

Prosjekt:
Fremtidens Hurtigbåt - Hydrogendesign

Kunde:
Fremtidens Hurtigbåt

Dokument Tittel:

Dialogfase sluttrapport - OFFENTLIG

Dokument beskrivelse:

Dokumentet oppsummerer arbeidet som er utført i dialogfasen i Fremtidens Hurtigbåt, Pilotløp 1 – Hydrogendesign.

Gradering: Offentlig

Verft gradering: Ingen

Utarbeidet av:
Pedram Nadim
Thomas Ringard

Sjekket av:
Daniel Johansen

Godkjent av:
Pedram Nadim
Thomas Ringard

Godkjent kunde:
Vidar Øvrebø, FHB

Revisjon dato
19.02.2024

Revisjon nr.:
A

Antall sider inkl. vedlegg:
20

Dette dokumentet og dets innhold er utarbeidet av Umoe Mandal AS og Teco2030 AS. Dokumentet og dets innhold er eksklusiv eiendom til Umoe Mandal AS og Teco2030 AS. Verken dokumentet, dets innhold eller deler av det, må kopieres, reproduseres, på annen måte formidles til andre eller brukes til andre formål med mindre det er skriftlig tillatelse fra både Umoe Mandal AS og Teco2030 AS

Revisjonshistorie

Rev.	Dato:	Beskrivelse av revisjon:	Selskap:	Forfattet:	Kontrollert:	Godkjent:	Godkj.kunde:
A	19.02.24	For Fremtidens Hurtigbåt Hydrogendesign	UM/ TECO 2030 ASA	TRI PNA	DJO	TRI PNA	

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Overordnet prosjektbeskrivelse	4
2.1	Fremtidens hurtigbåt – hydrogendesign konseptidé	4
2.2	Innovasjonsbeskrivelse	5
2.3	Grafisk presentasjon av fartøyskonseptet	5
3	Fartøy	6
3.1	Hoveddimensjoner	6
	Hoveddimensjoner	6
3.2	Arrangement	7
3.3	SES konseptet	8
	3.3.1 Regulering av fartøybevegelser	8
	3.3.2 Framdriftslinje	8
3.4	Rekkevidde	9
	3.4.1 Rekkevidde i forhold til SOLAS krav om retur til beskyttet havn.	9
	3.4.2 Referanseverdier	10
3.5	Passasjerkapasitet	10
3.6	Fartsområde	10
3.7	Komfort	11
	3.7.1 Støy	12
	3.7.2 Fartøyets evne til å opprettholde sin posisjon	12
4	Manøvreringsevne	12
5	Overordnet info på hydrogen design og løsninger	13
6	Risiko og kostnader	14
6.1	Byggekontrakt	14
6.2	Gjennomføringsrisikoanalyse	14
	6.2.1 Omfang	14
	6.2.2 Sannsynlighet for uønskede hendelser	15
	6.2.3 Konsekvenser dersom uønskede hendelser oppstår	15
	6.2.4 Risikoprioritering	16
6.3	Risiko og prioritering i gjennomføring av prosjektet	17
	6.3.1 Tiltaksplan	17
7	Godkjenningsprosess opp mot Sjøfartsdirektoratet og klasse samt gjenstående arbeid	18
8	Bruksområder og muligheter for videreutvikling	19
8.1	Hydrogenteknologi i hurtigferje markedet	19
8.2	Anbefalinger til kunde	20
	8.2.1 Anskaffelse	20
	8.2.2 Infrastruktur på land	20
8.3	Leverandører til hydrogenhurtigbåt	20

1 Innledning

I forbindelse med Fremtidens Hurtigbåt er TECO 2030 ASA prekvalifisert til å delta i tilbudskonkurranse for bygging av en hurtigferje med hydrogen som energibærer. I den forbindelse har TECO 2030 ASA inngått avtale med Fremtidens Hurtigbåt. Fremtidens hurtigbåt er et samarbeidsprosjekt mellom de fire fylkeskommunene Vestland, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark. Prosjektet har som mål å lede an i utviklingen av morgendagens løsninger innenfor persontransport på sjø, gjennom å utvikle nullutslippsløsninger for hurtigbåter som minimum oppfyller dagens krav til både fart, komfort og sikkerhet. TECO 2030 ASA har inngått avtale med Umoe Mandal AS som verftpartner i tilbudskonkurransen.

2 Overordnet prosjektbeskrivelse

I det følgende presenteres TECO 2030 ASA og Umoe Mandal sitt forslag til fartøyskonsept for Fremtidens Hurtigbåt – hydrogendesign slik det fremstår i dag. Det er viktig å bemerke at forslaget som presenteres ikke er endelig. Det er behov for mer arbeid og detaljering før vi kan gå over i tilbudsfasen og senere kontrakt. Konseptet er utarbeidet i henhold til kravene gitt i oppdragsgivers kravspesifikasjon slik det fremstår i dag.

TECO 2030 ASA er et datterselskap fra TECO Maritime Group, som har 30 års erfaring i det maritime markedet. TECO 2030 ASA har engasjert det verdensledende utviklingselskapet AVL List GmbH til å bistå i utvikling, testing og sertifisering av et nytt PEM brenselcellesystem (FCM400) optimalisert for maritim bruk. AVL bistår også i utviklingen av fabrikkasjonslinjene som skal produsere ved TECO 2030s fabrikklokaler i Narvik. TECO 2030 ASA utvikler også komplette maskinromsløsninger for FCM400. FCM400 har høyeste kraftdensitet på markedet, rask responstid som tillater mindre størrelse på batteri i fremdriftssystemet og blir derfor spesielt godt egnet for hurtiggående fartøy.

UMOE Mandal er en skipsbygger med over 30 års erfaring. De har også mer enn 30 års erfaring med å bygge hurtigbåt med energieffektive SES-design for både sivil og militær bruk. For mer informasjon om Umoe Mandal vises det til vår nettside: <https://www.um.no/>

Bakgrunnen for prosjektet er å kombinere den meget energieffektive SES-teknologien til UMOE Mandal med verdens letteste og mest kompakte marine-godkjente brenselcellesystem fra TECO 2030 ASA. Dette er en løsning som har mulighet til å oppnå lavest total kostnad når fylkeskommunene skal sette i drift hurtigbåtruter som krever lang rekkevidde og høy hastighet.

2.1 Fremtidens hurtigbåt – hydrogendesign konseptidé

Klimagassutslippene fra transportsektoren er store og utslippene fra hurtigbåt transport utgjør en betydelig andel av disse. Regjeringen har kommunisert at det blir krav om nullutslipp på nye hurtigbåtruter fra 1. januar 2025. Det mest nærliggende er da å se på el-fartøyer, enten drevet av batterier som energikilde eller ved brenselcelleteknologi med hydrogen som energikilde. Energitettheten for batterier er lav. De beste batteriene i dag har en energitetthet opp mot 0,2 kWh/kg, hvorav en betydelig andel (ca. 40%) ikke bør utnyttes grunnet høy batteridegradering. Hydrogen kan til sammenligning lagre over 10 ganger mer elektrisk energi ved samme vekt (inkl. lagringstank og virkningsgradstap). Dermed kan hastigheten holdes tilsvarende en diesel-drevet båt og man kan unngå å lade underveis på ruten. En hydrogentrykktank kan også fylles raskt, tilsvarende en ladehastighet mange titalls MW. Altså betydelig raskere enn det er mulig å lade et batteridrevet fartøy.

