutt en sammenstilling av muligheter for elektrifisering. Ladeinfrastruktur og tilhørende kaikonfigurasjoner kan settes sammen i flere forskjellige pakker. De mest aktuelle pakkene er kostnadsregnet.

## 2. LADETIDER, LADEEFFEKTER, BATTERISTØRRELSER, LADESYKLUSER, BATTERILEVETID.

### 2.1 Litt batterihistorie.

Batterielektrisk transport er nå i ferd med å bli en etablert teknologi. Grunnlaget for dagens Li ion batterier ble lagt i 1983 da koboltoksid katoden ble patentert av Dr. Goodenough. Sammen med grafitt anode var det nå mulig å lage fungerende Li ion batterier. Sony lisensierte teknologien og kom med de første batteriene på markedet i 1993. Gjennom 90-tallet økte produksjonen samtidig som kvaliteten ble bedre og i 2003 hadde man relativt gode batterier som først og fremst ble brukt til bærbare PC og mobiltelefoner. Goodenough fikk Nobelprisen i fjor for hans bidrag innen batteriutvikling.

Kvaliteten har til tider vært variabel all den tid mye av produksjonen har vært avhengig av manuelle arbeidsprosesser, spesielt manuell "rulling" av sylindriske celler har gitt rom for avvik. Dette kombinert med at koboltoksid elektroden hadde en tendens til å løpe løpsk termisk sett, gjorde at man hadde flere tilfeller av elektronisk utstyr som begynte å brenne uten noen naturlig forklaring. Energitettheten i 2003 var imidlertid god, 120 – 140 Wh/kg, dette var 5 – 6 ganger høyere enn blybatterier, og flere, deriblant Tesla's grunnleggere, så at med disse batteriene var det mulig å bygge fungerende elbiler. Tesla tok korteste vei til en elbil løsning med bruk av sylindriske 18650 celler og koboltoksid katode, til da kun brukt i PC-er. I Kina hadde man på samme tiden allerede bygget flere prototyp busser og dokumentert gode bruksegenskaper.

En klar ulempe med disse batteriene var sikkerhet. Forsvarets Forskningsinstitutt hadde i samarbeid med andre NATO-land testet koboltoksid baserte batterier med hensyn på sikkerhet og var rettmessig bekymret for å lage store batteripakker med denne teknologien. Industrien jobbet derfor parallelt med en annen type basert på manganoksid. Manganoksid hadde samme energitetthet som koboltoksid og var mye mer stabil. Ulempen var imidlertid levetid, etter noen få hundre ladesykluser begynte de å miste kapasitet. Det ble i 2007 klart for flere at mulighetene var til stede, men videre utvikling var nødvendig for å få sikre batterier med god energitetthet og som hadde tilstrekkelig levetid. Løsningen ble derfor å utvikle kombinasjoner av disse to teknologiene og flere batteriprodusenter kan nå vise til svært gode resultater for batterier med såkalt NMC katode – det vil si en katode bestående av nikkel, mangan og kobolt. De er relativt stabile, har god levetid og akseptabel kostnad siden mengden kobolt er redusert. En annen variant som ble patentert rundt årtusenskiftet er basert på jernfosfat katode. Denne er sikker og rimelig, men har dårligere energitetthet enn NMC batterier. Batterier basert på jernfosfat blir i dag først og fremst produsert av kinesiske produsenter.

### 2.2 Dimensjonering av batterier i en båt

Batteripakken utgjør en vesentlig del av kostnaden for en ny el-båt. Normalt tenker man at størrelsen på en batteripakke er bestemt av hvor langt båten skal kunne gå mellom hver lading. For el-båter er dette imidlertid kun ett av tre kriterier man må vurdere for å bestemme størrelsen på batteripakken. De to andre er nødvendig ladeeffekt og antall oppladninger i levetiden til batteriet. Det siste er bestemt av rutetidene og hvor ofte båten ligger til kai og lader.

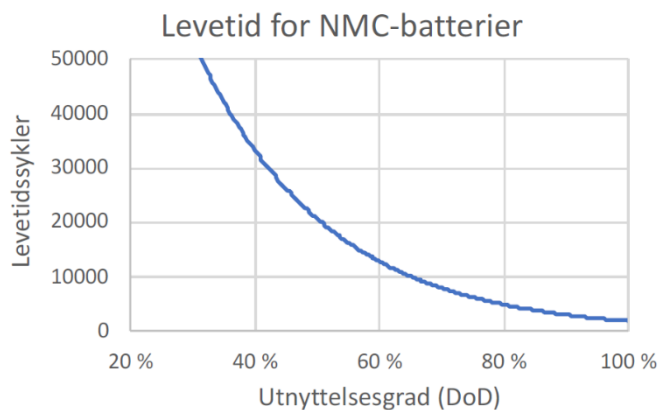
#### Ladeeffekt

Ladeeffekten er bestemt av hvor mye energi båten trenger for å kunne betjene en rute, og hvor lang tid man har til lading. Automatiske ladesystemer i bruk i dag kan starte nærmest med en gang båten legger til kai. Antall minutter som båten ligger til kai er derfor avgjørende for hvor høy ladeeffekt man trenger, som igjen kan bli dimensjonerende for batteripakken og kostnaden for

båten. Dersom båten i henhold til rutetid ligger til kai i 10 minutter kan man regne 8 minutter effektiv ladetid. Nesoddbåtene bruker 420 kWh frem og tilbake til Aker brygge og har 6 min ladetid. Dette gir en nødvendig ladeeffekt på 4,2 MW. Begrensing i dagens batteripakker med hensyn på spesifikk ladeeffekt ligger på ca. 2C. 1C er effekten som skal til for å lade opp batteriet på 1 time, 2C lader batteriet på ½ time etc. Et 2 MWh batteri som lades med 4MW, lades med andre ord ved 2C. Dette betyr at batteripakken på Nesoddbåten må være på ca. 2,1 MWh eller 5 ganger energiforbruket mellom hver lading, for å sikre at spesifikk ladeeffekt ikke blir for høy. Noe av det samme vil gjelde for hurtigbåter.

Antall oppladinger

Levetiden til batterier er ofte definert som når batteriet har mistet 20% av opprinnelig kapasitet. Antall ladesykler et batteri tåler før det har mistet så mye kapasitet er avhengig av hvor dypt batteriet blir utladet hver gang eller utnyttelsesgrad (Depth of Discharge – DoD).



Figur 1 Levetid kontra utnyttelsesgrad for NMC batterier.

Mens elbiler i daglig bruk kan klare seg med et par oppladinger/uke, vil en elektrisk hurtigbåt kreve flere oppladinger/dag. Hvis en båt skal trafikkere en rute 12 ganger/dag og lades mellom hver gang vil det gi 43 800 ladesykluser over en periode på 10 år. Ifølge Figur 1 betyr det at man kun kan benytte 30 % av batterikapasiteten mellom hver lading for at batteriet skal ha en levetid på 10 år.

Energibehov for en overfart

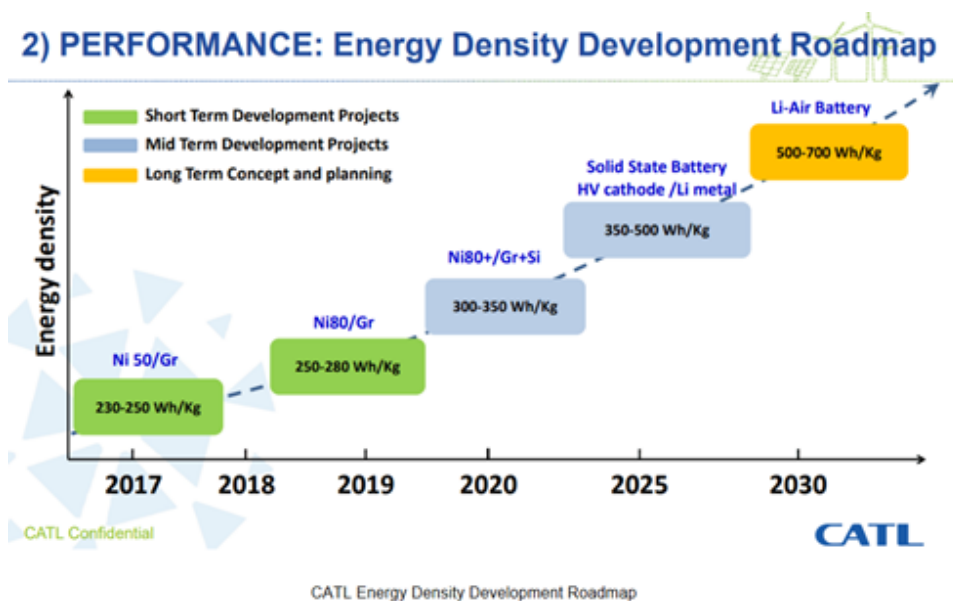
Et fartøy med et forbruk på 22 kWh/km vil ha et energibehov på 440 kWh mellom hver lading for en rute strekning på 20 km. Hvis rutefrekvensen er som over kan kun 30 % av batteriet brukes mellom hver lading for å få 10 års levetid. Et slikt eksempel er vist i Tabell 5 og i dette tilfellet er ladeeffekt dimensjonerende for batteristørrelsen

Tabell 5 Dimensjonering batteristørrelse.

Dimensjonering batteristørrelse		
Kriterie	Maks DoD	Minimum Batteristørrelse
Nødvendig lade effekt	4 MW	2000 kWh
Energibehov	440 kWh	} 1467 kWh
Antall sykler 10 år	43 800	

## 2.3 Fremtid

Batteriproduksjon er blitt en moden industri med en etablert verdikjede. Hovedfokus er nå først og fremst å bygge ny produksjonskapasitet for å møte etterspørselen. Samtidig går utviklingen for å øke energitetthet og redusere kostnader. Dagens elbilbatterier har en tetthet på rundt 250 Wh/kg på cellenivå. For marint bruk blir batteriene pakket inn i moduler med overvåking og termisk kontroll (kjøling/varme) slik at dagens marine batteripakker har en energitetthet på 175 Wh/kg.



Figur 2 Forventet energitetthet for fremtidens batterier.

I de neste 4 – 5 årene forventer man å se en ytterligere økning av energitetthet ved at grafittanoden blir tilsatt silisium, et grunnstoff som kan lagre 10 ganger med Li i forhold til grafitt. Kostnaden er også forventet å bli redusert, først og fremst fordi man klarer å redusere mengden kobolt. Med disse tiltakene ser man for seg at energitettheten kan økes med 50 % de neste 2 – 4 årene. Rapporter på pris indikerer at bilprodusentene nå betaler under 1000 NOK/kWh for battericeller. Produsenter av el ferger har så langt ikke kunnet se slike priser. Prisen for marine batteripakker ligger for tiden på ca. 5500 NOK/kWh. Etter hvert som markedet for el ferger modnes og blir større kan man forvente at prisen vil falle noe.

Neste generasjon Li ion batterier er forventet å ha et faststoff elektrolytt og at denne vil erstatte dagens brennbare væske. Dette vil gjøre batteriene langt mer sikre i forhold til brann og vil representere et vesentlig teknologiskifte i bransjen. Det jobbes med flere typer faststoff materialer og både polymer, glass og keramer er aktuelle. Et keram, rapportert for første gang i 2003, har nå kommet til et punkt hvor man kan bygge fungerende batterier med en energitetthet på 450 Wh/kg, problemet er imidlertid levetid. Det forventes at disse problemene er løst om 4 – 8 år og at man da vil se en ny generasjon batterier komme på markedet. Det er forhold som vil gjøre elektriske båter enda mer attraktive på sikt.

### 3. ELEKTRIFISERING OG RUTETIDER

#### 3.1 Strandkaaien – Kleppestø

Avstanden mellom Strandkaaien og Kleppestø er 5,53 km og ruten kan derfor være egnet for helelektrisk drift. Distansen er relativt kort slik at man har mulighet for å lade ofte. Båtene som går på ruten i dag, har en servicefart på 32 – 33 knop og bruker ca 13 minutter en vei. Ruten trafikkeres i dag M/S «Ekspressen» som har 296 PAX (passasjerplasser). Båten går i 30 min rute hvilket gir en kapasitet på 600 personer/time. På pendlerturene om morgen og kveld samt i forbindelse med arrangementer i Bergen er kapasiteten sprengt [7]. Skyss ønsker at kapasiteten økes fra dagens 600 til 800 personer pr time. Det kan man oppnå ved å ta i bruk to båter med 267 PAX som går i 20 min rute. Med to båter vil hver båt ha 74 turer/uke. En tur er en vei slik hver båt gjennomfører 74 tur/retur reiser/uke.

Beregnet tilbud, Askøy							
	pr time	timer	dager	pr uke	uker	sum	pr båt
Man – fre 06-09 og 15-18: 20 min rute	3	6	5	90	48	4320	
Man - fre 09-15: 60 min rute	1	6	5	30	48	1440	
Man – fre 18-21: 60 min rute	1	3	5	15	48	720	
Lør 08-21: 60 min rute.	1	13	1	13	48	624	
Søn 09 - 21: -- min rute	0	12	1	0	48	0	
				148		7104	3552

Figur 3 Ny ruteplan for ruten Strandkaaien – Kleppestø

Hvis man skal ha en levetid på 10 år<sup>1</sup> for batteriene (levetid definert til det punkt hvor man har mistet 20% av opprinnelig kapasitet) og antar at man i gjennomsnitt har 48 driftsuker i året viser våre beregninger at man kan tillate at 38% av batterikapasiteten blir benyttet mellom hver lading hvis lading skjer på enten Kleppestø eller Strandkaaien. Se for øvrig kap 2 for en gjennomgang av sammenhengen mellom batteristørrelser, ladeeffekter, utladings-% og batterilevetid.

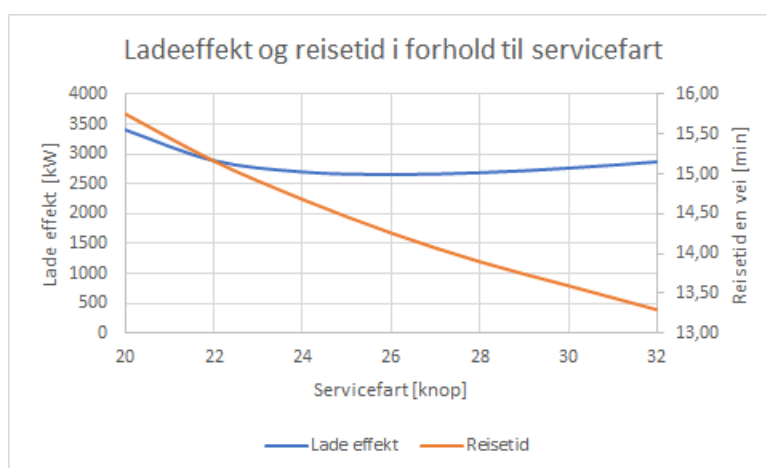
En 30-35 m katamaran med 267 PAX er beregnet å ha et forbruk på 172 kWh hver vei. Er det best å lade både på Kleppestø og Strandkaaien eller kun et av stedene? Tabell 6 nedenfor viser forskjellene. Ved lading på ett sted har vi lagt til grunn at liggetid på motsatt side er maksimalt 4 minutter og at man trenger 30 s. til å koble opp ladeinnretning (plugg, pantograf eller induksjon). Servicefart er 30 knop og overfartstid inklusive manøvrering ved kai er 13,6 minutter. Man kan se fra tabellen at det er lade effekt som bestemmer størrelsen på batteriet (begrenset til 2 C) og man får noe lavere ladeeffekt ved å lade på begge steder. DoD = Depth of Discharge, dvs. hvilken utladings-% man kan ha for å sikre 10 års levetid.

<sup>1</sup> Det normale har vært å kreve 10 års levetid for batterier. Utviklingen i batteriteknologi går mot lettere og mer energirike batterier. Man kan ikke utelukke at noen vil finne det formålstjenlig å levere rimeligere batterier med for eksempel 5 års levetid og bytte disse til lettere og rimeligere batterier etter 5 år, fordi man antar at det gir den beste totaløkonomien.

Tabell 6 Forskjell ved å lade på begge steder og kun ett sted

	Ett sted	Begge steder	
Energiforbruk mellom lading	344	172	kWh
Antall ladinger/uke	74	148	
Tillatt DoD	38	23	%
Ladetid	8,30	5,90	min
Lade effekt	2 765	1 944	kW
Batteristørrelse	1 382	972	kWh

Dersom man velger å lade kun på ett sted vil man trenge en ladeeffekt på 2,8 MW, dette er over grensen til to manuelle pluggere og alternativet blir i så fall 2 pantografer eller 3 pluggere. Hvis servicehastigheten reduseres til 26 kn vil reisetiden øke fra 13,6 min til 14,4 min, men ladeeffekten reduseres til 2,6MW.



Figur 4 Askøysambandet. Ladeeffekter for forskjellige hastigheter over fjorden. Minimum effekt oppnås ved 26 knop.


Mye av strekningen er i 5 knop sone i Vågen ut fra Strandkaien. Vi er innforstått med at det er uaktuelt å søke om dispensasjon fra denne grensen, men hvis man kunne øke farten fra 5 knop til 7 knop i denne sonen ville reisetiden gå ned med nesten to minutter hver veg fra 13,60 min til 11,66 min, men enda viktigere nødvendig lade effekt reduseres fra 2765 kW til 1 882 kW. Grunnen er litt økt ladetid.

Rambøll sin vurdering er at det er mulig å drifte dette sambandet helelektrisk. Ladeeffekten vil være såpass høy at det er enklest å få til hurtiglading med 2 pantografer. Hvis man skal bruke ladepluggere trengs 3 stk. manuelle ladepluggere. Hvis man kan øke hastigheten i Vågen fra 5 til 7 kn vil man med god margin kunne klare seg med 2 ladepluggere. Når man skal hurtiglade er minuttene viktig, til og med sekundene.