Siden batterier er en energikilde med lav energitetthet vil hurtigferjer med batterier ha problemer med å kunne bære den batterivekten som da kreves hvis man skal oppnå tilstrekkelig fart, rekkevidde og rutetider i forhold til dagens ferjeruter. TECO 2030 ASA og Umoe Mandals nye innovasjons idé er derfor å benytte brenselceller som energikilde i en SES, Surface Effect Ship, eller luftputekatamaran for dette formålet. Luftputekatamaraner bærer ca. 80% av fartøyetets vekt på en luftpute. På den måten reduseres det neddykkede volumet og fartøyetets våte overflate som videre reduserer fartøyetets motstand. Dermed reduseres energiforbruket samtidig som at fart og rekkevidde egenskapene til fartøyet forbedres.

Generalarrangementet og de initiale analysene vi har utført viser at det er fullt gjennomførbart å lage en luftputekatamaran med brenselceller som energikilde innenfor rimelig størrelse og som fullt ut tilfredsstillende de

grunnleggende kravene gitt. I det følgende presenteres bakenforliggende vurderinger, dokumentasjon, analyser og valideringer som er utført for fartøyskonseptet slik det fremstår nå.

2.2 Innovasjonsbeskrivelse

En luftputekatamaran som benytter hydrogen som energibærer er så vidt oss bekjent ikke bygget tidligere og er derfor en innovasjon. Den overordnede idéen er å benytte et SES konsept med energibærer. Å kombinere brenselcelle fremdriftssystem og SES fartøy konsept vil kunne erstatte konvensjonelle dieseldrevne fartøy selv på de lengste rutene. I tillegg vil man kunne operere rutene i høyere fart med redusert rutetid som konsekvens. Energieffektiviteten til fartøyet vil også bli betydelig bedre sammenlignet med konvensjonelle hurtigferjer.

2.3 Grafisk presentasjon av fartøyskonseptet

De følgende animasjonene er utarbeidet på basis av en 3D modell av fartøyet.



Figur 1: 3D Illustrasjon av fartøyet

3 Fartøy

Fartøyspesifikasjonen og generalarrangementet beskriver fartøyet og utstyr som er valgt i forhold til på best mulig måte oppfylle kravene gitt i kravspesifikasjonen.

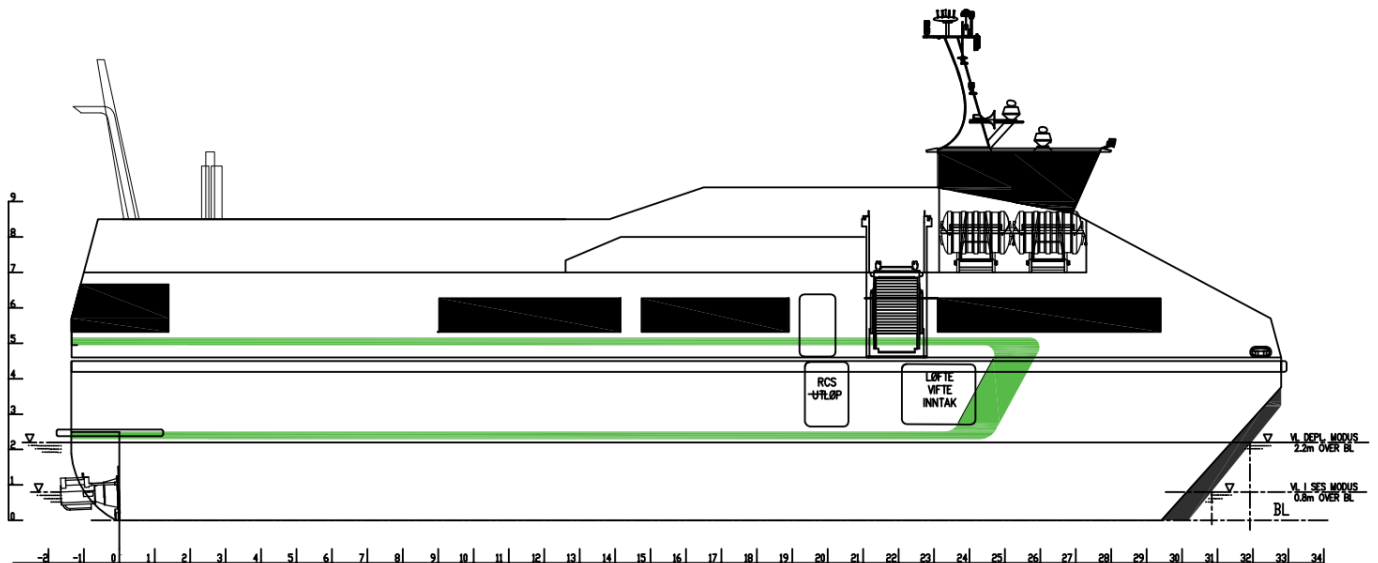
3.1 Hoveddimensjoner

Fartøyets viktigste hoveddimensjoner er beskrevet i fartøysspesifikasjon og Generalarrangement.

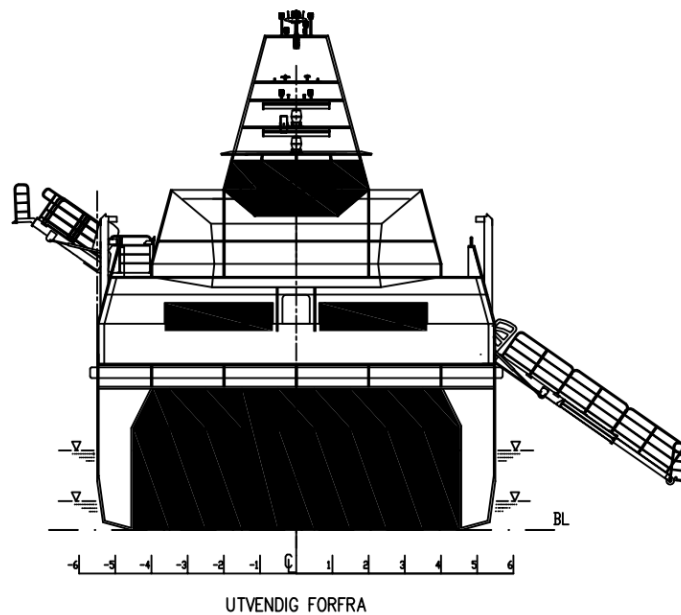
Hoveddimensjoner		
Full lengde, LOA	35	m
Lengde mellom perpendikulærer	31.2	m
Lengde design vannlinje i deplasement modus	31.2	m
Lengde design vannlinje i SES modus	30.2	m
Bredde i riss	11.4	m
Dybde i riss	4.9	m
Dypgang i deplasement modus	2.2	m
Dypgang i SES modus	0,8	m
Deplasement fullt utrustet	180	tonn
Deplasement 50% last i henhold til krav	170	tonn
Framdrift og Maskineri		
Hoved framdriftslinje, 100% MCR	2 x 1400	kW
Løftevifter, 100% MCR	2 x 350	kW
Ytelser		
Operasjonsgrense, signifikant bølgehøyde	4,0	m
Servicehastighet stille vann (Sjø 0)	45	kn
Servicehastighet stille vann (Sjø 3)	41	kn
Rekkevidde	200	nm
Rekkevidde med kun batterier, ta meg hjem modus	20	nm
Kapasiteter		
Hydrogenlager	x	kg
	x	MWh
Batterier	x	kg
	x	kWh
Kjølevann	1	m ³
Ferskvann	5	m ³
Gråvann	1	m ³
Svartvann	1	m ³
Mannskap	6	
Passasjerer	280	