### 3.2 Nordhordaland sambandet Bergen – Frekhaug - Knarvik

Dette er en typisk arbeidsrute som starter første avgang 05:53 fra Knarvik. Den går innom Frekhaug på vei til Bergen 4 ganger om morgenen og motsatt veg tre ganger om ettermiddagen slik at folk på Frekhaug kommer seg til og fra arbeid i Bergen.

skyss  båt		Knarvik – Frekhaug – Bergen						RUTE 2090
M/S «Fjordkatt» ☎ 916 52 801								
Operatør: Norled AS, www.norled.no, ☎ 51 86 87 00								
	Måndag – fredag							
Buss avg. Knarvik Skysstasjon	05.46	06.43	07.40	08.43	–	14.57	15.54	
Buss ank. Knarvik kai.....	05.51	06.48	07.44	08.48	–	15.02	15.59	
Knarvik kai .....	05.53	06.50	07.50	08.50	–	15.04	16.00	
Frekhaug kai .....	05.59	06.56	07.56	08.56	–	–	–	
Strandkaien.....	06.20	07.17	08.17	09.17	–	15.26	16.22	
Strandkaien.....	06.22	07.22	08.22	–	14.36	15.30	16.30	
Frekhaug kai .....	–	–	–	–	14.57	15.51	16.51	
Knarvik kai .....	06.44	07.44	08.44	–	15.03	15.57	16.57	
Buss avg. Knarvik kai.....	06.50	07.45	08.50	–	15.05	15.59	16.59	
Buss ank. Knarvik Skysstasjon	06.55	07.50	08.55	–	15.10	16.04	17.04	

#### Ruta er innstilt som følger:

Sommar: Ruta vert innstilt frå og med 6. juli til og med 24. juli (veke 28–30)

Jul: Ruta vert innstilt 24., 25., 26. og 31. desember.

Ruta vert innstilt på alle bevegelege heilag dagar.

Figur 5 Rutetider Nordhordlandssambandet

For denne ruten har vi fått i oppdrag å se om det er mulig å drifte den helelektrisk. Vi har brukt en 40 m katamaran med kapasitet på 270 PAX og en batterikapasitet på 4000 kWh, noe som er realistisk med dagens batteriteknologi.

Dagens rutetid gir en reisetid på 55 minutter fra båten forlater Strandkaien til den er tilbake igjen. Det inkluderer 6 min. stopp i Knarvik og en kort stopp (1 min) på Frekhaug. M/S Fjordkatt som trafikkerer ruten har en servicefart på 30 knop. Beregning viser at man trenger 59 minutter på en rundtur fra Bergen hvis liggetid i Knarvik er 4 minutter. Marine Traffic viser at båten normalt holder rundt 7 knop i Vågen, noe som gir en reisetid på 55 minutter. Skal man holde hastighetsbegrensningen i Vågen, må man opp i en servicefart på 34 knop og liggetid på 4 min i Knarvik for å klare en reisetid på 55 minutter.

I beregningene har vi lagt opp til at båten kun lades ved Strandkaien. Hvis rutetidene forblir uendret blir ladetid i Bergen 4,77 minutter, dette inkluderer ½ minutt til å koble opp og starte lading. Ladeeffekt ved Strandkaien er satt til 4 MW.

Første avgang om morgenen er 05:53 fra Knarvik. Vi har antatt at båten har ligget med landstrøm og har fulladet batteriene før avgang. Beregningene viser at båten må ha en batterikapasitet på 4,9 MWh for å klare turen fra Knarvik samt 3 rundturer fra Strandkaien på

formiddagen. Ladetiden ved Strandkaaien blir kort og kun 318 kWh lades hver gang den er tilbake ved Strandkaaien.

Hvis første tur kunne starte 8 minutter tidligere vil båten kunne klare turene med en liten margin.

Bergen - Knarvik			Knarvik-					
			Frekhaug- Strandk	Strandkaaien-Knarvik- Frekhaug-Strandkaaien				
Inngangsdata			Resultat					
Båt			Tur 1	Tur 2	Tur 3	Tur 4		
PAX	270		Avgang rutetid	05:45	06:22	07:32	08:32	km
Servicefart	34		Ankomst rutetid	06:20	07:17	08:27	09:27	
Energiforbruk sf	41,82 kWh/km		Lengde mellom lading	17,8	36,0	36,0	36,0	min
Energiforbruk 5kn	11 kWh/km		Liggetid Frekhaug	1	1	1	1	min
Max ladeeffekt [C]	2		Liggetid Knarvik		4	4	4	min
Effy batteri-motor	0,9		Tid strekning/rundtur	24,37	50,84	50,84	50,84	min
Effy lader- batteri	0,9		Liggetid Strandkaaien	2	15	5		min
Batterikapasitet	4 000	kWh	Ladetid	12,13	18,66	8,66	46,08	min
			Energiforbruk	791	1 637	1 637	1 637	kWh
			Batteri energi ankomst	3 209	2 381	1 988	928	kWh
			Ladet energi	809	1 244	577	3 072	kWh
			Batteri energi avgang	4 018	3 625	2 565	4 000	kWh
			DoD ankomst før lading	20	40	50	77	%
Rutedata								
Bergen - Knarvik	17,8	km						
Bergen - Frekhaug	14,7	km						
Frekhaug - Knarvik	3,5	km						
Lengde 5 knop sone [km]	1,05	km						
Manøvrering ankomst	0,75	min						
Fart i 5 knop sone	7	knop						
Ladeeffekt	4 000	kW						

Figur 6 Nordhordlandsambandet. Energiforbruk ved litt justert tidtabell

Man vil ikke basere en rute på så lite reserve energi i batteriet. Dersom man kunne øke batteristørrelsen til 5000 kWh vil man ha utladet batteriet til 74 % DoD når man kommer inn til Strandkaaien 09:27.

Selv med en justering av rutetidene for å gi noe mer ladetid og en større batteripakke, vil det være helt på grensen, med mindre man også har et aggregat i tillegg for å sikre at man har nok strøm. En lade effekt på 4 MW er også noe høyt for hurtigbåt, da man ikke kan benytte samme løsning og teknologi som man har for ferger.

Ved lading i Knarvik i tillegg til Strandkaaien vil man kunne tilføre batteriet 467 kWh hver formiddag, noe som reduserer DoD fra 93 % til 81 %. Og, for å gi et komplett bilde vil en økning av hastigheten i Vågen fra 5 til 7 knop redusere DoD fra 93 % til 77 % og man kan raskere se en mulighet til å elektrifisere ruten.

Med dagens teknologi og stramme ruteplan er det ikke mulig å drifte denne ruten helelektrisk. Det er imidlertid ikke mye som skal til i forhold til utvikling innen batteriteknologi og ladeeffekt før dette er realiserbart, spesielt hvis man kan gjøre mindre endringer på rutetidene.

Hvis man kan endre på rutetidene er det logisk å gå over til 75-minutt frekvens. Det er fordi de regionale bussrutene i Alver opereres med 15-min frekvens. Med 75-min frekvens på båten kan man skape korrespondanse til hver femte avgang på land. Ulempen er dårligere frekvens for båtpassasjerene enn i dag og ikke faste minuttall med avgang hvert 60-iende minutt.

Nordhordlandssambandet kan med dagnes batteri- og ladeteknologi og dagnes rutetabell ikke anbefales for ren elektrisk drift. Det er derfor utredet en hybridløsning Se vedlegg 1.

## 4. LADEINFRASTRUKTUR

Ladeinfrastruktur for hurtigbåter omhandler type strøm (AC – vekselstrøm (alternating current) eller DC – likestrøm (direct current)), ladespenning, infrastruktur på land, kommunikasjon med båt og fysisk tilkobling til båten (ladekontakt). Rambøll har kontaktet flere leverandører innen dette området, og selv om verdikjeden er ikke klart definert har man begynt å se klare roller for de forskjellige aktørene.

### 4.1 AC eller DC

Tradisjonelt har man ladet ferger og andre transportmidler med AC. Fordelen er at man kan benytte standard nettspenning og infrastruktur på land og all spenningsjustering og likeretting skjer om bord på båten. Det betyr også at behov for kommunikasjon mellom fartøy og anlegg på land er mindre, siden all regulering skjer i utstyret som er montert på båten. Ulempen med AC lading er behov for transformator og likeretter om bord på båten, noe som representerer en vesentlig vektøkning. Etter hvert som ladeeffektene har økt, har denne ulempen blitt forsterket. For hurtigbåter (til forskjell fra ferger) hvor vektreduksjon er avgjørende for hastighet og forbruk, er AC lading nærmest uaktuelt på grunn av vekt.

For DC lading vil man ha justering til riktig spenning og likeretting på land slik at strømmen til fartøyet går rett til batteriene. Her blir kommunikasjon mellom infrastruktur på land og fartøy viktig da batteriovervåkingssystemet vil bestemme hvor mye strøm som batteriet kan ta imot. Man har sett det samme på elbiler, hvor nye ladestasjoner nærmest utelukkende består av DC lading (CCS eller chaDemo) fra 50 kW og oppover. Tidlige AC ladepunkter med effekter opp til 22 kW blir demontert fra ladestasjonene for å gi plass til DC ladere. Man kan derfor legge til grunn at for hurtigbåter vil man kun vurdere DC lading. Spenning er normalt opp til 1000 Volt DC selv om EU standard IEC 60038 definerer lavspent DC til å være opp til 1500 V DC.

Et eksempel på utvikling fra AC til DC lading er søsterskipene «Vision of the Fjords» og «Future of the Fjords» levert av Brødrene Aa. «Vision of the Fjords» som ble levert i 2016 ble ladet med 400 VAC, mens «Future of the Fjords» som ble levert i 2018 hadde 1000 V DC lading [1].

Nesoddbåtene som går mellom Aker Brygge og Nesoddtangen ble bygget om til elektrisk drift tidligere i år. Lading skjer ved 1000 VDC og effekt opp til litt 4 MW. Selv om disse båtene er passasjerferger og har de mye til felles med bilferger (bred lem i baug som slår ned og hastighet <20 knop), har man valgt å gå for DC lading.

### 4.2 Infrastruktur på land – kraftelektronikk

For DC lading vil man som nevnt ha en likeretting av elektrisiteten på land med en spenning som er tilpasset batteriet. Et batteri som lades opp vil ha en cellespenning fra 2,8 V (utladet) til 4,15 V (fullt oppladet). Noen batterileverandører spesifiserer noe mindre intervall for å gi batteriet lenger levetid og grad av sikkerhet. Alle batterisystemer har et BMS (Battery Monitoring System) som vil kommunisere med ladeanlegg på land og angi den strømstyrke batteriene kan ta imot. Det vil si at likeretter på land også må ha en DC-DC funksjon slik at spenningen kan tilpasses batterispenningen. Selv om slike DC-DC regulatorer kan regulere spenning både opp og ned, er det ikke vanlig for store systemer å ha denne funksjonen. Det vil si at spenning enten kan reguleres ned eller opp fra likeretter, men ikke begge deler. Her står systemintegrator fritt. Det er blitt vanlig å regulere spenning opp i forhold til minimum spenning på batteripakken. Man velger da en spenning fra likeretter som tilsvarer minimum spenning på batteripakken når denne er utladet. Ved lading blir da spenningen løftet fra DC-DC regulator. En grunn til å gjøre det slik er sikkerhet. Dersom laderegulering skulle svikte, vil systemet ikke kunne overoppladet batteriet, noe som kan føre til brann.

Et slikt oppsett vil da være tilpasset et batterisystem og en båt. For ferger, hvor man normalt kun har ett fartøy som skal trafikkere mellom faste punkter, vil ikke dette være et problem, men skal man bygge ut en infrastruktur som skal kunne betjene flere fartøy med forskjellige batteripakker vil man kunne få en utfordring. Dette er en av flere ting det er viktig å ta hensyn til ved tildeling av kontrakter.

Et annet punkt relatert til dette er at spenning ut fra likeretter er bestemt av AC spenning. Ideelt sett skal man bruke nettspenning (690 V AC i henhold til IEC60038), men hvis dette gir en DC-spenning som ikke passer fartøyet må man inn med en transformator til. Selv om man ofte må inn med en ny nettstasjon for å skaffe strøm til lading, vil nettselskapene normalt ønske å benytte en standard transformator som gir 690 V. Hvis dette ikke er tilpasset båten, må man inn med en ekstra transformator, noe som gir økte kostnader, energitap og det tar plass. Transformatorer blir som regel produsert på bestilling, så kostnadmessig og teknisk sett bør det ikke være en utfordring å levere en nettstasjon tilpasset ladespenninger for fartøy. Utfordringen kan være at med ustandardisert elektrisk infrastruktur, kan det ta tid å få erstattet komponenter som svikter. Da kan operatør eller Skyss måtte ha et lager av kritiske komponenter, alternativt betale nettselskapet for å ha det. Standard komponenter som benyttes over alt i el-nettet har nettselskapene en viss lagerbeholdning av.

### 4.3 Kommunikasjon

Som nevnt ovenfor vil det være behov for kommunikasjon mellom fartøy og infrastruktur på land for å regulere ladeeffekt. Dette trenger ikke være noen avansert protokoll, men kan være et enkelt 4 – 20 mA (milli Ampere) signal som dikterer strømeffekt. Igjen står imidlertid systemintegrator fritt til å velge type kommunikasjon ettersom det ikke er etablert noen standard, og man kan velge å gå for en mer avansert toveiskommunikasjon slik man i dag har på kjøretøy.

I tillegg vil man ha en kommunikasjon til fysisk ladetilkobling dersom denne ikke er manuell. Dette vil bli beskrevet nedenfor.

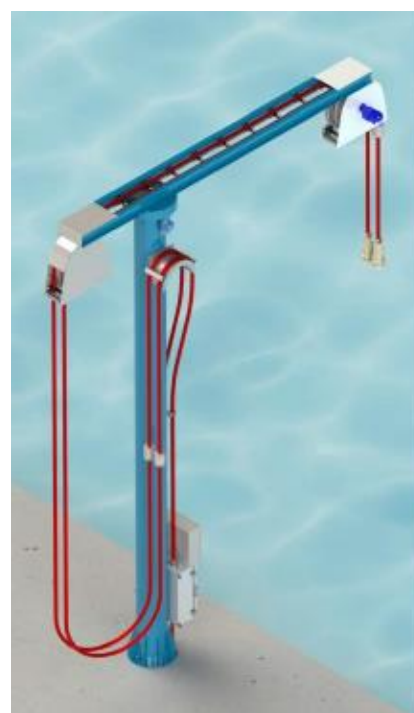
### 4.4 Fysisk tilkobling

Fysisk tilkobling kan grovt sett deles inn i fire kategorier; manuell plugg, automatisk plugg, pantograf og induktiv lading. Vi har hatt møter med leverandører av alle disse løsningene og har dannet oss et bilde av dagens situasjon og muligheter og begrensninger med de forskjellige løsningene.

#### 4.4.1 Manuell ladeplugg

Dette er den enkleste måten å lade et fartøy på og tilsvarer måten de fleste elektriske biler blir ladet på i dag. Maksimal effekt for DC lading med manuell ladeplugg er ca. 1,2 MW per plugg. Hvis man bygger et anlegg på land hvor ladeplugg henger ned over båten nært ladepunktet, kan mannskap om bord raskt ta tak i denne og koble til.

Figur 7 Eksempel på manuell ladeplugg (Kilde: Wabtec)



Erfaring fra «Future of the Fjords» i Flåm er at man bruker 20 – 30 s på å koble to manuelle plugger, og ladingen er ofte i gang før landgangen er lagt på plass. Fordelen med manuell ladeplugg er at man får et robust system som ikke er for komplisert. Man sparer også mye vekt på båten hvilket er viktig for hurtigbåter.



**Figur 8 Ladetårn med kabellading til Future of the Fjords i Flåm (Kilde Cavotec)**

#### 4.4.2 Automatisk plugg

Flere leverandører leverer automatisk ladeplugg. Et godt eksempel på en slik løsning er lading på Nesoddbåtene som ble satt i drift sommeren 2020. Dette systemet er levert av Cavotec og har en effekt på 4 MW ved 1000 VDC. Figur 9 viser ladetårn med ladeplugg som heves opp og ned for å kompensere for flo og fjære. Båten har ikke fortøyning, og etter det vi forstår var dette et krav fra Ruter/Oslo havn som ikke ønsker sugekopper eller tilsvarende automatisk fortøyning. Fartøyet blir fortøyd ved at landgang/lem i baug senkes og festes til/hukes fast i kaikanten, tilsvarende det man har for ferger. I tillegg er det noe trust (kraft på propellene) for å styre akterende. I og med at ladeplugg/mothold er plassert nærme lemnen vil den kunne håndtere noe bevegelse i akterende under lading.



**Figur 9 Ladetårn for Nesoddbåtene på Aker brygge i Oslo som ble satt i drift sommeren 2020. Bilde til høyre viser ladeplugg med kontaktpinner for strømoverføring.**

Fordelen med denne type løsning er at man har automatisert hele ladeprosessen og kan overføre store effekter. Når laderen ikke er i bruk heves ladeplugg til toppen av tårnet. Når båten nærmer seg etableres kommunikasjon mellom fartøy og ladetårn, og ladeplugg begynner å bevege seg nedover for å komme i posisjon til lading. Idet lemmen legges ned og båten ligger fast mot kai føres pluggen inn i motstykke på båten og lading starter. I starten var det problemer med dette systemet, blant annet fordi det var mye netstøy i området og kommunikasjonen ble forstyrret, men dette ser nå ut til å være løst.

Ulempen med denne type løsning er høy vekt av utstyr på kai og relativt høy pris. Visuelt kan det også være en utfordring med et så høyt tårn på kaikanten. En annen løsning kunne være å montere en slik anordning på en flytekai for å unngå tårn med høydejustering, men det vil kreve at man kommer frem til en lettere konstruksjon som er enklere å tilpasse en flytekai.

#### 4.4.3 Pantograf

Pantograflading er mye brukt på busser i dag. For busser skiller man mellom panto- opp og panto – ned, og begge alternativene er i bruk. Fordelen med panto-ned er at man sparer vekt på kjøretøyet ved at kun strømskinnen er montert på bussen. Ulempen med panto-ned er at strømskinnen er eksponert mot vær og vind.



**Figur 10 Pantograt (panto-opp) for busser i Oslo. Disse lades med en effekt på 300 kW. Til høyre er buss med mottaksskinne for panto-ned.**

I tillegg til disse to typene har man en tredje type som blant annet er brukt på «MF Ampere» og «MF Gloppen» hvor skinne er montert vertikalt på båtsiden som vist i Figur 11



Figur 11 Vertikal pantograflader for ferger, ref Stemman, [2]

Fordelen med denne versjonen er at begge deler (skinne på fartøy og pantograf i tårn) er beskyttet fra omgivelsene ved at luker åpner rett før lading starter. Denne type løsning er imidlertid lite egnet for hurtigbåter, da den krever en vertikal plan flate, både for sugekopper til fortøyning og for ladeskinne. Slike flater er lite forenlig med design av dagens hurtigbåter.

Hvorvidt pantograflading blir en etablert løsning for marint bruk gjenstår å se. Fordelen med en panto-ned løsning er at man kan spare vekt om bord på samme måte som man gjør for busser, og man kan ta opp relativt stor vertikal bevegelse ettersom pantografer er designet for å bevege seg opp og ned.



Figur 12 Illustrasjon. Pantograf lading. [Kilde: Multi Maritime]

Etter det vi forstår er effektbegrensningen for pantografer i dag på ca 1,5 MW. Maksimal vertikal kompensasjon (vertikal bevegelse) for pantografer er ca. 1,2m. De nye båtene til Boreal som skal settes inn i trafikk for Ruter i Oslofjorden vil bli utstyrt med pantografer [3]. Dette vil bli en panto-ned løsning.

Illustrasjon i Figur 12 er hentet fra en av de andre tilbyderne.

Strømskinner kan sitte beskyttet under et deksel som åpnes når lading skal starte, eller monteres åpent med varme for å takle snø og fukt. Boreal tar over som operatør for Øybåtene fra 1. november 2021 og alle 5 helelektriske båter skal være i drift fra sommeren 2022[4]

#### 4.4.4 Trådløs lading

Trådløs lading har fordelen at man slipper en direkte kontakt mellom lader og fartøy. Denne type teknologi er tatt i bruk og den fungerer godt med en virkningsgrad på 95 %. Effekter opp til 1,5 – 2,0 MW er mulig. Trådløs lading er avhengig av plane flater, og for å overføre 1 MW trengs et areal på 1x2 m. Dette er lite forenlig med design av hurtigbåter. I tillegg er vekten av utstyret om bord, ansett å være for høy for hurtigbåter. Plasseringen litt høyt oppe på en skrogside eller integrert i overbygget er heller ikke gunstig for balansen i båten. Man skal ikke se bort ifra at man i fremtiden kan få redusert vekten. Hvis man i tillegg designer båten slik at den har tilstrekkelig rette flater, enten på sidene eller mellom de to skrogene under båten, kan dette bli et alternativ.



Figur 13 Induksjonslading av byferje i Fredrikstad (foto: Rambøll)

#### 4.4.5 Lading og bølgebevegelser.

Bølger fra vær og vind eller andre passerende båter har varierende innvirkning på de forskjellige ladesystemene:

- Kabellading. Kabler bør henge et stykke høyere enn ladepunktet på båten, men slik at mannskap kan få tak i støpslene. Det gir i seg selv en god fleksibilitet for å oppta bølgebevegelser.
- Pantograflading (på flytekai) har normalt ca. 1,2 m vertikal bevegelse og kan derfor oppta normale bølger.
- Kontaktløs lading. Her må båt og landanlegg være mest mulig fast posisjonert i forhold til hverandre for at ladeplatene skal være rett overfor hverandre. Oftest bruker man en eller annen form for automatisk fortøyning med sugeskopper eller lignende, eller at farvannet (som i Fredrikstad) er så rolig at bølger normalt ikke er noe problem.



#### 4.5 Standardisering.

Det finnes ingen egen standard for lading av fartøy tilsvarende det man har for kjøretøy, men systemintegratorer forholder seg til gjeldende standarder for lavspent strøm, dvs. < 1 500 V DC.

Standardisering har den fordel at man kan få flere tilbydere på markedet og med det bedre konkurranse og reduserte kostnader. I tillegg får man fordel med at båter fra forskjellige produsenter og systemintegratorer kan brukes til samme ladeinfrastruktur. Ulempen med å standardisere er at man bremser utviklingen, noe som ikke er heldig i et marked hvor utviklingen går raskt og det er behov for å komme opp med bedre løsninger. Vår anbefaling er derfor at man ikke går inn for standardisering nå, men like fullt sørger for at det er en viss struktur og åpenhet som gjør at samme utstyr kan brukes om hverandre. Dette kan gjøres ved at man spesifiserer visse deler i anbud og leveranse:

**Ladeplugg** – skal man gå for ladeplugg bør man standardisere utforming av plugg. Dette er langt på vei innarbeidet, men kan enkelt låses i anbud. Dersom man går for manuell løsning i første omgang, vil det være mulig å gå over til en automatisk løsning (pantograf eller plugg) senere.

**Ladespenning** – dette er kanskje det viktigste punktet å låse fast, ettersom det har en klar sammenheng med hvordan batteripakken er bygget opp og med infrastruktur på land. En manglende tilpasning her er kostbar å rette opp i ettertid, og man kan ha mye å hente på å låse fast spenning fra likeretter på land. Man har da også mulighet for å standardisere på AC spenning ut fra nett stasjon og med det spare plass, kostnader og energi. Det krever en dialog med netteier for å avklare at de vil akseptere en nettstasjon som ikke har en spenning på 690 V AC.

**Kommunikasjon** – Det viktigste her er at kommunikasjon mellom DC-DC regulator på land og batteripakke er basert på samme type signal (f. eks 4 – 20 mA) og at det er en klar sammenheng mellom sensorsignal og strømstyrke.

For alle disse 3 punktene kan man invitere leverandører og systemintegratorer til å komme med forslag og med det forsøke å sikre at man får de beste løsningene på plass. Det som er viktig er at systemintegrator, som ofte vil levere både batteriovervåking, ladeanlegg og kommunikasjon vil stå for alt og etter leveranse har god mulighet for å hindre andre til å komme til. En løsning kan derfor være å dele opp leveranse av båt/batterisystem og ladeinfrastruktur slik at det ikke nødvendigvis er samme selskap som får levere alt.

#### 4.6 Oppsummering ladeinfrastruktur.

Teknologi for lading av ferger er etter hvert blitt moden ettersom man har fått 5 års utvikling siden MF Ampere ble bygget. Hurtigbåter har imidlertid andre krav som gjør at man ikke kan benytte løsninger utviklet for ferge. For hurtigbåter må man tilfredsstille følgende krav:

- Lav vekt
- Fortøyning uten bruk av lem eller sugekopper
- Ikke krav til store plane flater
- Høyere grad av standardisering slik at flere båter og båttypen kan bruke samme ladeinfrastruktur

Vår anbefaling til Skyss er at man ber operatører komme med forslag til spesifikasjon av viktige elementer i infrastruktur som nevnt ovenfor for å sikre fleksibilitet i bruk av denne. Dermed bør Skyss vurdere å ta over eierskap til infrastruktur som ikke tilfaller netteier (dvs. normalt alt etter nettstasjon) og heller sette drift av dette anlegget ut på anbud. Man bør også søke å utfordre

netteier til å sette inn en nettstasjon som er tilpasset ladeinfrastruktur, selv om denne ikke er i henhold til gjeldende standard, men det kan gi en mer effektiv infrastruktur.

Alt tyder på at en (eller flere) manuell(e) plugg(er) kan være en god løsning fordi den er rimelig, har lav vekt og er pålitelig. Erfaring viser at tilkobling går like raskt med manuell plugg som en automatisk plugg. Ulempe med manuell plugg er at effekt per i dag er begrenset til 1,2 MW per plugg. Dvs. at man trenger mer enn 2 plugg for å overføre mer enn 2,4 MW. Den vil legge noe beslag på mannskapet. Et alternativ til manuell plugg er en pantografløsning. Her kan man gå opp til 1,5 MW /enhet og det er fullt mulig å tenke seg to pantografer pr båt slik at ladeeffekt kan komme opp i 3 MW. Løsningen som Boreal har valgt for Øybåtene i Oslofjorden kan vise seg å være en god løsning for hurtigbåter. Pantografer har begrenset vertikal rekkevidde (ca. 1,2 m) og bør derfor plasseres på en flytekai for å eliminere tidevannsforskjeller, men ta høyde for bølger. Plassering av pantograf eller kabelladetårn på flytekaier kan gi mindre ruvende konstruksjoner og noe mindre visuelle utfordringer. Kabelladetårn på fast kai blir noe større.

## 5. NØDVENDIG TILTAK I HAVNEOMRÅDENE

### 5.1 Havneområdene

Strandkaien ligger i hjertet av Bergen sentrum hvor mange funksjoner skal spille sammen - handel, næring, bolig, turisme, byliv, rekreasjon osv. Bruksmessige, estetiske og antikvariske hensyn skal ivaretas.

Kleppestø skal videreutvikles som kommune- og regionscenter for Askøy, der det skal legges til rette for mange av de samme funksjonene. Tiltak for elektrifisering av bybåtene må derfor ses inn i denne sammenheng.

Knarvik kai ligger utenfor kommunesenteret i Alver, og har foreløpig ikke tilsvarende planer for byutvikling, men en kommunedelplan som åpner for ny bruk.

#### 5.1.1 Installasjoner og tiltak nødvendig for elektrifisering

Elektrifisering av bybåtene krever at det er tilstrekkelig mengde strøm tilgjengelig, et hensiktsmessig utformet kaianlegg og ny ladeinfrastruktur.

- Nettstasjon (i rimelig nærhet)
- Likeretter(e) – plasseres maks. 100-150 m fra ladepunkt
- Ladeinfrastruktur i form av pantograf, kabeltårn eller induksjonsplater

Nettstasjon og likeretter kan plasseres inne i bygg, dersom det er mulighet for det. Ladeinfrastrukturen må plasseres ute på kaien.

En pantograf vil måtte ha en høyde som gjør at båtenes overbygning ikke kommer i direkte konflikt med ladepunktene. Nødvendig høyde avhenger derfor av båtens konstruksjon og hvor ladepunktene plasseres. Det er rimelig å anta høyder på linje med pantografladere for busser, eller noe mer. Et usikkert anslag kan være 4-6 m. Dette kan styres noe gjennom krav i en anbudsprosess.

Et kabeltårn kan ha forskjellige høyder avhengig av leverandør. Noen leverandører har standardiserte løsninger som skal passe mange steder i verden, også i den Engelske kanal for eksempel. Der er tidevannsforskjellene svært store og følgelig er kabeltårnene høye. Kabeltårn kan lages lavere hvis man spesifiserer det.

Står kabeltårn på fast kai må de takle høy- og lavvann. Står de på flytekai, kan de være noe lavere siden avstanden ned til ladepunkt er konstant. Antatt høyde på flytekai kan være 3-4 m forutsatt ladepunkt i dekkområdet fremme på båten, foran overbygg.

#### 5.1.2 Hensiktsmessig kaianlegg

Pantograf og særlig induksjon er lite fleksible i forhold til høydeforskjell mellom båt og ladepunkt. På grunn av flo/fjære kan det være behov for å anlegge flytekaier. Kabeltårn er noe mer fleksible og kan stå på fast kai eller flytekai.

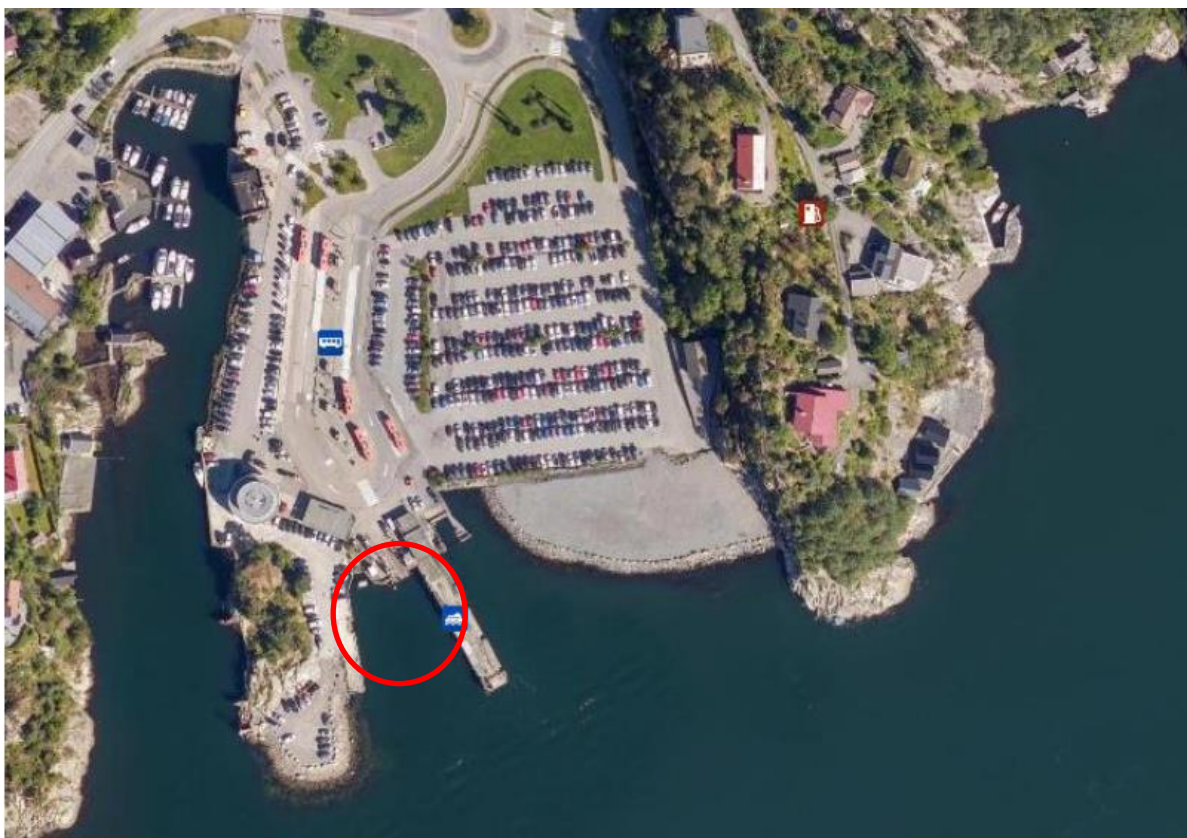
Det vil være av/påstigning fra baugen, og båtene vil legge til med baugen mot kaikanten. For at båtene skal slippe å bruke mer energi enn høyst nødvendig på å holde seg i ro og unngå sideveis bevegelser, er det gunstig at båten har støtte langs siden i form av en utstikker eller en flyter.



Figur 14 Illustrasjon. Lading med kabel og pantograf

## 5.2 Kleppestø kai

Kleppestø kai fungerer i dag som kollektivknutepunkt for buss og båt, inkludert innfartsparkering. Kaiområdet er eid av Askøy kommune. Kleppestø er kommunesenter og regionsenter for Askøy, og kommunen har planer for utvikling av hele sentrum, inkludert kaiområdet.



Figur 15. Ortofoto Kleppestø kai. Rød sirkel viser hvor båten legger til i dag.

### 5.2.1 Møter med Askøy kommune

Vi har hatt tre møter med Askøy kommune der plan og bygningsetaten og teknisk etat var representert. Kommunen er positiv til elektrifisering av båtsambandet og at passasjerkapasiteten økes. Kommunen redegjorde for reguleringsmessig status på Kleppestøkaien.

### 5.2.2 Mengde strøm tilgjengelig

Kaianlegget på Kleppestø ligger i Norgesnetts konsesjonsområde og Norgesnett har ansvar for kraftforsyningen til kaien. Norgesnett har gjort en hurtiganalyse av 22kV fordelingsnettet og sier at det i dag vil være mulig å levere 2,8 MW uten større investeringer i bakenforliggende nett. Som en grovkalkyle/budsjettpris anslår de at kostnadene vil ligge i størrelsesorden 1,5 – 2,0 millioner kroner for nettstasjon og kabling. Norgesnett understreker at tilgjengelig kapasitet i området i dag er knapp og at eventuelle endringer i behov fra andre nettstasjoner i området dermed vil kunne redusere tilgjengelig kapasitet ved kaianlegget på Kleppestø.

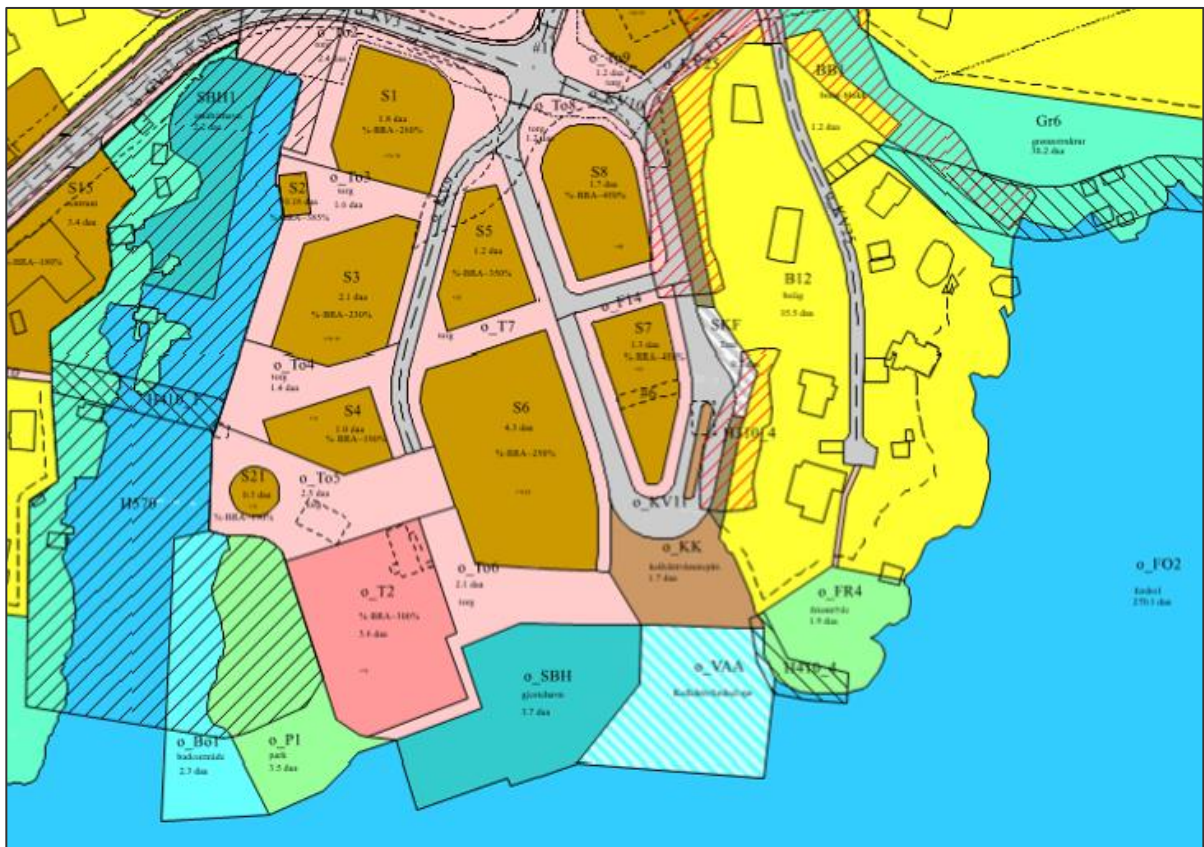
Trafikkstrømmen går til Bergen om morgenen og båtene ligger på Kleppestø om natten. Det kan være aktuelt å legge til rette for nattlading (saktelading) på Kleppestø, noe som ikke krever så stor effekt.