Tabell 1 El-SES til Fremtidens Hurtigbåt - Fartøy hovedparametere

3.2 Arrangement



Figur 2: Fartøyet sett fra styrbord side



Figur 3: Fartøyet sett forfra

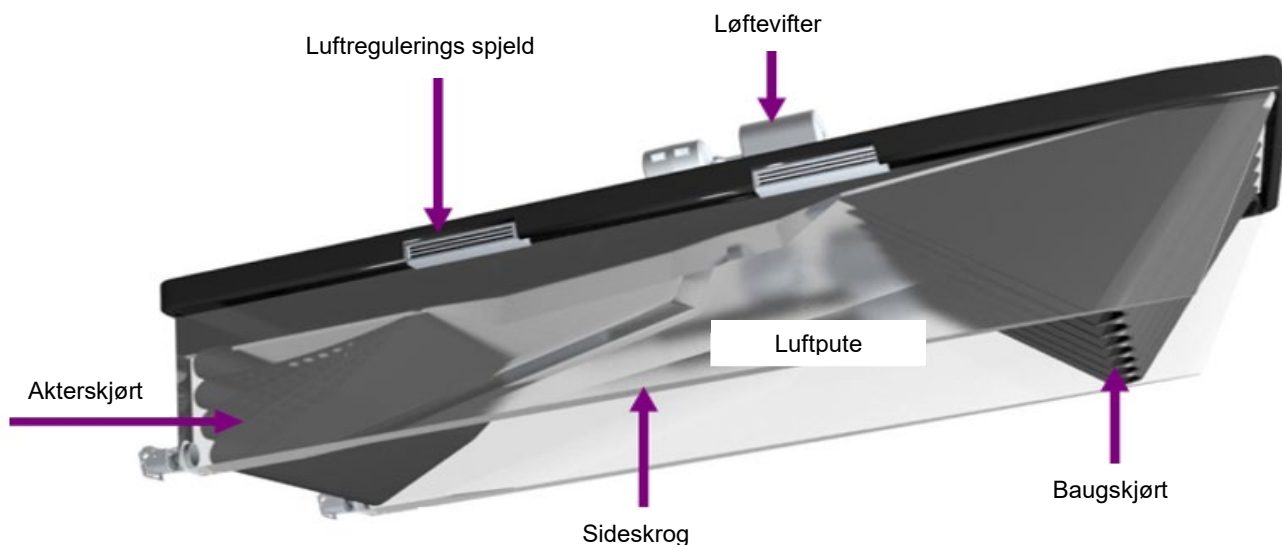
Utvendig arrangement er vist i Figur 2 og Figur 3, henholdsvis sett fra siden og forfra. I forkant under dekk mellom sideskrogene er baugskjørtet. Det består av ti «gummifingre» som danner fremre side av luftputa.

Redningsflåtene er plassert på overbyggningsdekket (mannskapsdekket) under bro. Aktenfor disse finner vi landgangen. Disse er utstyrt med rullestolheis og kan settes ut både fra passasjerdekk og mannskapsdekk.

Under hoveddekk ser vi ristene for henholdsvis luftinntaket til løfteviftene og luft evakueringen fra Ride Control systemet (RCS).

På akterspeilet ser vi vannjetene, på brotaket sensormasten og på hekken evakueringsmasten for brenselcelle systemet.

3.3 SES konseptet



Figur 4: SES systemet

En luftputekatamaran er en katamaran hvor tunellen mellom skrogene er tettet med et fleksibelt skjørt av gummi foran og akter. Dette rommet som dette danner kaller vi en luftpute. Når vifter blåser luft inn i puta så stiger trykket i puta slik at fartøyet løftes ut av vannet. UMOE Mandals selvutviklede løftevifter er i en særklasse og patentert. Foruten at de er lette siden de er bygget i komposittmateriale, så har de veldig god løfteevne.

Ved at luftputa løfter en stor andel av fartøysvekten reduseres neddykket volum samt våt overflate. Dette reduserer vannmotstanden. Dette øker igjen fartspotensialet, reduserer energiforbruk og øker rekkevidden sammenliknet med tradisjonelle deplasement katamaraner. Selv om det kreves noe energi for å opprettholde overtrykket i puta så er dette lite i forhold til spart framdriftseffekt. Med andre ord så blir en luftputekatamaran mer energieffektiv enn tradisjonelle deplasement katamaraner.

3.3.1 Regulering av fartøybevegelser

På en SES kan man ved å regulere overtrykket i luftputa redusere fartøyets bevegelser i sjø. SES bevegelse kontrollsystemet er et fullt ut automatisert system som leser både lufttrykket i puta og skipsbevegelsene. Ved aktiv regulering av luftstrømmen og trykket i luftputa ved hjelp av løfteviftene og spjeld i skutensidene så kan man redusere fartøyets hiv og stamp bevegelse. Man bruker også dette til å eliminere brosteinseffekten. Brosteinseffekten skyldes høyfrekvent resonansbevegelse i luftputa. Å få eliminert brosteinseffekten er viktig for komforten om bord. Dette systemet kalles for «Ride Control System», RCS. Umoe Mandal har utviklet et verdensledende RCS. Systemet kan også benyttes til å redusere fartøysbevegelser i bølger.

3.3.2 Framdriftslinje

Umoe Mandal og Teco2030 sitt konsept for Fremtidens Hurtigbåt hydrogendesign har vannjet framdrift. Disse drives av elektriske motorer koblet til et gir som er koblet til vannjetakslingen.

3.4 Rekkevidde

Kravet til rekkevidden til fartøyet er 160 nautiske mil. Batteripakken som er tenkt inkluderes ikke som tilgjengelig for beregningen av rekkevidden til fartøyet. Batteripakken er i normal drift tiltenkt å korrigere for variasjoner i kraftbehovet. Likevel fungerer batteripakken som rekkeviddeforlenger og i en nødsituasjon hvor fartøyet må returnere til sikker havn. Ettersom vi har to redundante framdriftslinjer så anser vi at sannsynligheten for at begge systemene er satt ut av drift som svært liten. Virkningsgraden til brenselcellene er satt til 50%. For brenselcellene utgjør tapet i hovedsak varme. Denne spillvarmen benytter vi til oppvarming av fartøyet.

Eksempler på aktuelle ruter er:

- Bergen – Nordfjord, 145 nm
- Bergen – Austevold – Sunnhordaland, 140 nm
- Bergen – Rosendal – 110 nm

Kravet om 160 nautiske mil baserer seg også på at det ved ankomst skal være minimum 20% hydrogen igjen på tankene. Ellers er kravet at rekkevidden skal være 160 nautiske mil under følgende forhold:

- Sjøtilstand 3 som i henhold til Douglas bølgeskala. I henhold til Douglas bølgeskala er sjøtilstand definert som signifikant bølgehøyde fra 0.5 m til 1.25 m. Her benyttes ofte en middelværdi på 1 meter som underlag for verifisering.
- Vindstyrke i henhold til Beaufort vindskala 3. Dette er lett bris og har nevneverdig påvirkning på ytelsene.

Man ser bort fra strøm ettersom måling av rekkevidde skal utføres for halve distansen hver vei.

I forhold til driftskondisjonen spesifisert over er rekkevidden på vårt fartøy over 200 nm.

3.4.1 Rekkevidde i forhold til SOLAS krav om retur til beskyttet havn.

SOLAS stiller krav til at fartøyet i en nødsituasjon skal være i stand til å returnere til en beskyttet havn. Kravet til hastighet i regelen er satt til 6 knop. I «Forskrift om fartsområder» står det følgende:

«§ 10. Innaskjærs fart hvor åpne havstrekninger på over 25 nautiske mil ikke passeres (Fartsområde 4)

Fart på den norske kyst hvor skipet ikke passerer noen strekning på over 25 nautiske mil som er uten beskyttelse mot bølger og vind fra åpent hav, samt alle innenfor liggende farvann.»

Den verste situasjonen fartøyet kan havne når vi utelukker ulykker slik som brann og grunnstøtinger er når hele hydrogensystemet av en eller grunn er falt ut slik at vi må seile på batterier. Ettersom vi har installert et fullt redundant hydrogensystem så anses vel å merke en slik hendelse som svært lite sannsynlig. I forhold til regelen over har vi når hydrogensystemet faller ned midt på strekningen. Det vil si når fartøyet befinner seg midt på denne havstrekningen, 12.5 nautiske mil fra land. Hvis vi legger til at fartøyet i tillegg må seile noe innaskjærs for å nå frem til den vær beskyttede havnen, la oss si 5 til 10 nautiske mil, så bør fartøyet kunne seile over 20 nautiske mil kun på batterier. Beregnet rekkevidde med kun batteripakke er estimert til 20 nm.

3.4.2 Referanseverdier

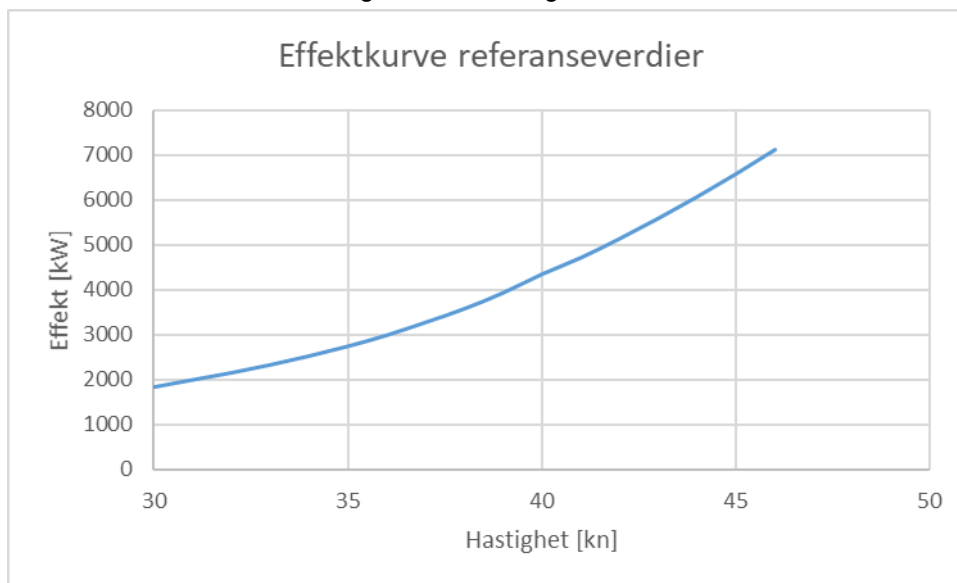
Følgende referanseverdier for eksisterende fartøy har blitt kommunisert til oss i forbindelse med arbeidet med Fremtidens Hurtigbåt – energieffektivt design:

Hastighet, knop	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Effekt, kW	1832	1993	2151	2328	2524	2743	2987	3274	3578	3934	4349

- Effekt er definert som den totale effekt som går til fremdrift av hurtigbåten. Dette betyr at
 - Alle forbrukere som påkrevd for at båten skal kunne opprettholde hastigheten over tid skal være inkludert, f.eks. kjøling av batterier, kontrollsystemer, o.l.
 - Andre forbrukere som lys, passasjerfasiliteter, hotell som ikke påkrevd til fremdrift skal ikke tas med i effektbehovet
- Lineær interpolering mellom oppgitte verdier vil bli lagt til grunn
- Målsetning til prosjektet er et energiforbruk som er minimum 30% lavere enn referanseverdiene

Tabell 2 Referanseverdier energieffektivitet

Disse referanseverdiene baserer seg på fart i stille vann. Hvis vi benytter toppfarten for fartøyet på 46 knop og ekstrapolerer referanseverdiene til denne hastigheten får vi følgende effektkurve for referanseverdiene:



Figur 5 Effektkurve for referanseverdier

Kraftbehovet for vårt fartøy for tilsvarende fartøyskondisjon som gitt for referanseverdiene er 3150 kW. Sammenliknet er kraftbehovet for referansefartøyet for denne hastigheten 7120 kW. Dette gir en energieffektivitet eller energireduksjon sammenliknet med referansefartøyet på hele 56%.

3.5 Passasjerkapasitet

Kravet til passasjerkapasitet er 275 passasjerer hvor av fire er tilpasset for bevegelseshemmede. Fartøyet er arrangert for sitteplasser for 280 passasjerer inkludert de fire sitteplassene forbeholdt bevegelseshemmede. Hele passasjerfasilitetene befinner seg på ett dekk som vist på Generalarrangementet.

3.6 Fartsområde

Fartøyet skal ha fartsområde 4 i henhold til: Forskrift for fartsområder. Fartsområde 4 er definert i § 10 og er som følger:

§ 10. Innaskjærs fart hvor åpne havstrekninger på over 25 nautiske mil ikke passeres (Fartsområde 4)

Fart på den norske kyst hvor skipet ikke passerer noen strekning på over 25 nautiske mil som er uten beskyttelse mot bølger og vind fra åpent hav, samt alle innenfor liggende farvann.

De nærmere geografiske avgrensninger for dette – inndelt i forhold til Sjøfartsdirektoratets stasjoners beliggenhet – er fastlagt i Vedlegg IV.

Farvannet rundt Stadlandet regnes som liten kystfart.

Fartøyet skal også tilfredsstillende klassenotasjonen *DNV ✘ 1A HSLC, R3 Passenger E0 Gas fuelled FC (safety) Battery power Clean Comfort*. For definisjoner av de ulike tillegg notasjonene refereres det til DNV regelverket for «*Classification of High Speed and Light Craft chapter 2: Class notations*».