### 5.2.3 Reguleringsmessige forhold.

Områderegeringsplan for Kleppestø ble vedtatt i 2018.

Det er satt av plass til kollektivterminal på land og i sjø langs Maltvikaneset. Parkering skal legges inn i fjell for å frigjøre areal til byutvikling. Det vil være mulig å etablere nødvendige tiltak for elektrifisering innenfor areal avsatt til kollektivformål i planen.

Dette er gjeldende plan pr. i dag, men kommunen har vedtatt å utarbeide ny plan for Kleppestø sentrum. Oppstart av planarbeid ble meldt 14. mars 2019. Det betyr at det enda ikke er avgjort hvor båten skal legge til i fremtiden, og at man vanskelig kan se for seg at ny kai med ladeinfrastruktur til elektrisk drift vil være klar til 2023.



Figur 16. Utsnitt av områderegeringsplan for Kleppestø sentrum

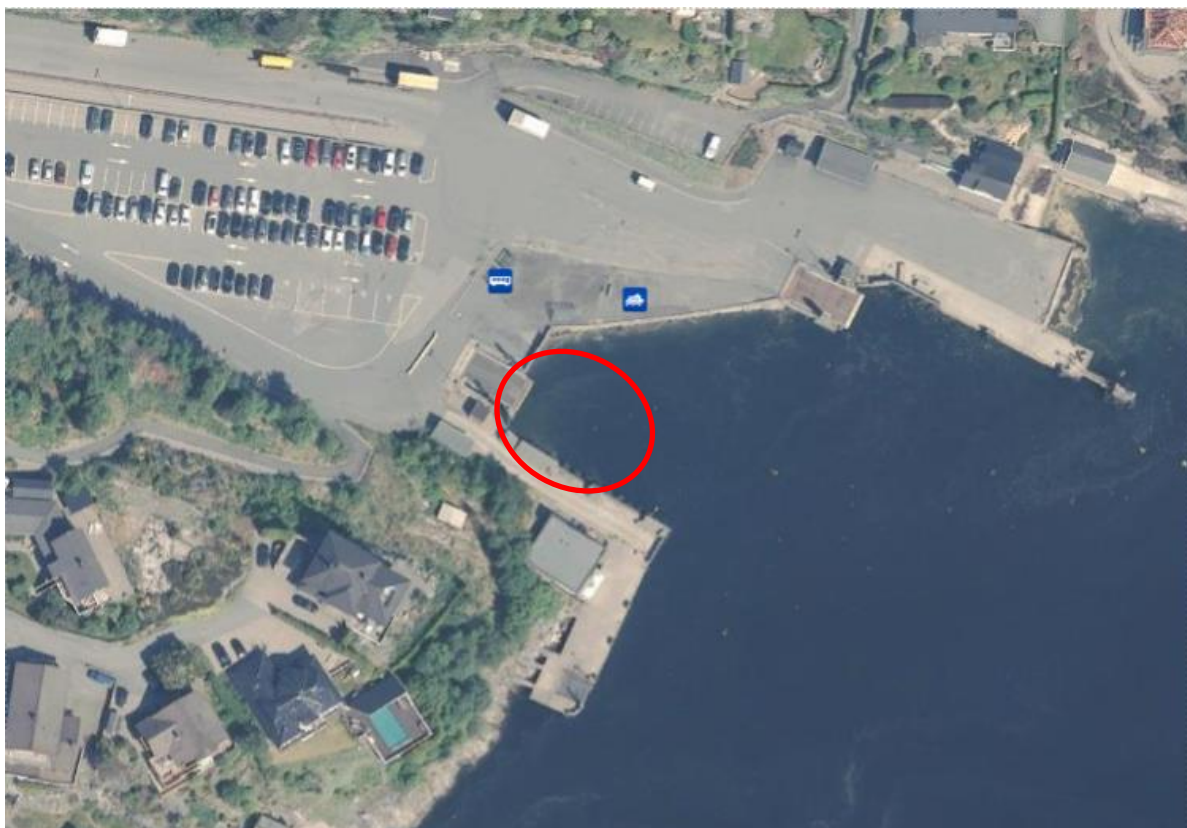
### 5.2.4 Lading på Kleppestø og bruk av kai(er)

Ladepunkt for Askøysambandet er ikke bestemt; Strandkaaien eller Kleppestø. Hvis det skal hurtiglades på Kleppestø, må det tas hensyn til at Kleppestø er i en transformasjonsfase, basert på en ny reguleringsplan. I lys av at kommunen har startet opp nytt planarbeid i 2019, er det ikke sannsynlig at ny plan er vedtatt og ny(e) kai(er) ved Maltvikaneset er ferdig til oppstart av et elektrifisert hurtigbåtsamband i 2023.

Hvis det skal hurtiglades på Kleppestø, må ladeinfrastruktur i første omgang bygges på eksisterende kai. Det krever midlertidig dispensasjon fra eksisterende reguleringsplan. Når ny reguleringsplan foreligger og eksisterende kai avvikles, må ny kai ved Maltvikaneset være klar. Ladeinfrastrukturen må flyttes til ny kai. Det er sannsynlig at eier av ladeinfrastruktur bekoster flytting av denne til ny kai. Finansiering av ny(e) kai(er) er ikke avgjort. Overslagsmessige kostnader for nye kaier, enten som flytekaier eller kombinasjon av fast kai og flytekai, finnes i vedlegg 2.

Askøysambandet har en noe skjev retningsfordeling av passasjertrafikken i løpet av en normal dag. Det er flest reisende mot Bergen om morgenen og motsatt om ettermiddagen. Det er derfor praktisk at begge båtene ligger på Kleppestø om natten. Dvs. at de starter fra Kleppestø om morgenen og returnerer «hjem» om kvelden. Hvis det lades på Strandkaaien, kan én båt likevel ligge der om natten og den andre saktelades på Kleppestø. Hvis all lading skjer på Kleppestø, trengs det en ekstra kai, en liggekai, til båt nr. 2. Hvis det blir tilfellet, er det vesentlig at Askøy kommune får beskjed om det, slik at pågående reguleringsplanarbeid kan innarbeide nødvendig areal til 2 båter. Én kai for passasjerutveksling med hurtiglading og saktelading. Én liggekai med saktelading.

### 5.3 Knarvik kai



Figur 17. Ortofoto Knarvik kai

Knarvik kai fungerer som beredskapskai for E39 og som kollektivterminal med innfartsparkering for Norhordalandssambandet. Passasjerbåten legger til ved kaien som er markert med rød sirkel. Den nordlige del av kaien fungerer som beredskapskai i tilfelle Norhordalandsbrua blir satt ut av drift. Kaiområdet er eid av Statens vegvesen.

### **5.3.1 Møter med Alver kommune**

Vi har hatt to møter med Alver kommune representert ved samfunnsutvikling i rådmannens stab. I tillegg har vi hatt kontakt med plan og bygningsetaten pr. telefon. Dersom det er behov for endring av kai og annen infrastruktur i forbindelse med elektrifisering av båtene, vil Alver kommune prioritere nødvendig saksbehandling for dette.

### **5.3.2 Mengde strøm tilgjengelig**

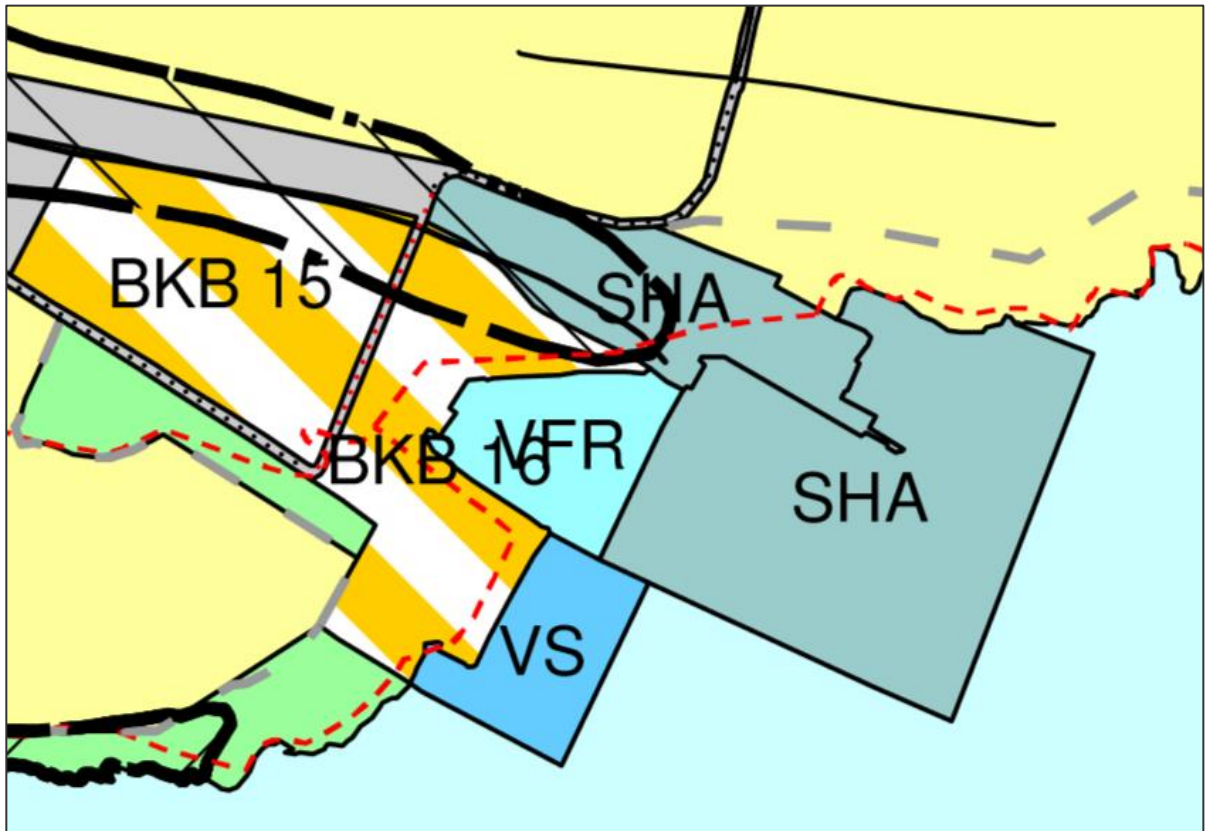
Kaianlegget på Knarvik ligger i Alver kommune hvor BKK Nett har ansvar for strømforsyningen til kaien. Kaianlegget blir i dag forsynt med strøm via en lavspentkabel fra en nettstasjon som ligger ca. 250 meter fra kaiområdet. Begrensinger i kabelen gjør at det ved lading i Knarvik vil være behov for å oppgradere det nærliggende nettet, uansett effektuttak. Det er begrenset tilgjengelig kapasitet i det eksisterende nettet, men nok effekt til nattlading som går over lengre tid og derfor har et mye mindre effektbehov enn hurtiglading.

BKK Nett viser til at Knarvikområdet er et område med mye bebyggelse og næring, og området har i dag underskudd på kraft. For å oppgradere kraftforsyningen i området og det er planlagt etablering av en ny transformatorstasjon i 2022 som vil bedre kraftforsyningen i området. Denne trafoen er tenkt plassert ca. 2km fra Knarvik kai. Ved å legge egen 22kV høyspentkabel fra denne vil det normalt gi en kapasitet på opp mot 10MW, med forbehold om kapasitet i ny trafo ikke allerede er satt av til andre brukere. Estimert kostnad er på ca. 5-6 MNOK for å legge egen høyspentkabel til en egen nettstasjon på kaiområdet, denne kostnaden kan deles på, hvis det er flere som trenger strøm langs samme strekning.

I tillegg til nettoppgraderingskostnader vil det komme kostnader for ny nettstasjon på rundt 2,3 MNOK.

### **5.3.3 Reguleringsmessige forhold**

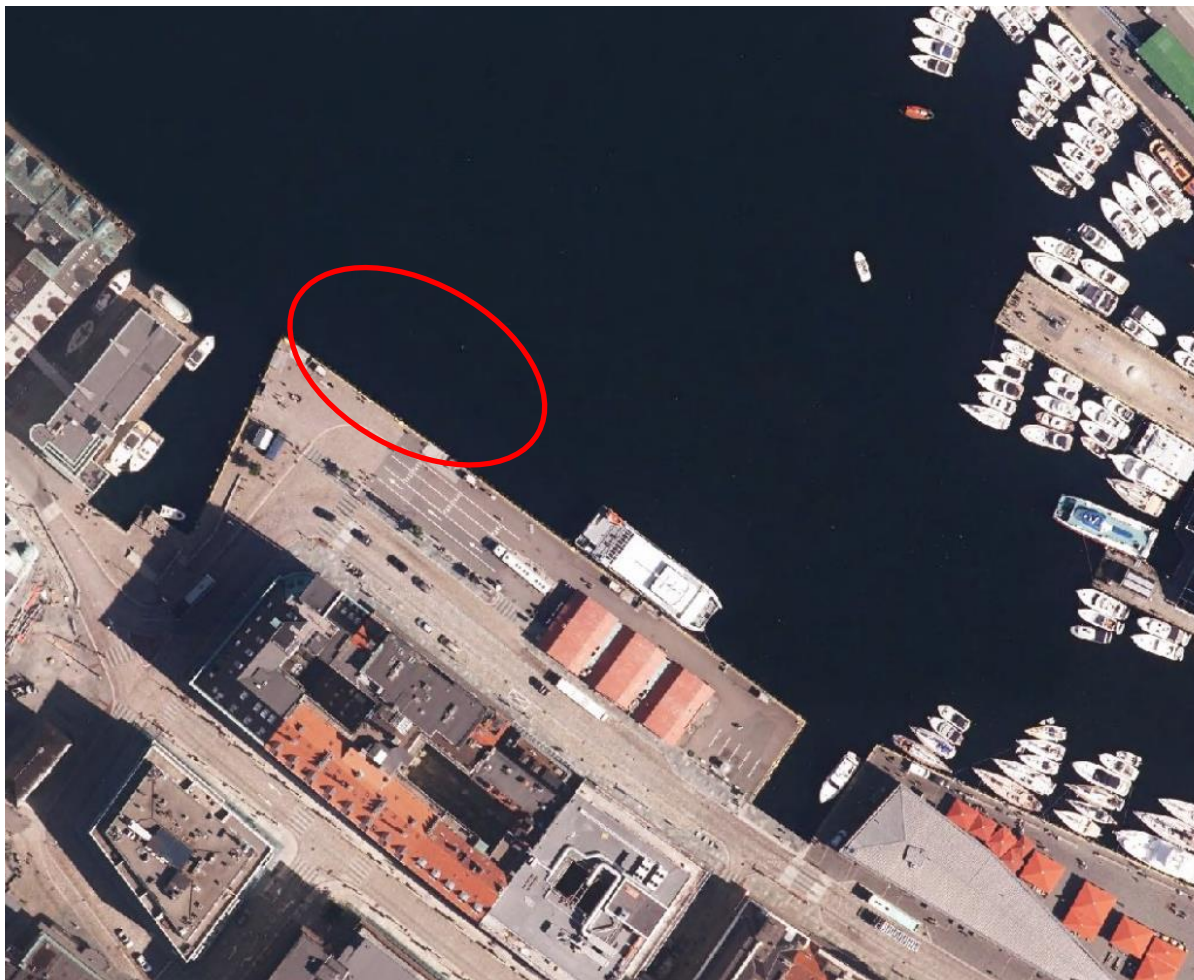
Gjeldende plan for Knarvik kai er kommunedelplan for Knarvik, Alversund, Alverstraumen vedtatt 10.11 2019. Kaiområdet der båten legger til i dag, er regulert til BKB Kombinert bygge- og anleggsformål. Sjøarealet der båten ligger er regulert til VFR friluftsområde i vann. Det er regulert inn et stort havneområde SHA i sjøen i tilknytning til beredskapshavnen. I tillegg er det regulert inn et område for småbåthavn VS.



Figur 18. Utsnitt av KDP Knarvik, Alversund, Alverstraumen



## 5.4 Strandkaien Bergen



Figur 19. Ortofoto Strandkaien

Strandkaien fungerer som kai for passasjerbåtene til Askøy og Alver (liggeplass markert med rød ring i flyfoto over) og for båtene til Sogn og Nordfjord. Båt til Rosendal legger til i Blaauwhopen lengst mot venstre i bildet. Båten til Sunnhordland er også innom Strandkaien 4 ganger pr dag. Kaiområdet er eid av Bergen kommune. Det er et terminalbygg, Strandkai terminalen, på området og i tillegg er det satt opp et venteskur for Askøybåten og Nordhordlandsbåten nærmest Blaauwhopen. Strandkai terminalen eies av Bergen kommune og leies av Bergen Havn.

### 5.4.1 Mengde strøm tilgjengelig

Dersom lading av hurtigbåtene skal foregå på Strandkaien, vil det være behov for 2,8 MW for Askøybåten og ca. 1,5 MW for Nordhordlandsbåten som hybrid. (Se vedlegg 1)

Strandkaien ligger i Bergen Sentrum hvor BKK Nett har ansvar for forsyningen til kaien. Det er i dag opp til 1,5 MW ledig kapasitet i eksisterende nett på Strandkaien (gitt at tilknytningen ikke forårsaker problemer med spenningskvaliteten for de øvrige kundene som forsynes fra denne høyspenningskabelen.) I det tilfellet vil det komme kostnader i forbindelse med ny netstasjon og kabling til denne på omtrent 1 MNOK.

For effektbehov utover dette må det legges ny 11kV høyspentkabel fra transformator lokalisert i Bergen sentrum, ca. 1,2 km fra Strandkaien. Dette vil gi en tilgjengelig kapasitet på opp mot 5MW i tillegg til de 1,5MW som allerede er tilgjengelig.