Notasjonen for operasjonsområde, R3, er her definert som:

Service area notation	Seasonal zones [nautical miles]		
	Winter	Summer	Tropical
R3	20	50	100

Operasjonsområde R3 korresponderer med Fartsområde 4. Reguleringene over er lagt til grunn for designet.

3.7 Komfort

Generelt har luftputekatamaraner små bevegelser i sjøgang. Luftputa fungerer som en bevegelsesdemper. Dette gjør at luftputekatamaranene har gode sjøegenskaper sammenlignet med deplasement fartøy. Det gjør at de kan seile i høyere sjø. Tidligere var brosteinseffekten et problem på luftputekatamaraner. Brosteinseffekten skyldes resonans i luftputa som har frekvens typisk i området 0.25 til 0.5 Hz som oppleves som risting. Denne ristingen er ubehagelig for passasjerene. Luftputekatamaraner ble tidligere ikke ansett som egnet til passasjertransport. Disse bevegelsene eller ristingen blir nå effektivt fjernet med Umoe Mandals «Ride Control System», RCS. I kombinasjon med lave bevegelsene og akselerasjonene til gjør det nå at komforten om bord på luftputekatamaraner er svært god, selv i høy sjø.

Analysen av sjøgående egenskaper og operabilitet er utført for fartøyet. Operabilitetsanalysen er utført for et representativt åpent havområde utenfor utløpet av Trondhjemsfjorden (9.5° øst, 64 ° nord). Se kartutsnitt under.



Figur 6: havområde 9.5° øst, 64 ° nord

WAVE HINDCAST DATA

Å© KYSTVARSLINGSSENTERET | NORWEGIAN RESEARCH CENTER AS (NORCE)

Periode 2020-03-19-06:00 - 2024-01-12-09:00

Måleintervall: 3timer/ Antall målinger: 10760

$H_s[m]/T_p[s]$	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
0-1	0	3	2653	3048	2083	972	590	402	32	4	0	0
1-2	0	3	8	173	79	147	124	189	33	5	0	0
2-3	0	0	0	7	9	10	29	77	24	3	0	4
3-4	0	0	0	0	0	0	0	19	13	0	12	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	4	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0

Tabell 3 Årlig fordeling av bølgehøyde og bølgeperiode i havområde 9.5° øst, 64 ° nord

Analysen av de sjøgående egenskapene viser høy operabilitet til fartøyet i det valgte havområdet. Dette betyr at fartøyet kan operere rutene gitt i rutepakke 1 nær alle dager i året. Analysene viser 98% operabilitet, når vi beregner gjennomsnittet av sannsynlighetene for kriteriene valgt. Dette gjelder både i henhold til komfortkriterier slik som sjøsyke og arbeidsforhold om bord samt for sikker operasjon av fartøyet gitt av våtdekksslamming, luftsuging til vannjet og grønn sjø på dekk kriteriene.

3.7.1 Støy

Grenser for støy om bord er gitt av «Forskrift om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for de som har sitt arbeid om bord på skip. § 15-19. Grenser for støynivå ». Støy om bord håndteres med støydempingstiltak hvor dette er nødvendig. Den viktigste støykilden er normalt maskineriet. I så måte vil det ha en vesentlig fordel å erstatte dieselmaskineri med støysvake elektriske motorer. Vi forventer derfor at støyen om bord for vårt fartøy vil bli vesentlig redusert og enklere å håndtere. Det er ikke utført støyanalyser for fartøyet. Dette anses som prematurt og lite hensiktsmessig på et konseptuelt designnivå.

3.7.2 Fartøyets evne til å opprettholde sin posisjon

Et krav er at fartøyet bør være i stand til å opprettholde sin posisjon under følgende betingelser:

- Sidevind lik: BF 6 (liten kuling)
- Signifikant bølgehøyde: $H_s = 1 \text{ m}$
- Strøm: 0,5 knop

En enkel analyse av om fartøyet klarer kravet. Fartøyet har gode manøvreringsegenskaper. Når man benytter sidekraften som man får fra vannjetene samt å benytte RCS spjeldene som baugthruster så ser det ut som om fartøyet klarer å holde posisjonen i sjøtilstanden som er beskrevet over. Dette bør riktignok valideres med mer detaljerte analyser og CFD simuleringer.

4 Manøvreringsevne

Det er et krav om at fartøyet skal ha gode manøvreringsegenskaper.

Umoe Mandals tidligere luftputekatamaraner har vist seg å ha svært gode manøvreringsegenskaper. Vannjetene fungerer som ror. Det vil si ved å legge over vannjetene til siden vil dette gi en sidekraft. Siden vi har en vannjet i hvert sideskrog gir dette en kraftarm. Ved å justere retningen på thrusten fra disse kan man få fartøyet til å bevege seg sidelengs eller rotere om sin egen akse. I tillegg fungerer RCS spjeldene i forskipet som baugthruster. Ved å stenge spjeldet på den ene siden økes henholdsvis sidekraft og rotasjonsmoment. Når fartøyet ligger på løft blir den vætete overflaten liten. Dette reduserer motstanden. Som følge av dette forbedres manøvreringsegenskapene. Fartøyet kan seile sideveis og rotere om sin egen akse.

5 Overordnet info på hydrogen design og løsninger

Brenselcelle- og hydrogeninstallasjonene om bord i fartøyet er resultatet av omfattende planlegging og ingeniørarbeid, rettet mot å sikre at skipet kan operere sikkert, pålitelig og effektivt med hydrogen som drivstoff for fremdrift. Disse installasjonene er nøye designet og plassert for å optimalisere plassen om bord og sikre en jevn og balansert drift. Babord- og styrbord seksjonene er strategisk utstyrt med dedikerte områder og utstyr, inkludert lagringsrom for CH₂, brenselcellemoduler, batterier og maskinrom.

De viktigste komponentene i hydrogeninstallasjonen inkluderer CH₂-lagringstanker, drivstoff-forberedelsessystem, brenselcellemoduler, batterier, og HVAC-utstyr. H₂-systemene dekker bunkring, tanksystem, drivstofftilførsel og gassventilasjon, mens hjelpesystemer som HVAC-enheter og kjølesystemer bidrar til å opprettholde optimale driftsforhold om bord. Automatiseringen er også en viktig del, med omfattende alarmsystemer og sikkerhetssystemer som overvåker systemets ytelse og sikrer rask respons på eventuelle avvik eller nødsituasjoner.

Den nøye utformede hydrogeninstallasjonen er i samsvar med de høyeste standardene for sikkerhet og pålitelighet, og den støtter konsortiets overordnede mål om å fremme bærekraftig fremdriftsmaskineri for skip med hydrogen som energikilde. Både bunkring av CH₂ og lading av batterier er planlagt gjennom dedikerte systemer som sikrer jevn drift og optimal utnyttelse av tilgjengelige ressurser. Den elektriske distribusjonen om bord er designet med tanke på effektivitet og redundans, mens kraftbalansen mellom brenselcelleinstallasjonen og batterisystemet sikrer fleksibilitet og pålitelighet i kraftfordelingen.

Brenselcelleinstallasjonen, basert på pålitelig PEM-teknologi, er utstyrt med nok brenselceller plassert jevnt om bord for å sikre tilstrekkelig kraftproduksjon og driftssikkerhet. Hydrogenlagringen er grundig planlagt med karbonfiber sylindere for å oppfylle kravene til energilagring og driftsrekkevidde. Overvåkning og styring av systemet integreres sømløst med fartøyets automasjonssystem, og grensesnittet til IAS er designet for pålitelig dataoverføring.