BKK Nett opplyser at en stor del av strekningen består av rørkjeder og kulvert, så behovet for graving kan begrenses til innføring i transformatorstasjonen og i området på Strandkaaien. Kostnadene ved fremføringen av ny høyspentkabel (5MW) anslås dermed til i størrelsesorden 2,3 MNOK, i tillegg kommer kostnader til nettstasjon på omtrent 2,5 MNOK og 2 likerettere på til sammen 12-13 MNOK.

Plassering av nye nettstasjoner kan bli en utfordring. Det er mulig det kan finnes plass til to rom ved siden av eksisterende nettstasjon inne i terminalbygget. Alternativt må de plasseres i et tilbygg eller som frittstående konstruksjoner. Et tilbygg kan være en bedre løsning enn en frittstående nettstasjon på kaiområdet. Pris vil variere ut fra valg av nettstasjon løsning. Det er en fordel om nye nettstasjon og nye likerettere plasseres inne i Strandkaiterminalen. Se også kapittel 5.6.2

**Figur 20** Eksisterende nettstasjon på Strandkaaien er integrert i terminalbygget



## 5.5 Reguleringsmessige forhold på og rundt Strandkaaien

### 5.5.1 Kommuneplanens arealdel KPA 2018. Bestemmelser

#### §1 Formål

Kommuneplanens arealdel skal bidra til å oppnå målene som er stilt i kommuneplanens samfunnsdel. Det pekes spesielt på at vi må:

- sørge for en grønn, bærekraftig og klimanøytral byutvikling

#### § 36.2 Båndlegging etter lov om kulturminner (730)

##### 36.2.1 Fredet bygrunn i Bergen sentrum

a. Tiltak som nevnt i kulturminnelovens § 3 og som kan berøre middelalderbyen, må søke dispensasjon fra lovens bestemmelser. Søknad om inngrep i automatisk fredet kulturminne innenfor hensynssonen skal sendes kulturminnemyndighet.

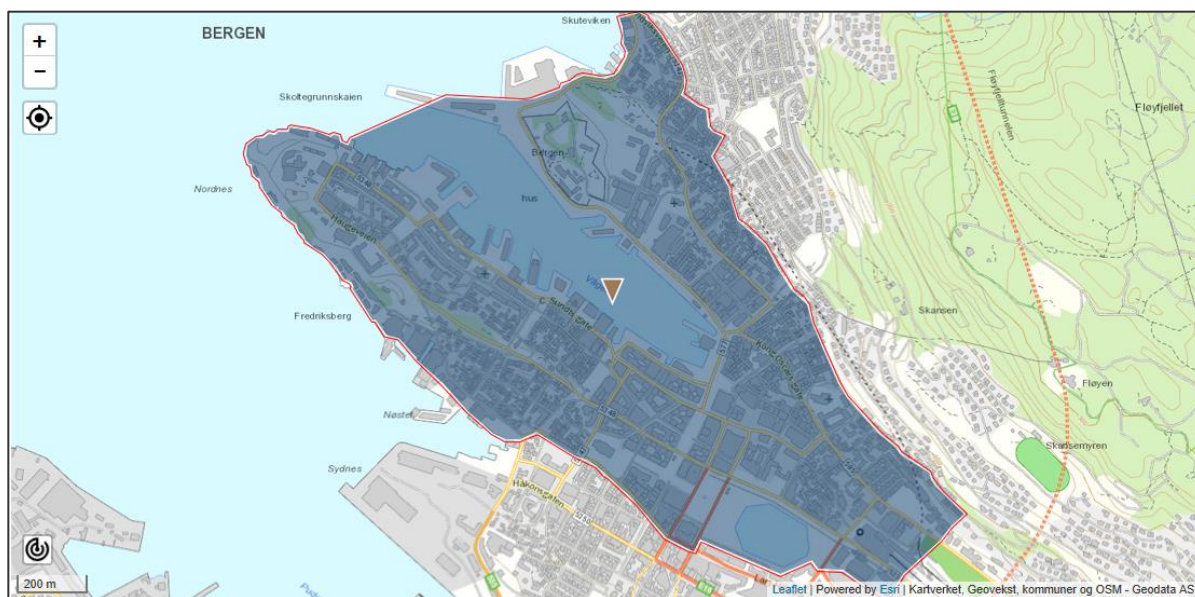
b. Innenfor bysentrum finnes det automatisk fredete kulturlag fra middelalderen. Ved tiltak i, eller i nærheten av disse hvor det er fare for påvirkning av grunnvannstand, kreves miljøoppfølging. Riksantikvaren avgjør hvordan miljøoppfølgingen skal gjennomføres.

Fredet bygrunn forvaltes etter Kulturminneloven

Det kreves særskilt tillatelse fra riksantikvaren for følgende tiltak:

- Inngrep i bakken (for eksempel graving eller treplanting)
- Tiltak som kan endre grunnvannsnivået
- Miljøoppfølging kan være miljøovervåking, sikring av kildemateriale ved en arkeologisk utgravning eller ved tiltak som hindrer endring av grunnvannstanden.

Se også reguleringsplan for Vågen, kaiene og Bryggen, som angir soner med ulik grad av sårbarhet i kulturlagene.



Figur 21 kart Automatisk fredet bygrunn Bergen sentrum

### 5.5.2 Strategi for sjøfronten i Bergen sentrale deler (under behandling)

Formålet med sjøfrontstrategien er å:

- styrke byens kontakt med sjøen
- skape rammebetingelser for god byutvikling langs sjøfronten
- bidra til god sammenheng og kvalitet i byrommene mot sjøen

Om Vågen

- I dette delområdet er det ikke behov for å etablere nye promenadenker, men å avklare tilgjengelighet på eksisterende kaikanter og legge bedre til rette for opphold og bruk enkelte steder.
- Havneaktivitet skal fremdeles prioriteres i dette delområdet
- Drift av havnen må ikke være til hinder for tilgjengelighet til sjøfronten
- Tidvis stengsler for opplevelsen av sjøen: Store båter som ligger til kai, salgstelt på fisketorget, trafikken over bryggen, og aktive kaier.

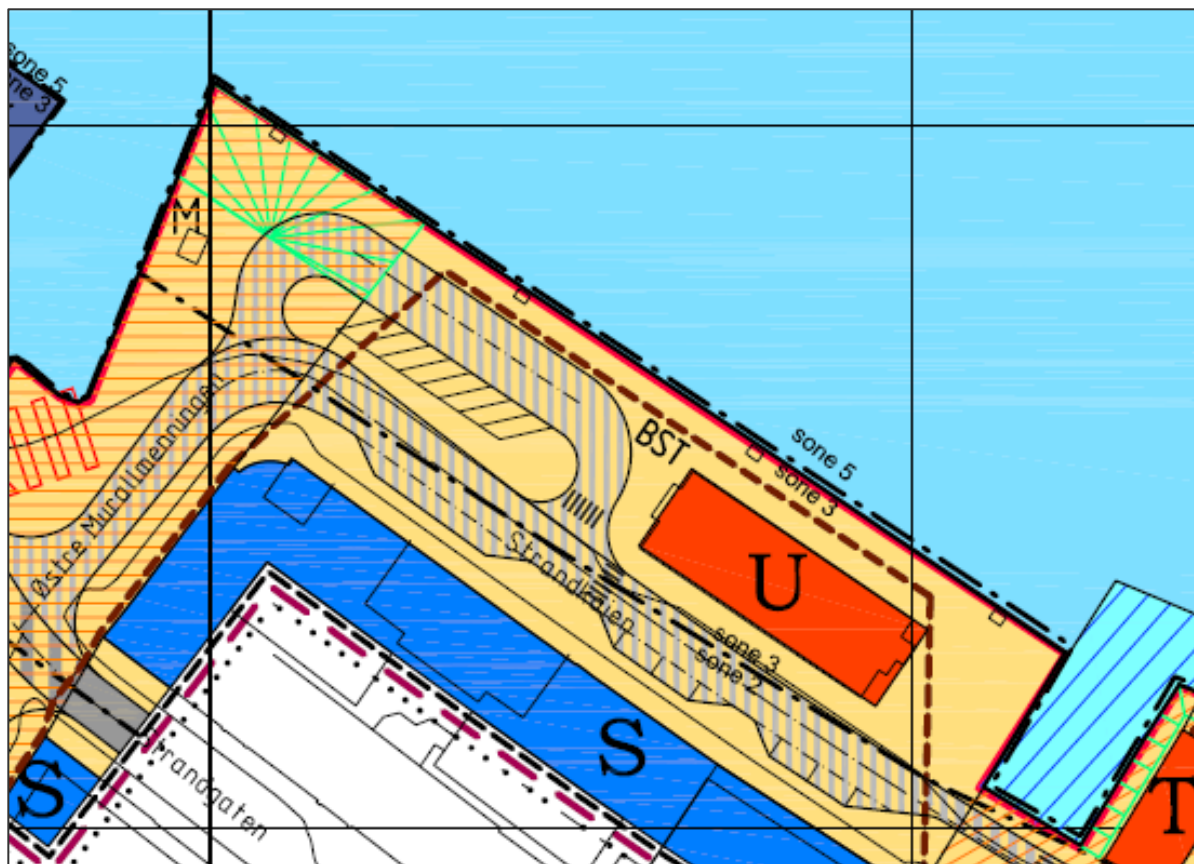
Bybane på sjø er nevnt, men ellers er persontrafikk med båt i liten grad del av strategien.

### 5.5.3 Reguleringsplan for Vågen, kaiene og bryggen

Gjeldende reguleringsplan for Strandkaien er Vågen, kaiene og Bryggen, vedtatt 11.12 2006. Reguleringsplanen ble utarbeidet som en følge av at Unesco og Riksantikvaren så et behov for å fastsette en buffersone rundt verdensarvstedet Bryggen. Planen har fokus på det helhetlige kulturmiljøet rundt Vågen, på byromskvaliteter og levende byrom:

Reguleringsformål på Strandkaien er:

Gangareal med byromsbruk, kjørevei i fotgjengerprioritert område, utsiktspunkt og offentlig bygning.



Figur 22. Utsnitt av reguleringsplan for Vågen, kaiene og Bryggen

#### 5.5.4 Sentrale bestemmelser til planen

##### 2. Verdensarvstedet Bryggen

Alle tiltak innenfor planområdet og spesielt nærområdet til verdensarvstedet Bryggen skal utformes slik at vernebehovet i og rundt verdenskulturminnet blir sikret. Behovet for en buffersone skal ivaretas gjennom krav til saksbehandling og detaljerte bestemmelser for bruk og utforming av omgivelsene, både sjø- og landarealene.

##### 2.1 Helhetlig kulturmiljø:

Alle tiltak i planområdet skal bidra til å bevare og formidle historiske og romlige sammenhenger, og sørge for vern og pietetsfull skjøtsel av antikvarisk verdifull bebyggelse, byrom og bylandskap. Historiske verdier, også maritim historie, skal ivaretas og formidles til nytte og glede for byens befolkning.

##### 2.2 Byromskvaliteter

Alle tiltak i planområdet skal utformes slik at de grunnleggende romlige kvalitetene i dette sentrale byrommet, både de naturgitte og menneskeskapte, sikres og utvikles på en god måte.

##### 2.3 Levende byrom

Havneaktiviteten rundt Vågen har en ubrutt tradisjon siden byens etablering. Alle tiltak i planområdet skal legge til rette for en aktiv bruk av det offentlige byrom, også sjøflaten, og gi gode vilkår for næringsvirksomhet i byrom og bebyggelse, spesielt sjørelatert, som kan bidra til et levende bysentrum.

#### 5.2.1.6 Møblering og installasjoner

(.....) Benker, gjerder, bosspann, blomsterkasser, skilt, belysningselement, tekniske installasjoner, busskur, sykkelstativ, torgboder og annen overdekning skal gis en utforming og plassering hvor de underordnes og integreres i byrommenes mangfoldige helhet og store tidsdybde.

#### 6.5 Siktsone

I område mellom stiplet brun linje og kaikant som er vist på plankartet, er det ikke tillatt å sette opp permanente eller midlertidige konstruksjoner, dersom ikke annet er bestemt. Mindre byromselement, som benker og havnebetjenende element, lavere enn 1,0 m kan plasseres i området.

#### 6.2.2 Gravedybder

Graving tillates uten særskilt søknad etter kulturminneloven (Kml) inntil:

Sone 1. Maks 0,5 m under dagens overflate

Sone 2. Maks 1,0 m under dagens overflate

Sone 3. Maks 2,0 m under dagens overflate

Ut over dette krever all graving innen disse sonene søknad iht. Kml. § 8, 1. ledd.

Innenfor sone 4 krever all graving søknad iht. Kml. § 8, 1. ledd.

Sone 5. Alle tiltak som medfører inngrep i eller tildekking av havbunnen krever tillatelse etter Kml. §§ 8, 1. ledd og 14.

#### 6.2.3 Graving i eksisterende ledningstraseer

På vilkår av arkeologisk arbeid tillates graving i eksisterende ledningstraseer ned til eldre gravedybder. Melding må sendes rette kulturminnemyndighet i god tid før arbeidets start for avklaring av arbeidets omfang og kostnadsramme jf. Kml. § 10. En redegjørelse av potensialet for drenering av omliggende kulturlag kan kreves.

For Strandkaaien gjelder sone 3 og for sjøen utenfor gjelder sone 5.

### 5.6 Møter med myndigheter i Bergen

Rambøll har hatt ett møter med Bergen Havn og Plug, og ett møte med Bergen kommune v/plan og bygningsetaten. Det er sent i prosessen også holdt møte med Vestland fylkeskommune, seksjon for kulturarv. I møtene presenterte Rambøll hvilke tiltak/installasjoner som kreves for å kunne drifte elektriske båter med lading på Strandkaaien. Det kan bli nødvendig å anlegge flytekaier da ladeinfra-strukturen ikke takler den høydeforskjellen som flo/fjære utgjør. Rambøll viste prinsippsskisser for alternative utforminger av flytekaier.

Både Bergen Havn og Bergen kommune var positive til tiltaket og åpen for at det ville være mulig å etablere nødvendig infrastruktur for lading på Strandkaaien.

#### 5.6.1 Tilbakemelding fra plan og bygningsetaten

Strandkaaien er et viktig kollektivknutepunkt, og bybåtene representerer en aktivitet som er ønskelig i området. Denne funksjonen har prioritet foran fritidsbåtene.

Det er ingen direkte hindringer for å anlegge flytere, men det må gjøres i samråd med Bergen havn. Man må ta hensyn til utsikten fra Torget, i den sammenheng kan det være problematisk med flytere helt inn mot Wallendalshopen.

Alle tiltak må gjøres med hensyn til intensjonen i reguleringsplanen, viktig å spille på lag med planen og med de historiske referansene. Se f.eks. ev. flytere i sammenheng med Blaauwhopen og hopene videre utover på Strandsiden.

Det er ønskelig å minimalisere tekniske installasjoner på land, jf. regulert siktsone. Forslaget om å legge installasjoner inn i terminalbygget er interessant.

### **5.6.2 Tilbakemelding fra VL fylkeskommune, seksjon for kulturarv**

Tilbakemeldinger fra seksjon for kulturarv er foreløpige og be gitt i et møte med etaten sent i utredningsarbeidet:

Installasjoner som trafo og likeretter på kai er lettest å få godkjent hvis det plasseres inne i eksisterende bygg.

Tiltak i sjø (flytebrygger) kan være lite ønskelig fordi vannflaten er en viktig del av det verneverdige bylandskapet.

Tiltakets synlighet fra Bryggen kan være vel så viktig som utsikt til Bryggen.

Eventuelle tiltak som skal etableres på kai (for eksempel kabelladetårn) må få en god utforming i tråd med plankrav og med minst mulig fotavtrykk.

På spørsmål fra Skyss ble bekreftet at det kan være et moment at flytebrygger er et reversibelt tiltak. Det er viktig å tydeliggjøre hvor mange liggeplasser det er behov for på Strandkaaien.

Uavhengig av hvordan Bergen kommune vurderer behandling av en eventuell søknad som inkluderer ladeinfrastruktur og eventuelt flytekaier, vil det være en sak som skal til høring hos ulike myndigheter, hvor kulturminnemyndighetene er sentrale. Det gjelder både Riksantikvar, Vestland fylkeskommune og Byantikvaren (og Bergen Sjøfartsmuseum dersom tiltak i sjø).

### **5.6.3 Lading på Strandkaaien**

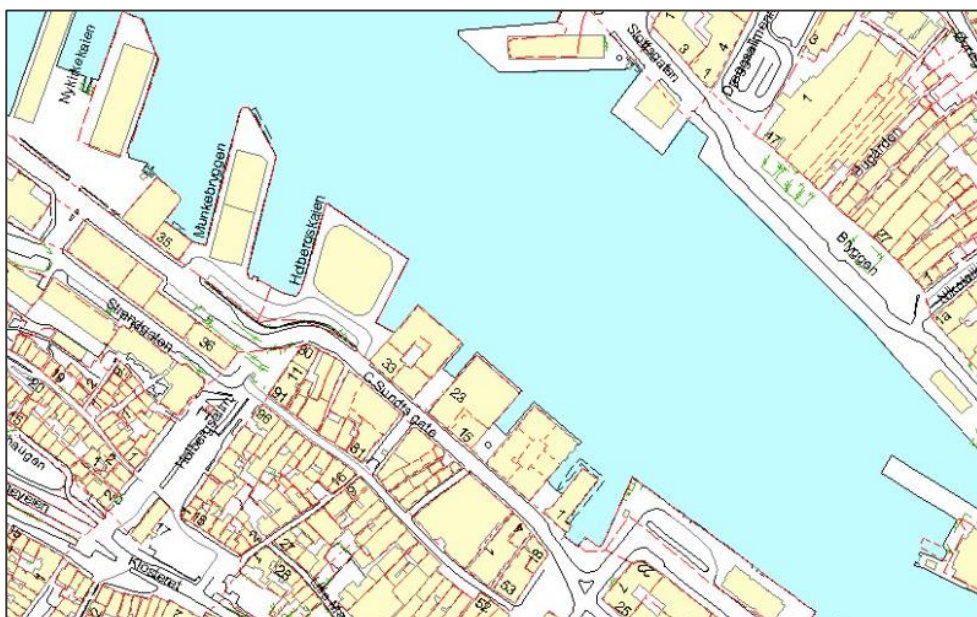
Dersom man skal legge opp til hurtiglading av båter på Strandkaaien, med de tiltak det medfører, er det viktig å forholde seg til intensjonen i reguleringsplanen.

Det er ønskelig å minimalisere tekniske installasjoner på land, jf. regulert siktsone og krav til byromskvaliteter. Det bør derfor søkes å plassere nettstasjon og likerettere inn i terminalbygget. Reguleringsplanen åpner opp for å gjøre endringer på Strandkai terminalen. En pakke der en kombinerer nye tiltak for elektrifisering med en opprustning av Strandkai terminalen vil trolig bli godt mottatt i kommunen.

Man må spille på lag med planen og med de historiske referansene. Kaiene rundt Vågen har endret seg i takt med at nye båttypen er kommet til og nye behov har oppstått. Opprinnelig lå seilskutene for anker inne i vågen og varer ble fraktet til land med småbåter. Mens Bryggesiden på et tidspunkt har fått lange rette kaianlegg tilpasset innføringen av dampskip, har Strandsiden av Vågen bevart deler av en struktur med smale hoper der sjøen kommer inn mellom bebyggelsen. Ev. flytekaier eller utstikkere kan ses som en videreutvikling av kaistrukturen utover på Strandkaisiden.



Figur 23. Kart fra 1883. Dagens kailinje er markert med blå strek



Figur 24. Kart fra 2020

#### Oppsummert:

- Elektrifisering av båtene er i tråd med formålet om en grønn, bærekraftig og klimanøytral byutvikling
- Den aktiviteten som bybåtene representerer i Vågen er en videreføring av en lang historisk tradisjon og i tråd med det bylivet man ønsker å ha i området.
- Kaiene rundt Vågen har gjennom historien endret seg som følge av nye båttyper og endringer i behovet. Elektrifiseringen av passasjerbåtene er det neste steget i denne utviklingen.
- Utvikling av batteriteknologi og ladeinfrastruktur er i en rivende utvikling, og behovet for installasjoner kan endre seg. Flytekaier er et reversibelt tiltak, og kan fjernes dersom utviklingen tilsier at behovet ikke lenger er der.

- Tiltaket må utformes med respekt for historiske referanser og med moderne et formuttrykk.
- Foreløpige signaler fra kulturmyndighetene tilsier at flytebrygger er lite ønskelig og nye nettstasjoner og likerettere bør plasseres inne i Strandkai terminalen.

#### **5.6.4 Videre prosess**

Plan og bygningsetaten har signalisert at tiltak på Strandkaien kan behandles som byggesak. Dette forutsetter at tiltakene vurderes å være samsvar med formål, program og reguleringsbestemmelsene.

Hvordan antikvariske myndigheter vurderer tiltakene, vil her være helt sentralt. I dette tilfelle bør både Riksantikvar, fylkeskonservator og Byantikvar involveres, og det er viktig å komme i en tidlig dialog med disse.



## 6. KAIER

### 6.1 Valg av ladekai

På Kleppestø bruker hurtigbåten et tidligere ferjeleie. Kleppestø er i omforming og det vil være mulig å tilpasse eventuelt nytt kaianlegg til ny arealbruk. Vår vurdering er at det også er mulig å etablere flytekai hvis det viser seg nødvendig. På Kleppestø er det tilstrekkelig strøm til å kunne hurtiglade båtene.

I Knarvik bruker hurtigbåten det ene av de to tidligere ferjeleiene for Steinestø - Knarvik. Det er begrenset med planer for omforming av området. Vår vurdering er at det også er mulig å etablere flytekai hvis det viser seg nødvendig. I Knarvik er det mulig å hente tilstrekkelig ladestrøm innen et par år. Strømmen må hentes fra området Isdalstø ca. 2 km fra kaien.

På Strandkaien er det mulig å forsyne området med tilstrekkelig strøm for å lade Askøybåtene og eventuelt også en hybridbåt i Nordhordlandssambandet.

Nettstasjon og likerettere vil man måtte ha uavhengig av hvor man velger å hurtiglade båtene. Hvis man lader på Strandkaien, kan man forsyne to båter fra en nettstasjon, men med hver sin likeretter. Nettstasjon og likerettere bør plasseres inne i Strandkaierterminalen.

Ut fra dette har vi valgt å gå videre og se på kailøsninger både på Strandkaien og på Kleppestø og i Knarvik.

### 6.2 Ladeinfrastruktur på Strandkaien

Det er tre måter å hurtiglade hurtigbåter:

- Kabel/kabler fra et kabelladetårn med støpsel og kontakter på båten. Det kan gjøres fra fast kai eller flytekaier
- Pantograf med ladeskinner på båten. Pantograflading krever flytekai på grunn av at høydeforskjellen mellom flo og fjære er større enn normal fleksibilitet til en pantograf.
- Induksjonsplater (kontaktløs lading). Induksjonslading krever flytekaier.

Tidsfaktoren for tilkobling av ladestrøm er kritisk. Båtene har korte liggetider og dermed korte ladetider.

Induksjonslading krever relativt tungt utstyr montert på båt og en eller annen mekanisme som holder båt og kai meget stabilt i forhold til hverandre. Vår vurdering er at det vil være meget krevende å få til på Strandkaien, med fast kai. Basert på en flytende kai kan det være mulig. Vekt av utstyr på båt inklusive forsterkning av skrog for å lage en mekanisme som suger båten fast til kai, taler imot induksjonslading.

Vår konklusjon etter inngående dialog med leverandører av ladeinfrastruktur er at kabellading eller pantograflading er de løsningene man bør vurdere i det videre arbeidet.

### 6.3 Lading fra fast kai

Kabellading fra fast kai er mulig. Det forutsetter et ladekabeltårn som er høyt nok til å takle tidevannsforskjeller og med en arm som er lang nok til å nå et ladepunkt på båten. Det antas at ladepunktet rent praktisk kan plasseres fremme på baugen på babord eller styrbord side. (Venstre eller høyre).

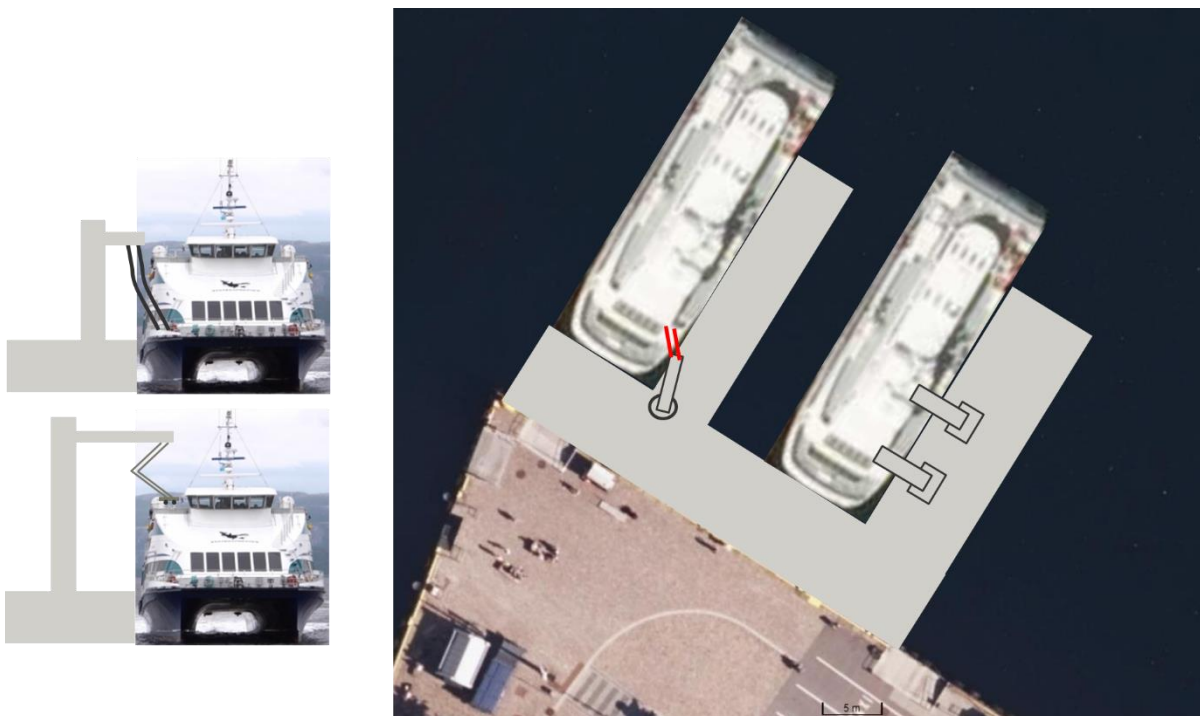


Figur 25 Illustrasjon av ladekabeltårn på fast kai

Pantograflading fra fast kai er vanskelig å kombinere med passasjerutveksling over baugen. Det trengs 2 pantografer for å kunne overføre tilstrekkelig mye strøm. Eventuelle pantografer på fast kai må i tilfelle ha lang rekkevidde for å nå ut til ladepunkter på båt. Det indikerer store konstruksjoner som med stor sannsynlighet er krevende å få akseptert i lys av gjeldende reguleringsplan.

#### 6.4 Lading fra flytende kai

Lading fra flytekai er mulig både med pantograf og kabel.



Figur 26 Illustrasjon. Lading fra flytekai - kabel og pantograf

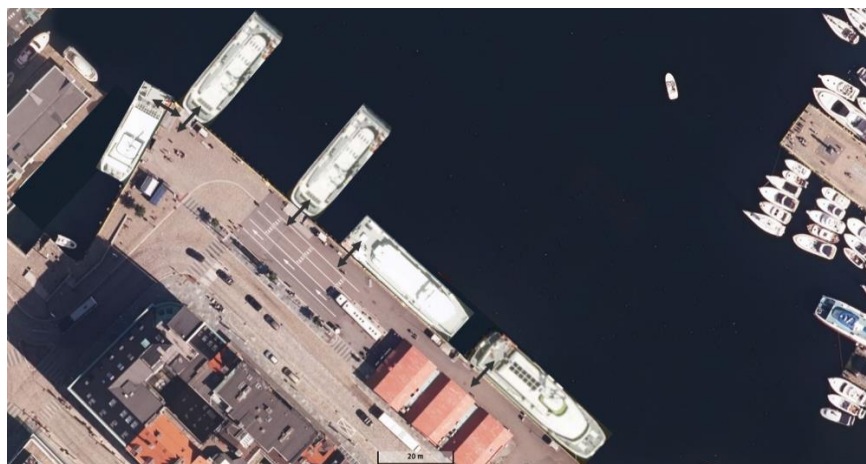
En pantograf har antakelig en noe mer omfattende konstruksjon på grunn av armen som holder selve pantografen, enn et tårn med kabellading. Pantograflading krever derfor sannsynligvis en noe større flytekai enn en kabellader. Det antas at pantografen bør stå på brygge og ikke på båten, for å minimalisere vekt og saltvannseksposering av det tekniske utstyret.



Figur 27 Eksempel på pantograflader, panto ned

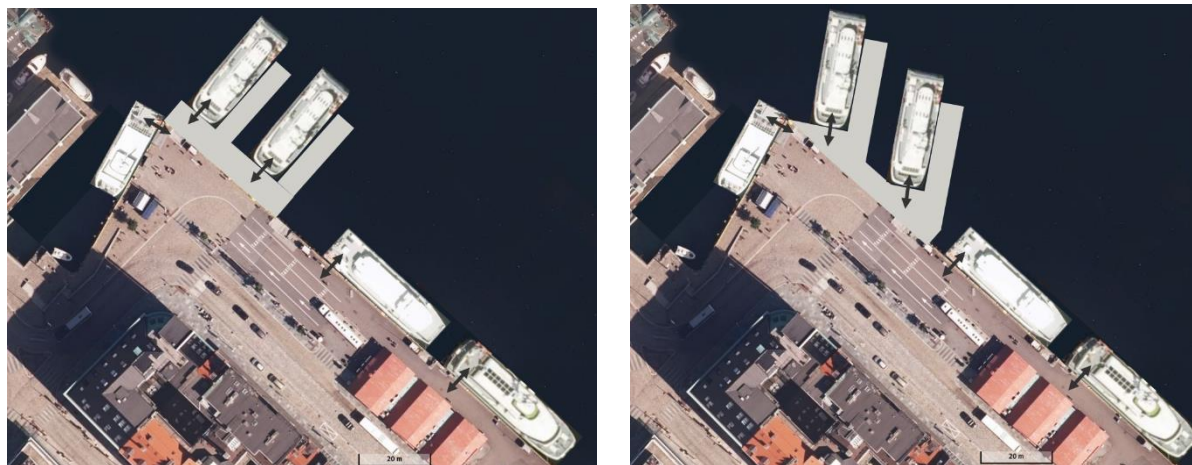
### 6.5 Utforming av flytekaier, eksempler

Dagens hurtigbåter til Askøy og Alver legger til 90° på den faste kaien på grunn av passasjerutvekslingen over baugen. Det er den mest gunstige måten fordi landgangen på båten kombinert med mulig skråplan på brygge gjør det enklere å få til universell utforming. Bred landgang i baugen har stor kapasitet og det er enklere manøvrering for båten enn å legge til «long-side.» Skyss har avgjort at baugtillegg skal gjelde i fremtidige anbud for bybåtsambandene.



Figur 28 Dagens bruk av Strandkaia

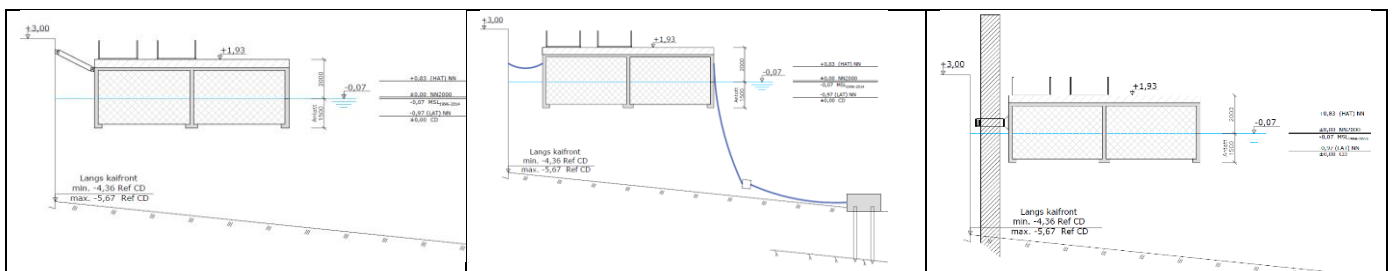
I dialogen med havnevesenet og Bergen kommune er det vist eksempler på 90° og ca 60° tillegg til flytekai.



Figur 29 Tillegging til flytekaier, 90° hhv ca. 60°

Manøvermessig er det litt raskere å komme til kai og starte lading ved skrått tillegg, men man får en noe lengre vending etter at man har bakket ut. Tidsforbruket totalt er omtrent det samme. Havnevesenet uttrykker positiv holdning til skrå flytekaier for Askøy og Alver kombinert med longside for de øvrige båtene. Hardangerfjordekspresen kan fortsette å ligge i Blaauwhopen

I dialogen med Bergen kommune er det gitt uttrykk for positiv innstilling til flytekaier som tar opp i seg den historiske utforminger med hoper på vestsiden av Vågen. Hvis man tilpasser seg vinkelen på Blaauwhopen, kan det gi en ryddighet i kaiuttrykket. En flytende kai kan forankres på forskjellige måter, med stag til land eller eksisterende kai, med moringer eller til påler festet i bunnen med metallbeslag som kaia sklir opp og ned langs, i takt med flo og fjære.



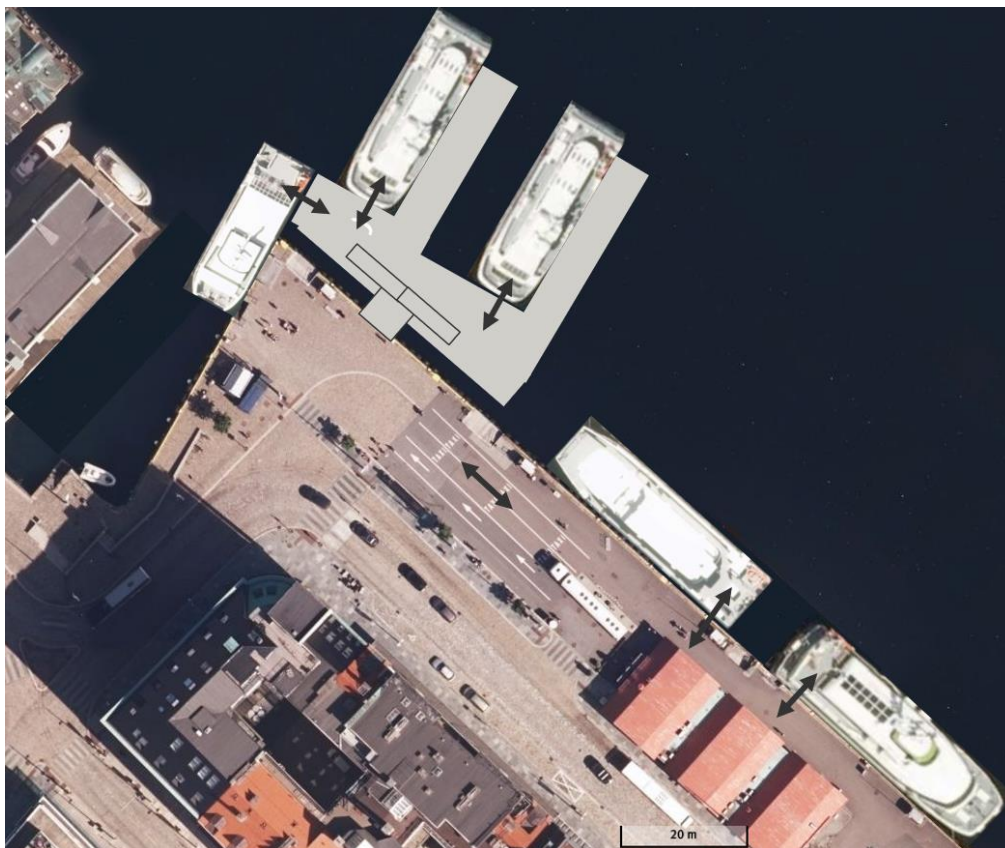
**Figur 30 Illustrasjon. Prinsipp for forankring av flytekaier. Stag til fast forankring i land eller eksisterende brygge. Moringer eller bunnforankrede påler.**

Ved lading fra en flytende kaikonstruksjon ved Strandkaien anbefaler Rambøll en løsning basert på påler. Se også 6.7.1

På Kleppestø (dagens kai) og i Knarvik legger båtene til ved eksisterende kaier. Ved pantograflading må man høyst sannsynlig lage en flytekai for å takle flo og fjære.<sup>2</sup> Den bør sannsynligvis ligge med en viss avstand fra båten, for ikke å binde operatør til en spesiell båtbredde. Begge steder bør det være mulig å forankre en flytende konstruksjon i land. Se også 6.7.2 For lading med kabel fra flytende konstruksjon gjelder det samme, bortsett fra at kaia kan være noe mindre.