I tillegg er det gjennomført en grundig analyse av virkningsgraden til hydrogensystemet for å forstå og minimere energitapene før konvertering til elektrisk kraft. Denne innsikten vil være avgjørende for å optimalisere systemets ytelse over tid og redusere driftskostnadene. Samlet sett representerer disse installasjonene en betydelig teknologisk fremgang innen maritim industri og markerer et viktig skritt mot en mer bærekraftig fremtid for sjøfart.

6 Risiko og kostnader

6.1 Byggekontrakt

Et vesentlig risikomoment er byggekontrakten. Hvis risikofordelingen i denne er ufordelaktig fra verftet sin side kan konsekvensene bli store i forhold til økonomisk tap. I verste fall har ikke verftet rygg til å bære et slikt tap med de konsekvenser det måtte ha. Et kontraktutkast med tilbyders kommentarer er utarbeidet. Kommentarene er oversendt Fremtidens Hurtigbåt, men et omforent utkast har ikke blitt etablert. Å etablere et omforent kontraktutkast var et av målene med dialogfasen slik at vi kunne fortsette til de neste fasene av prosjektet, tilbud og kontraktfase. Dette øker risikoen for at vi enes om en endelig kontrakt.

Bilag 3 til kontrakten, Teknisk kravspesifikasjon, er også kommentert av tilbyder. Fremtidens Hurtigbåt har respondert på de fleste kommentarene, men det har likevel ikke lyktes oss å bli omforent om en endelig teknisk kravspesifikasjon som også var et mål for dialogfasen. Risikoen med at vi ikke har en omforent kravspesifikasjon når vi skal entre neste fase av prosjektet er at endringer i kravene kan medføre vesentlige konsekvenser for det etablerte designet. I verste fall betyr det at man må rykke tilbake til start. Designet og all dokumentasjon må revideres.

6.2 Gjennomføringsrisikoanalyse

6.2.1 Omfang

Denne rapporten omfatter risiko for gjennomføring av prosjektets Fase 2 og Fase 3 i forhold til risiko for hendelser som kan true prosjektets evne til å oppnå definerte mål:

1. Robusthet i forhold til langtidssykdom, personer som slutter, e.l.
2. Robusthet dersom arbeidsomfang blir høyere enn planlagt
3. Robusthet i forhold til andre oppdrag som virksomheten kan bli engasjert i
4. Tilstrekkelig finansiell evne gjennom prosjektet
5. Tydelig og fungerende organisering av prosjektarbeidet

6.2.2 Sannsynlighet for uønskede hendelser

Om tilbyderens sannsynlighetsvurdering:

Sannsynlighet skal måles over prosjektets varighet. Mennesker overvurderer sannsynlighet for kjente farer (det man har opplevd tidligere), samt undervurderer farer som man ikke har opplevd. Planlegg gjerne med høy sannsynlighet for at hendelsen inntreffer, ettersom dette gir større sannsynlighet for å gjøre det bedre enn planlagt.

Verdi	Benevning	Sannsynlighet	Forklaring
1	Meget liten	0 – 10%	Blir overrasket om dette skjer
2	Liten	10 – 35%	Tror ikke det vil skje
3	Moderat	35 – 65%	Kan skje
4	Stor	65 – 90%	Tror det vil skje
5	Svært stor	90 – 100%	Blir overrasket om dette ikke skjer

Tabell 4: Sannsynligheten for uønskede hendelser

6.2.3 Konsekvenser dersom uønskede hendelser oppstår

Om tilbyderens konsekvensvurdering:

Konsekvens skal vurderes i forhold til fremdrift, kvalitet og økonomi. Kvalitet skal vurderes på bakgrunn av leveransebeskrivelsene. Tidspress, manglende kompetanse, forsinkelser hos underleverandør og liknende er forhold som kan påvirke kvaliteten. Gjennomføring av flere aktiviteter i parallell og dårlig kvalitetskontroll er også eksempler som kan påvirke kvaliteten negativt.

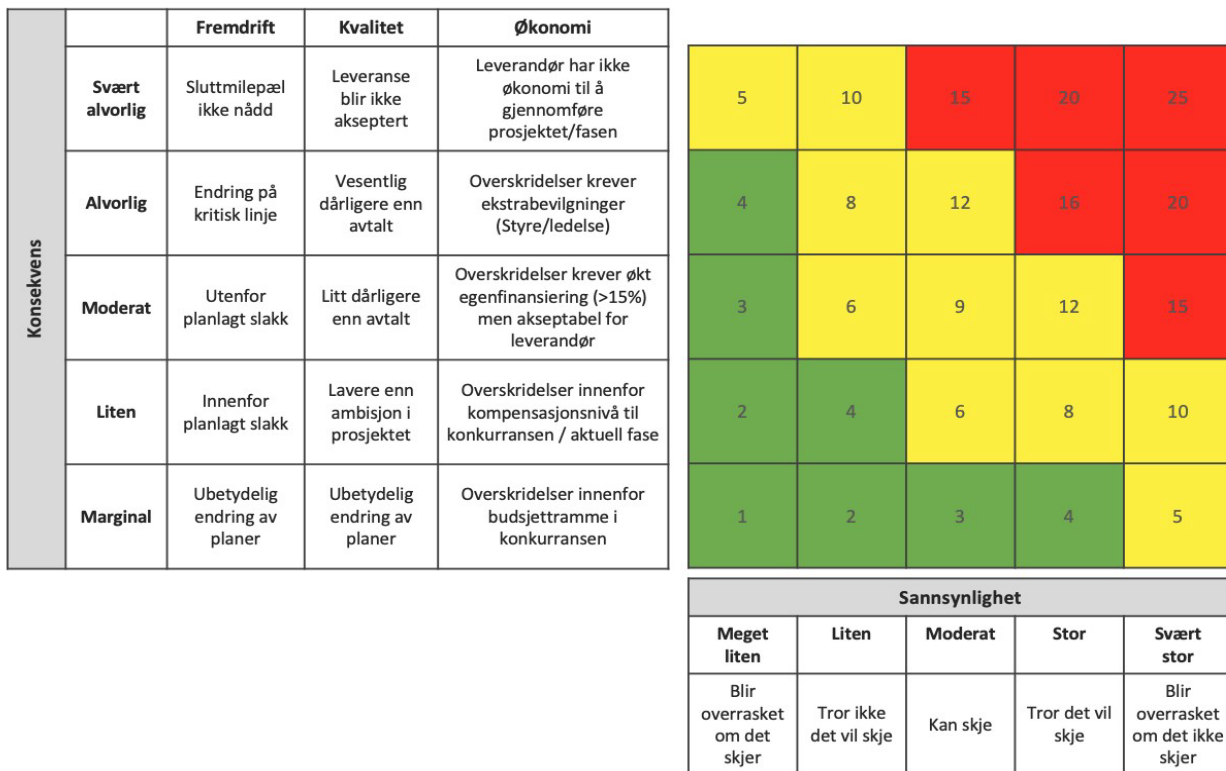
Kvalitet skal i denne omgang ikke dekke risiko knyttet til tekniske løsninger og prosjektresultat (f.eks. risiko for ikke å nå rekkeviddekravet på 160 nm). Risiko knyttet til tekniske løsninger og prosjektresultat, omtalt som designrisiko, vil bli aktuelt etter oppstart av prosjektet. Økonomi må sees i lys av leverandørens økonomiske evner, maksimalt kompensasjonsnivå til hver fase samt vilje og kapasitet til større egeninnsats.