Hvis Kleppestø ferjekai flytter til Maltvikaneset, kan det enten konstrueres en fast kai eller en flytekai forankret med stag i fjellpartiet øst for kaia. Kaia kan da også fungere som gangrute til friområdet sør på neset. Se også vedlegg 2.

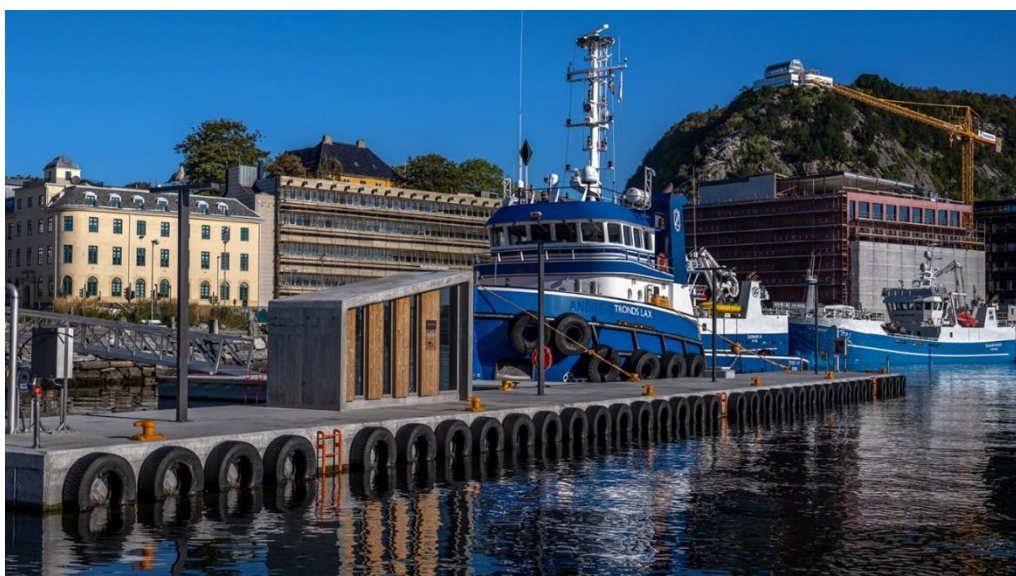
<sup>2</sup> Det kan være at leverandører kan levere pantografer med vesentlig større vertikal rekkevidde enn dagens ca. 1,2 m, og dermed en mulighet for plassering på fast brygge. Dette er ikke standard utstyr og vi har ikke indikasjon på at det er mulig eller på kostnad.



Figur 31 Flytekaier tilpasset vinkelen på Blaauwhopen, inkludert tilpassing til universell utforming

### 6.6 Utnyttelse av volum i flytekaier

Flytekaier som er dimensjonert for fartøyer av en viss størrelse er ofte flytende kasser utført i betong.



Figur 32 Eksempel på innvendig utnyttelse av volumet i en flytekai i Ålesund (Marine Solutions AS)

For å oppnå tilstrekkelig stabilitet og soliditet må de ha et visst volum, avhengig av størrelsen på kreftene fra de aktuelle båtene. Avhengig av valgt bredde må bryggene ha en viss dybde. For å kunne fortøye hurtigbåter er det beregnet et fortøyningsnivå 2 m over havflaten. Kassene må da stikke minimum 3 m ned i sjøen. Det gir mulighet for å utnytte innvendig volum i bryggene til installasjoner som batteribank, likeretter, lager eller lignende. Eksempel på en flytekai med utnyttbart volum er bygget i Ålesund, av Marine Solutions AS.

**Figur 33** Fra innsiden av flytekai i Ålesund (Marine Solutions AS)



Flytekaier har tradisjonelt en enkel nokså ru betongoverflate blant annet for å sikre god friksjon for de som beveger seg på bryggen. Det er fullt mulig legge andre dekker oppå betongen for å få flytekaier til å gli noe mer inn i miljøet den ligger i. Figur 34 viser materialitet på Bryggen i Bergen. Figur 35 viser en lignende materialitet Photoshoppet inn på flytebryggen i Ålesund.



**Figur 34** Eksempel på materialitet på kaigulv fra Bryggen i Bergen (Foto: Rambøll)

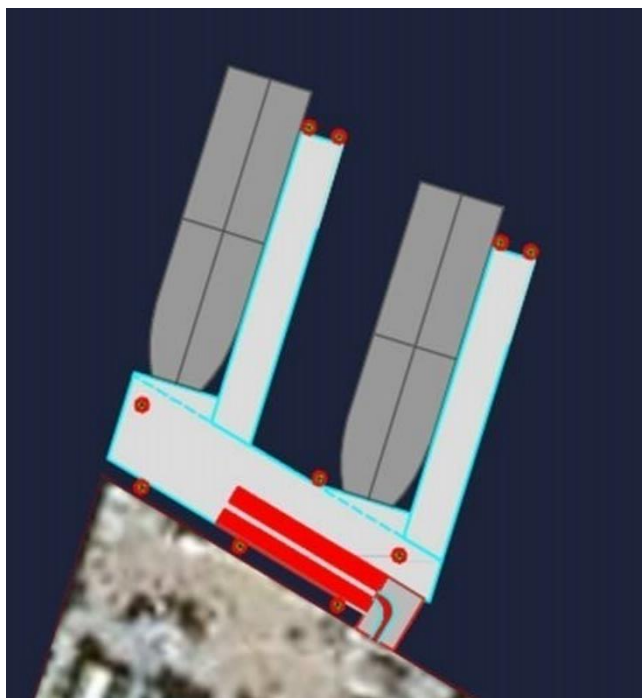


Figur 35 Illustrasjon av kai i Ålesund, med tredekke ala Bryggen (Marine Solutions AS/Rambøll)

## 6.7 Grunnlag for kostnader.

### 6.7.1 Strandkaien

På strandkaien er løsningen basert på en frittstående konstruksjon forankret til bunnen med påler. Kaien stiger og synker langs pålene med tidevannet. Kaien har en høyde på 2 m over vannet, ca. samme høyde som dekket på hurtigbåtene. Man har ikke valgt en løsning der flytekai er forankret inn i Strandkaien med leddete stag, fordi det ikke er tilstrekkelig kunnskap om Strandkaiens forfatning og i hvilken grad man må grave opp deler av kaien for å tilføre tilstrekkelig forankring av eventuelle stag.

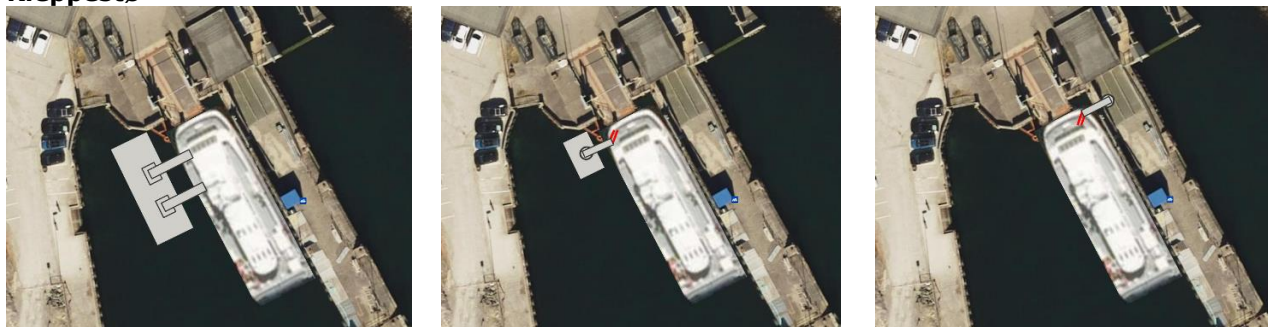


Figur 36 Prinsipløsning for flytekaier på Strandkaien. Bunnforankrede påler.

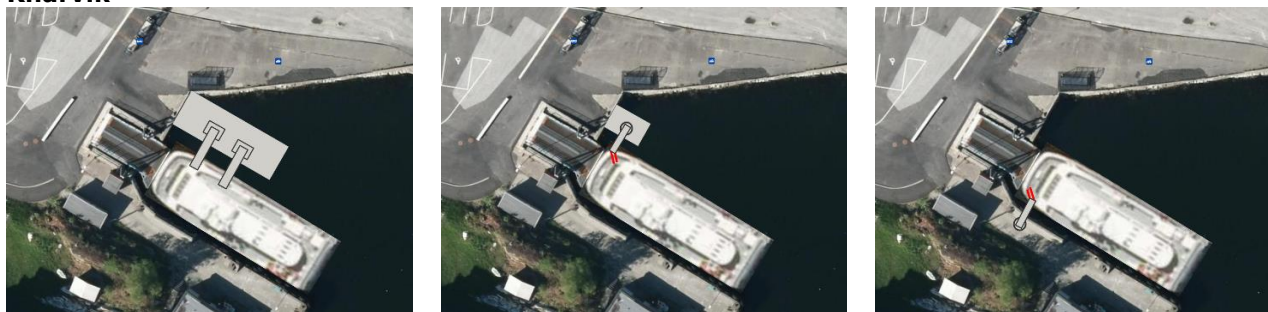
### 6.7.2 Kleppestø og Knarvik

På Kleppestø og i Knarvik er det sjablonmessig sett på tre varianter for plassering av ladeutstyr. Pantografer på flytekai (middels stor), kabellader på flytekai (liten) og kabellading fra fast kai.

#### Kleppestø

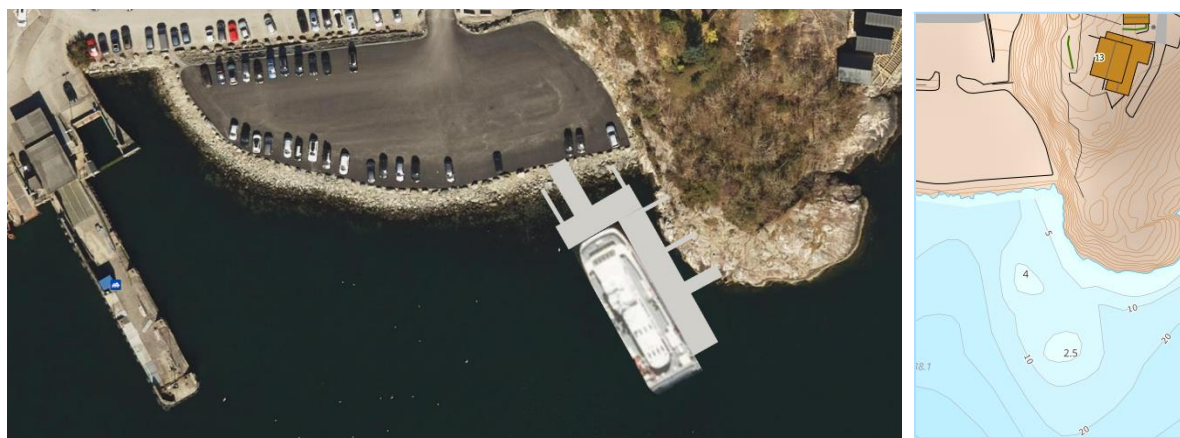


#### Knarvik



Figur 37 Illustrasjon. Forskjellige muligheter for plassering av utstyr for hurtiglading på Kleppestø og i Knarvik

Ny ferjekai på Kleppestø er vist vest for Maltvikaneset i eksisterende reguleringsplan. Den kan bygges som flytekai forankret med stag til fjell/utfyllt materiale, eller som fast kai, avhengig av hvilken lademetode man velger. Det er verdt å merke seg at det i dag er relativt grunt i det aktuelle området. Se vedlegg 2 for noe mer detaljer om kaier ved Maltvikaneset.



Figur 38 Illustrasjon. Flytekai med stagforankring ved Maltvikaneset, inklusive forbindelse til friområdet. Merk dybder.



### 6.8 Plassering av ladeinfrastruktur på kai

For å hurtiglade bybåtene til Askøy og Alver på Strandkaien, trengs følgende utstyr ladeutstyr:

- Nettstasjon, som henter strøm fra BKK sitt nett
- Eventuelt utstyr for å justere ladespenning fra nett til båt
- Likerettere, en til hver båt.
- Koblingsskap

Selve strømforbindelsen fra nett og inn til batteriene på båten, enten pantografer, kabler med kontakter eller induksjonsplater.

De neste figurene viser noen eksempler på hvor man kan plassere de største enkeltdelene. Det er valgt å illustrer plassering inne i Strandkai terminalen eller nordvest på bryggen ved pumpehuset. Hvis man velger å bygge flytekaier kan likerettere plasseres ned i kaivolumentet.

Legg merke til at flytekaierne på disse illustrasjonene er lagt vest for båtene, som en direkte forlengelse av Blaauwhopen. Det er for å illustrere at det finnes flere mulige løsninger og plasseringer av flytekaier inntil Strandkaien.

#### Illustrasjon 1

Ladetype: Pantograf

Nettstasjon: På Strandkaien

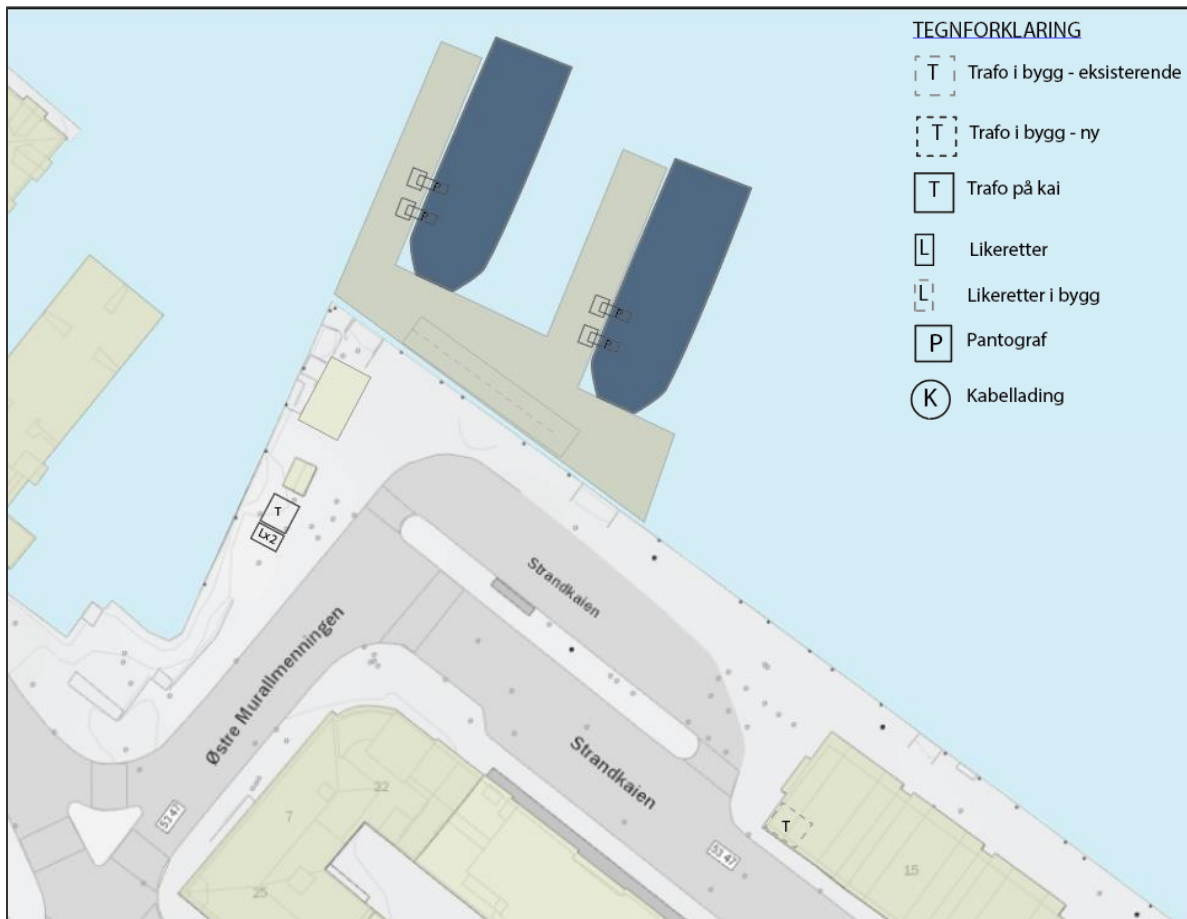
Likerettere: I flyte kai



Figur 39 Illustrasjon. Plassering av ladeinfrastruktur på Strandkaien

### Illustrasjon 2

Ladetype: Pantograf  
Nettstasjon: På Strandkaaien  
Likerettere: På Strandkaaien



### Illustrasjon 3

Ladetype: Kabel

Nettstasjon: I Strandkai terminalen

Likerettere: I Strandkai terminalen



Figur 40 Illustrasjon. Nettstasjoner (gammel og ny) og likerettere, plassert i Strandkai terminalen

## 7. GJENNOMFØRBARHETSVALDERING

### 7.1 Risikovurdering

	Strandkaien	Knarvik	Kleppestø – dagens kai	Kleppestø – fremtidig kai
Reguleringsplan – gjennomføringsrisiko	Gjeldende reguleringsplan har restriksjoner med tanke på installasjoner på kai og i Vågen.  Samtidig skal planen ivareta en ubrutt tradisjon med sjørelatert aktivitet på kaiene og på Vågen.	Tilbakemelding fra kommunen at søknad om tiltak vil bli prioritert. Ikke helt i henhold til kommunedelplan.	Tiltak for elektrifisering vil i prinsippet kunne behandles som byggesak. Krever midlertidig dispensasjon fra eksisterende reguleringsplan. Ny reguleringsplan er under arbeid.	Reguleringsarbeid pågår. Plassering av kollektivterminal er foreløpig uavklart, men reguleringsplanen vil kunne legge til rette for nødvendige tiltak.
Tidsrisiko. Gjennomføring innen 2023?	Usikkert.	Ja.	Ja.	Lite sannsynlig. Avhengig av enighet om bygging av ny kai med dispensasjon fra plankravet.
Kulturmiljø – gjennomføringsrisiko	Strandkaien inngår i et svært viktig kulturminnemiljø og en del av buffersonen rundt verdensarvstedet Bryggen.	Ingen kulturmiljø å ta hensyn til.	Ingen kulturmiljø å ta hensyn til.	Ingen kulturmiljø å ta hensyn til.
Tilgjengelig strøm fra nettet?	Ja. 2,8 MW for Askøybåten. Ja 1,4 MW for Nordhordlandsbåten som hybrid.	Ja. 1,4 MW for Nordhordlandsbåten som hybrid.	Ja. 2,8 MW for Askøybåten.	Ja. 2,8 MW for Askøybåten.
Ladeinfrastruktur montert på fast kai	Ja. Mulig restriksjoner på størrelse/antall. <b>Se egen matrise.</b>	Ja. Signaler fra kommunen er positive.	Ja, mulig. Men i strid med eksisterende regulering.	Ja, men forutsetter enighet om bygging av ny kai.
Ladeinfrastruktur montert på flytende kai	Ja. Mulig restriksjoner på størrelse/antall. <b>Se egen matrise.</b>	Ja. Signaler fra kommunen er positive.	Ja, mulig. Men i strid med eksisterende regulering.	Ja, men forutsetter enighet om bygging av ny kai.
Totalvurdering. Regulering, tid, kulturmiljø, energitilgang, ladeinfrastruktur og kaier	Tilrettelegging for elbåt med hurtiglading har varierende gjennomføringsrisiko. <b>Se egen matrise.</b>	Tilrettelegging for elbåt med hurtiglading vurderes som gjennomførbart.	Ladeinfrastruktur på eksisterende kai kan sannsynligvis aksepteres som midlertidig dispensasjon.	Forutsatt enighet om bygging (finansiering) av ny(e) kai(er).