Verdi	Benevning	Fremdrift	Kvalitet	Økonomi
1	Marginal	Ubetydelig endring i planer	Ubetydelig endring i planer	Ubetydelige overskridelser
2	Liten	Innenfor planlagt slakk	Lavere enn ambisjonene i prosjektet	Overskridelser innenfor kompensasjonsnivå til prosjektet
3	Moderat	Utenfor planlagt slakk	Litt dårligere enn avtalt	Overskridelser krever økt egen-finansiering (>15%), men akseptabel for leverandør
4	Alvorlig	Endring på kritisk linje	Vesentlig dårligere enn avtalt	Overskridelser krever ekstrabevilgninger (Styre/ledelse)
5	Svært alvorlig	Sluttmilepæl ikke nådd	Leveranse blir ikke akseptert	Leverandør har ikke økonomi til å fullføre prosjektet

Tabell 5: Konsekvenser for uønskede hendelser

6.2.4 Risikoprioritering

Se to tabeller nedenfor for vurdering av risikoprioritering:



Figur 7: Risikoprioritering

Risiko	Poengscore	Beskrivelse
Lav	1 - 4	Lav risiko. Tiltak ikke påkrevd
Middels	5 - 12	Middels risiko, tiltak påkrevd
Høy	15 - 25	Høy Risiko. Ikke akseptabelt og tiltak påkrevd

Tabell 6: Poengscore og beskrivelse for risikoprioritering

6.3 Risiko og prioritering i gjennomføring av prosjektet

Mål vs Hendelse som kan true målet	Konsekvens	Sannsynlighet	Score (Pri)	Anmerking / Tiltak
Robusthet i forhold til langtids-sykdom, personer som slutter, e.l. <ul style="list-style-type: none"> Nøkkelpersonell eks prosjektleder blir borte/slutter Personell blir syke / slutter i perioden Eksterne ressurser / kompetanse ikke raskt tilgjengelig ved behov i perioden 	4	2	8	<ul style="list-style-type: none"> Erfarer lite gjennomtrekk av personell Overlappende kompetanse finnes i Umoe Mandal og TECO 2030 ASA.
Robusthet dersom arbeidsomfang blir høyere enn planlagt. <ul style="list-style-type: none"> Interne ressurser / kompetanse ikke tilgjengelig ved behov i perioden Eksterne ressurser / kompetanse ikke tilgjengelig ved behov i perioden 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> Mindre topper håndteres med overtid Ressursbehov på tvers av alle prosjekter overvåkes ukentlig av ledelsen og tiltak treffes basert på behov
Robusthet ifht. andre oppdrag som virksomheten kan bli engasjert i. <ul style="list-style-type: none"> Andre oppdrag får høyere prioritet i perioden eksterne ressurser / kompetanse ikke tilgjengelig ved behov i perioden 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> Ledelsen må sikre/fundamentere Høy prioritering av prosjektet Ressursbehov på tvers av alle prosjekter overvåkes ukentlig av ledelsen og tiltak treffes basert på behov
Tilstrekkelig finansiell evne gjennom prosjektet <ul style="list-style-type: none"> Andre prosjekter / hendelser påfører organisasjonen store kostnader i perioden 	3	1	3	<ul style="list-style-type: none"> Positivt resultat siste 4 år Har avtale med banken om det oppstår utfordringer ift likviditet Har avbruddsforsikringer ift uforutsette hendelser som sikrer drift
Tydelig og fungerende organisering av prosjektarbeidet <ul style="list-style-type: none"> Prosjektet blir nedprioritert og/eller nøkkelpersonell flyttes til andre oppgaver 	2	2	4	<ul style="list-style-type: none"> Det eksisterer god prosjektbeskrivelse med klare resultatmål UM har en standard prosjektgjennomføringsmodell som skal følges

Tabell 7: Oversikt, risiko og prioritering

6.3.1 Tiltaksplan

En tiltaksplan blir etablert og vedlikeholdes gjennom prosjektgjennomføringen.

7 Godkjenningsprosess opp mot Sjøfartsdirektoratet og klasse samt gjenstående arbeid

Arbeidet til TECO2030 med å samarbeide med Sjøfartsdirektoratet (SDIR) har vært en nøkkelaktivitet i konsortiets ambisiøse prosjekt "Fremtidens Hurtigbåt". Gjennom en omfattende og nøye gjennomtenkt prosess har konsortiet søkt om godkjenning for sitt innovative design, som innebærer bruk av hydrogen som drivstoff. Rollen til SDIR som tilsynsorgan for sikkerhet til sjøs har vært av avgjørende betydning for å sikre at designet oppfyller de strenge kravene til sikkerhet og pålitelighet.

SDIR opererer innenfor rammene av "International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code)", som fastsetter strenge standarder for skip som benytter gasser eller drivstoff med lavt flammepunkt. Gjennom grundige dokumentasjonsprosesser, risikovurderinger og workshops har TECO2030 og deres konsortium arbeidet tett sammen med SDIR for å sikre at deres design tilfredsstillende disse kriteriene. All dokumentasjon relatert til foreløpig godkjenning, kjent som "Approval in Principle", ble innlevert i januar 2024 som et resultat av den andre av totalt to HAZID workshops.

Når konsortiet mottar foreløpig godkjenning, vil neste steg være å fullføre den endelige designfasen og gjennomføre detaljerte analyser og tester i samarbeid med SDIR. Dette omfatter å utarbeide en omfattende dokumentasjonspakke som dekker alle nødvendige krav og standarder. Spesifikke fokusområder vil inkludere en detaljert designfilosofi, kvantitative risikovurderinger, evaluering av risikokontrolltiltak og sikre sertifikater for samsvar med industrielle standarder.

Endelig godkjenning vil foregå etter byggekontrakt er inngått og vil innebære fortsatt tett samarbeid med SDIR for å sikre at deres nyskapende design for "Fremtidens Hurtigbåt" oppfyller de høyeste standardene for sikkerhet til sjøs. Når den endelige godkjenningen er oppnådd, vil dette markere et betydelig skritt fremover for bruk av hydrogen som drivstoff i maritime applikasjoner og bidra til en mer bærekraftig fremtid for sjøfarten.

8 Bruksområder og muligheter for videreutvikling

8.1 Hydrogenteknologi i hurtigferje markedet

Behov for hydrogen i hurtigbåtsektoren

Det er et tydelig behov for å utvikle og idriftsette hydrogenhurtigbåter for å kunne realisere målet om null klimagassutslipp fra ferger og hurtigbåter. TØI og IFE estimerte basert på AIS-data i rapporten *Estimating the replacement potential of Norwegian high-speed passenger vessels with zero-emission solutions* fra 2021 at 51 av 73 passasjerhurtigbåter i drift i Norge egner seg til utslippsfri fremdrift med hydrogen eller batteri, hvorav 39 av båtene ikke kunne bruke batterifremdrift alene og måtte benytte hydrogenfremdrift for å kunne driftes på samme måte som i dag. Hurtigbåtløsningen som UMOE og TECO har utviklet for Fremtidens hurtigbåt har bedre rekkevidde og ytelse enn hurtigbåtkonseptet som ble brukt som basis for studien.

En hydrogendrevet hurtigbåt har følgende fordeler sammenliknet med en batteridrevet båt:

- Lavere vekt på energilageret muliggjør høyere hastigheter, lengre rekkevidde, og færre ladestopp
- Lengre rekkevidde eliminerer behov for fyllpunkter underveis på ruten, dette gir kortere rutetider
- Hydrogen krever betydelig lavere investeringer i kraftnett:
 - Hydrogenproduksjon krever lavere nettkapasitet fordi elkraftforbruket er dekket skipets drift og kan spres over hele døgnet
 - Hydrogenproduksjon kan ofte integreres i et nett som i utgangspunktet er fullt fordi det er en svært fleksibel last som kan kobles ut i timene med høyest nettbetlastning. Altså vil det kunne utnytte dages nettkapasitet på en bedre måte.
 - På grunn av høy rekkevidde kreves færre infrastrukturpunkter, altså utbygging av kraftnett på færre områder, og gjerne kun på endestoppet.
 - På grunn av lavere nettkostnader blir i mange tilfeller hydrogen billigere enn hurtiglading selv om virkningsgraden er lavere
- Hydrogen som fleksibel last vil muliggjøre økt tilknytning av ny fornybar kraftproduksjon
- Hydrogen er det mest energieffektive syntetisk produserte drivstoffet. Alle andre syntetisk produserte drivstoffer er videreforedlet fra hydrogengass, med dertil høyere energitap i verdikjeden.

Fergemarkedet som utløser av hydrogenteknologi til transport

Det foregår stor utvikling innen hydrogenteknologien, spesielt innen hydrogenproduksjon hvor vi observerer stadige forbedringer i økte virkningsgrader og reduserte kostnader. Dette er drevet frem av de store energileverandørene med stort fokus på andre markeder enn transport. Innen transport og brenselcelleteknologi går utviklingen saktere på grunn av mangel på infrastruktur. Norge har vært et foregangsland innen maritim satsing på hydrogenteknologi med fergesambandene på Hjelmeland og Bodø-Moskenes. Ferger og hurtigbåter er en svært god faktor for å utløse lønnsom hydrogenproduksjon, fordi de er svært forutsigbare kunder som forbruker større mengder hydrogen, gjerne daglig, i en kontraktsperiode over mange år.

Teknologimodenhet

Mange av enkeltkomponentene som inngår i en hydrogenhurtigbåt, som elektrisk propulsjon, batteri og kraftelektronikk er tidligere utprøvd og kjent teknologi for passasjerbåter. Når det gjelder hydrogenbrenselceller finnes det i dag noen installerte hydrogenbrenselceller på driftsattede ferger, blant annet bilfergen MF Hydra i Ryfylke og hurtigfergen Sea Change i San Francisco. For en passasjerhurtigbåt som skal oppfylle kravene i Fremtidens hurtigbåt trenger hydrogenfremdriftssystemet 5-10 ganger høyere systemytelse enn det som er installert i eksisterende båter i dag. Da en bruker modulære bestanddeler til hydrogenfremdrift (brenselceller, hydrogenlager, kraftkonvertering) forventes ikke selve oppskaleringen av fremdriftssystemet å skape betydelige utfordringer.

8.2 Anbefalinger til kunde

8.2.1 Anskaffelse

- Anbefaler kunden å tilnærme seg anskaffelse av verdens første hydrogenhurtigbåt som en pilot eller innovativt prosjekt snarere enn en ordinær anskaffelse gjennom «standard skipsbyggingskontrakt 2000». Denne kontrakten pålegger all risiko til tilbyder når kjøper har kanselleringsrett. Vi anbefaler å ta utgangspunkt i en annen type kontrakt.
- Anbefaler kunden å søke ENOVAs program «Banebrytende maritim teknologi» om midler til pilotprosjekt eller investeringsstøtte, med støttegrad på 40-50%.
- Anbefaler kunden å vurdere å søke «EU Innovation Fund 2023 Net Zero Technologies – Pilots» prosjektstøtte som tilsynelatende kan dekke inntil 60% av investeringskostnader samt inntil 60% av driftskostnader i 3-5 år. Det kan også være andre EU-programmer som egner seg, slik som «Hydrogen Valley».
- Det er enklere for tilbyder å designe et mer kostnadseffektivt hurtigbåtdesign dersom ruten (lokasjon) og rutetabell er kjent på forhånd.
 - Muliggjør mer optimalisert dimensjonering av brenselcellesystem med batteri og hydrogenlager om bord
 - Kostnadsdrivere:
 - Totalvekt på fartøy
 - Brenselcelleytelse
 - Fart og rekkevidde
 - Redundanskrav
 - Mulighet for bruk av (bio)diesel i nødgenerator om bord
- Fastsatt rutetabell vil redusere risiko for oppdragsgiver da leverandører ellers må levere en løsning som skal oppfylle mange tenkte scenarier. Dette gir økt sannsynlighet for overdimensjonering og høye risikopåslag som igjen gir høy kapitalkostnad for oppdragsgiver.

8.2.2 Infrastruktur på land

- En godt tilpasset kaiinfrastruktur vil redusere størrelse på landgangsløsninger som øker vekt på båten.
- Det vil være fordel å sikre fast landstrømstilgang der hurtigbåten skal ha nattligge.

Hydrogeninfrastrukturen på land må dimensjoneres ut i fra

- Forventet daglig hydrogenkonsum under de mest energikrevende driftsforholdene
- Fyllestrategi – ideelt sett bør fylling skje etter dagens siste avgang eller før dagens første avgang evt. under ruteopphold midt på dagen.
- Dersom ny hydrogenfyllinfrastruktur skal bygges til hurtigbåten kan kunden gjøre en rekke grep for å få lavere kostnad og arealbehov rundt fyllinfrastrukturen
 - Hydrogeninfrastrukturen vil være rimeligere dersom en kan bunkre hydrogen mer langsomt
 - For hydrogeninfrastrukturen vil behov for hurtigfylling være kostnadsdrivende. Særlig hydrogenkompressorer og tanker koster betydelig mer når bunkringsanlegget må levere store volumer hydrogen ved høyt trykk. Kan en tillate seg å sette av lengre tid til bunkring vil dette gi en rimeligere hydrogenfyllinfrastruktur.
 - Høyere lagringstrykk og volumstrømmer i hydrogenfyllinfrastrukturen vil også utløse høyere arealbehov gjennom økte sikkerhetsavstander rundt hydrogenbunkringsanlegget

8.3 Leverandører til hydrogenhurtigbåt

Det finnes en rekke godt kvalifiserte og kompetente leverandører av utstyr og tjenester til Fremtidens hydrogenhurtigbåt i det norske maritime miljøet. Hittil i prosjektet er det kun valgt norske aktører og underleverandører.