\* Tiltak i uteområdene utenom de angitte delområdene med krav om detaljplan, og som er i tråd med planens bestemmelser og utformet med tanke på området historiske kontekst og Kulturminnegrnlaget nivå 2, kan saksbehandles som byggesak.

## 7.2 Strandkaaien

	Pantograf på flytekai	Kabeltårn på flytekai	Kabeltårn på fast kai	Nettstasjon/ likeretter på kai	Nettstasjon/ likeretter i Strandkai-terminalen
Reguleringsplan - gjennomføringsrisiko	Flytekai er ikke omtalt, men ikke direkte i strid med planen. Visuell konsekvens av kai og kabeltårn kan være stor.  Bestemmelse 5.2.2: «Vågen skal nyttes til havnevirksomhet. Havnens ubrutte tradisjon som levende flerbrukshavn skal videreføres bl.a. ved stor fleksibilitet og sesongvariasjoner. Ved bruksendring, nybygg og opparbeiding av uteareal langs kaiene skal tiltakenes konsekvenser for havnevirksomheten avklares	Flytekai er ikke omtalt, men ikke direkte i strid med planen. Visuell konsekvens av kai og kabeltårn kan være stor.  Bestemmelse 5.2.2: «Vågen skal nyttes til havnevirksomhet. Havnens ubrutte tradisjon som levende flerbrukshavn skal videreføres bl.a. ved stor fleksibilitet og sesongvariasjoner. Ved bruksendring, nybygg og opparbeiding av uteareal langs kaiene skal tiltakenes konsekvenser for havnevirksomheten avklares	I strid med reguleringsbestemmelse § 6.1. Samlet visuell konsekvens er likevel mindre enn for tiltak på flytekai.  Bestemmelse 5.2.2: «Vågen skal nyttes til havnevirksomhet. Havnens ubrutte tradisjon som levende flerbrukshavn skal videreføres bl.a. ved stor fleksibilitet og sesongvariasjoner. Ved bruksendring, nybygg og opparbeiding av uteareal langs kaiene skal tiltakenes konsekvenser for havnevirksomheten avklares	I strid med reguleringsbestemmelse §§ 4.3 og 6.1.  Stor visuelle konsekvens	Liten/ingen reguleringsrisiko
Mulig gjennomføring innen 2023?	Avhenger av reguleringsrisiko og kulturminnemyndighetenes syn*	Avhenger av reguleringsrisiko og kulturminnemyndighetenes syn*	Avhenger av reguleringsrisiko og kulturminnemyndighetenes syn*	Avhenger av reguleringsrisiko og kulturminnemyndighetenes syn*	Ja
Kulturmiljø	Må avklares med kulturminnemyndighet	Må avklares med kulturminnemyndighet	Må avklares med kulturminnemyndighet	Må avklares med kulturminnemyndighet	Liten/ingen betydning for kulturminnemiljøet
Total	Pantografer forutsetter flytekai. Kan gis begrenset størrelse	Kabeltårn på flytekai kan gjøres mindre enn på fast kai. Ikke behov for å håndtere flo og fjære	Kabeltårn på fast kai må bli større enn på flytekai, for å håndtere flo og fjære	Det finnes andre installasjoner som pumpehus og letak nord på kaien	Gjennomførbart. Avhenger at det finnes areal i bygget

### 7.2.1 Tidsfrister for saksbehandlingstid byggesøknad.

Byggesøknad kan gjøres på to måter:

- ett-trinns søknad – tillatelse til tiltak
- to-trinns søknad – med søknad om rammetillatelse og senere søknad om tillatelse til igangsetting

Ved søknad om tillatelse til tiltak må ansvarlig søker, ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende være valgt. Ved søknad om rammetillatelse vil ansvarlig utførende først komme inn i forbindelse med trinn 2.

Tidsfrister gjelder fra det tidspunkt komplett søknad er mottatt. Det betyr at man må legge inn 2-4 uker eller mer i forkant for å forberede en søknad.

Søknadstype	Saksbehandleingsfrist	Unntak
Forhåndskonferanse	Innen 2 uker etter forespørsel	
Nabovarsling	Minimum 2 uker	
Søknad om tillatelse til tiltak	12 uker	Kommunen kan forlenge tidsfristen dersom saken er særlig komplisert, krever politisk behandling eller krever samtykke fra annen myndighet.
Søknad om rammetillatelse	12 uker	Som over
Søknad om igangsettingstillatelse	3 uker	
Hvis tiltaket krever dispensasjon	12 uker	Fristen løper ikke i den tiden saken ligger til uttale hos statlige eller regionale myndigheter
Ferdigattest	3 uker	

	Hvilke søknader kreves	Kommentar
Knarvik	Forhåndskonferanse Søknad om rammetillatelse Søknad om igangsettingstillatelse Ferdigattest	Kommunen har opplyst at de vil prioritere behandling av søknad om tiltak som er nødvendig for elektrifisering av båtsambandet
Kleppestø	Forhåndskonferanse Søknad om rammetillatelse Søknad om midlertidig dispensasjon fra reguleringsplan Igangsettingstillatelse Ferdigattest	Kommunen har opplyst at en søknad vil bli lagt frem for politisk behandling.
Strandkaien	Forhåndskonferanse Søknad om rammetillatelse Mulig søknad om dispensasjon fra reguleringsplan Igangsettingstillatelse Ferdigattest	På grunn av detaljerte reguleringsbestemmelser og nasjonale kulturminnehensyn kan søknaden bli vurdert som særlig komplisert. Søknaden krever uttale fra statlige og regionale myndigheter.

## 8. SAMMENFATNING

### 8.1 Strandkaaien

- På Strandkaaien er det mulig å legge frem tilstrekkelig energi til hurtiglading innenfor en rimelig kostnadsramme.
- Strandkaaien kan være mulig ladepunkt for Askøybåten.
- Strandkaaien kan være mulig ladepunkt for Askøybåten og Nordhordlandsbåten som hybrid.
- Begge båttrutene kan lades med pantograflading, enten samtidig eller hver for seg.
- Pantograflading på Strandkaaien krever flytekai(er).
- Kabelkontaktlading kan være en løsning for Askøysambandet hvis man enten bruker 3 kontakter eller tillater økt hastighet fra 5 til 7 kn i Vågen.
- Kabellading på Strandkaaien kan skje fra flytekaier eller fra land. Kabelladetårn på land er større enn kabelladetårn på flytekai.
- Nordhordlandsbåten kan lades med dobbel kabelkontakt.
- Fra et kulturminnesynspunkt vil det være en stor fordel om nettstasjon og likeretter(e) kan plasseres inne i Strandkai terminalen.
- Ladeinfrastruktur på kaien, enten det er et kabelladetårn på fast kai eller pantografer eller kabelladetårn på flytende kaie(er), er ikke i tråd med eksisterende reguleringsplan og representerer en mulig gjennomføringsrisiko.

### 8.2 Askøy (Kleppestø)

- Askøysambandet kan elektrifiseres.
- Det er tilgjengelig tilstrekkelig energi for hurtiglading både på Strandkaaien og på Kleppestø. (2,8 MW)
- Pantograflading fungerer med 2 x 1,5 MW. Kabellading kan fungere enten med 3 pluggere a 1,2 MW eller økt hastighet fra 5 til 7 kn i Vågen. Da trengs det 1,9 MW ladeeffekt.
- Hurtiglading kan tilrettelegges fra flytende kaier. Kaistørrelse avhenger av lademetode. To pantografer krever en større flytekai enn kabellading via et kabeltårn.
- Kabellading kan også skje fra eksisterende kai.
- Saktelading (natlading) kan tilrettelegges på eksisterende kai.
- Lading på Kleppestø fra eksisterende kai, krever en midlertidig dispensasjon fra gjeldende reguleringsplan. Når ny reguleringsplan foreligger og eksisterende kai avvikles må ny kai ved Maltvikaneset være klar. Ladeinfrastrukturen må flyttes til ny kai. Det er sannsynlig at eier av ladeinfrastruktur bekoster flytting av denne til ny kai.
- Hvis hurtiglading skjer på Strandkaaien, bør minst 1 av båtene nattlade på Kleppestø og starte derfra om morgenen. Det bør vurderes om begge båtene bør ligge på Kleppestø siden retningsfordelingen av passasjerer er primært mot Bergen om morgenen og fra Bergen om kvelden. Da trengs en liggekai i tillegg til kai med passasjerutveksling.
- Hvis hurtiglading skjer på Kleppestø, er det sannsynligvis praktisk at båt nr 2 også ligger på Kleppestø og nattlader. Eksisterende kai har plass til både hurtiglading, med eller uten ekstra flytekai, og natlading på motsatt side. Ved flytting til Maltvikaneset må det i tilfelle tilrettelegges med to kaier, en med passasjerutveksling og hurtiglading og en liggekai med natlading. For grovt estimat på kostnader henvises til vedlegg 2.

### 8.3 Nordhordlandssambandet (Knarvik/Frekhaug)

- Nordhordlandssambandet kan ikke elektrifiseres med dagens tidtabell og hastighetsbegrensning i Vågen. Det blir, selv med 4 MW hurtiglading, for stor utlading av batteriene etter 3,5 turer om morgenen, til at det er tilrådelig med elektrisk drift.

- Med en mindre justering av tidtabell og en litt høyere hastighet i Vågen, kan sambandet sannsynligvis elektrifiseres, dog med en relativt høy utlading av batteriene.
- Økes tiden for en rundtur fra 60 min. til 75 min. kan sambandet elektrifiseres.
- Alternativet er en hybridbåt med en relativt liten Euro 6 dieselmotor i tillegg til batterier. Ladenivå er beregnet til 1,5 MW. Se vedlegg 1 for detaljer.
- I Knarvik er det planlagt oppgradering av nettet, men det må legges nye kabler fra området ved Isdalstø. Det vil være en fordel kostnadmessig om flere konsumenter kan knyttes til ny kabel. Etter oppgradering vil det være nok energi tilgjengelig for hurtiglading.
- Hurtiglading kan tilrettelegges fra flytende kaier. Kaistørrelse avhenger av lademetode. To pantografer krever en større flytekai enn kabellading via et kabeltårn.
- Kabellading kan skje fra eksisterende kai.
- Saktelading (natllading) kan tilrettelegges på eksisterende kai.

### Kostnader

Kostnader er avhengig av hvor man lader, hvordan man lader, hvilken nettinfrastruktur man da må legge til rette, om det bygges flytekaier og eventuelt hvor det bygges flytekaier. Flytekaier er generelt en fordel for å redusere størrelse på ladeinfrastruktur, fordi avstanden til ladepunkt(er) på båtene ikke vil variere med flo og fjære.

Kostnader er vist for flere kombinasjoner av lading:

- Hurtiglading av Askøysambandet på Strandkaien og natllading på Kleppestø
- Hurtiglading av Askøysambandet og Nordhordlandssambandet (hybrid) på Strandkaien, natllading på Kleppestø og i Knarvik
- Hurtiglading og natllading på Kleppestø
- Hurtiglading og natllading i Knarvik av en hybridhurtigbåt

På Kleppestø er kostnader basert på at man får en midlertidig dispensasjon fra eksisterende reguleringsplan, dvs at båt(ene) ligger ved og eventuelt lades på eksisterende kai. Når ny reguleringsplan er vedtatt og transformasjonsarbeidet igangsatt, er planen å flytte hurtigbåtene til Maltvikanestet. Det krever bygging av ny eller nye kaier, avhengig av om det kun skal være passasjerutveksling eller i tillegg hurtiglading for 1 båt og natlligge for 1 eller 2 båter. Se også kapittel 5.2.4

Kostnader for kai(er) ved Maltvikanestet er utenfor den opprinnelige oppgaven. Men det er laget et Vedlegg 2 som vurderer kostnadene på et grovt nivå. Her påpekes kun at vanndybden rett vest for Maltvikanestet gir utfordringer. Uavhengig av om man velger en fremtidig løsning basert på flytekai eller fast kai, må det fjernes masser under vann for å få tilstrekkelig dybde. Det er to grunner på hhv 2,5m og 4m. En flytekai trenger større dybde for å bære eventuell ladeinfrastruktur, og en fast kai trenger også noe større tilleggsdybder.





**Tabell 7 Kostnader. Hurtiglading på Strandkaiaen og nattlading på Kleppestø**

<b>Strandkaiaen.</b> Hurtiglading av <b>Askøybåten</b> , 2,8 MW	A1: Pantograflading m/1 x flytekai. Mill kr	A2: Kabellading m/1 x flytekai. Mill kr	A3: Kabellading på fast kai <sup>**) </sup> Mill kr
Netttilkobling, nettstasjon, likeretter	10,5	10,5	10,5
Ladeinfrastruktur	2,8	2,5	3
Kaikostnader (1 flytekai eller fast kai)	29,6	29,6	2
Nattlading på Kleppestø	4,8 <sup>*)</sup>	4,8 <sup>*)</sup>	4,8 <sup>*)</sup>
Uforutsett 20%	9,6	9,5	4,0
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>57,5</b>	<b>56,9</b>	<b>24,1 <sup>**) </sup></b>
<i>*) Nivå på nattlading er basert på lange kabelføringer fra eksisterende nett. Kan muligens reduseres noe.</i>			
<i>**) Kabellading til fast kai. Ekstra energi for å holde båt i posisjon er ikke beregnet.</i>			

**Tabell 8 Kostnader. Hurtiglading på Strandkaiaen og nattlading på Kleppestø og i Knarvik**

<b>Strandkaiaen.</b> Hurtiglading av <b>Askøybåten</b> , 2,8 MW og <b>Nordhordlandsbåten</b> hybrid, 1,5 MW	A1: Pantograflading m/2 x flytekai. Mill kr	A2: Kabellading m/2 x flytekai. Mill kr	A3: Kabellading på fast kai <sup>**) </sup> Mill kr
Netttilkobling, nettstasjon, likeretter	18,2	18,2	18,2
Ladeinfrastruktur	6	5	5,6
Kaikostnader	37	37	2
Nattlading på Kleppestø og i Knarvik	9,8 <sup>*)</sup>	9,8 <sup>*)</sup>	9,8 <sup>*)</sup>
Uforutsett 20%	14,2	14,0	7,1
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>85,2</b>	<b>84</b>	<b>42,7 <sup>**) </sup></b>
<i>*) Nivå på nattlading er basert på lange kabelføringer fra eksisterende nett. Kan muligens reduseres noe.</i>			
<i>**) Kabellading til fast kai. Ekstra energi for å holde båt i posisjon er ikke beregnet.</i>			

**Tabell 9 Kostnader. Hurtiglading av Askøysambandet på Kleppestø, eksisterende kai**

<b>Kleppestø, bruk av eksisterende kai</b> Hurtiglading med 2,8 MW og nattlading	B1: Pantograflading m/flytekai. Mill kr	B2: Kabellading m/flytekai. Mill kr	B3: Kabellading på fast kai. Mill kr
Netttilkobling, nettstasjon, likeretter	10,5	10,5	10,5
Ladeinfrastruktur	3	2,5	2,8
Kaikostnader	8,5	5,5	2
Nattlading	1	1	1
Uforutsett 20%	4,6	3,4	2,7
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>27,6</b>	<b>23,4</b>	<b>19,6</b>

**Tabell 10 Kostnader. Hurtiglading av Nordhordlandssambandet i Knarvik.**

<b>Knarvik</b> Hurtiglading og nattlading av <b>Hybrid</b>	C1: Pantograflading m/flytekai. Mill kr	C2: Kabellading m/flytekai. Mill kr	C3: Kabellading på fast kai. Mill kr
Netttilkobling, nettstasjon, likeretter	12,5 <sup>***)</sup>	12,5 <sup>***)</sup>	12,5 <sup>***)</sup>
Ladeinfrastruktur	3	2,5	2,8
Kaikostnader	8,5	5,5	2
Nattlading	0	0	0
Uforutsett 20%	4,8	4,1	3,5
<b>Sum ekskl. mva. og planlegging</b>	<b>28,8</b>	<b>24,6</b>	<b>20,8</b>
<i>***) Kostnad inkluderer ny kabel fra området Isdalstø. Hvis flere konsumenter kan kobles til kan kostnaden reduseres en del.</i>			

**Separate vedlegg:**

**Vedlegg 1 Nordhordlandsbåten som hybrid.**

**Vedlegg 2 Kaier på Kleppestø. Skisser og grove kostnader for kaier ved Maltvikaneset.**