

STANDARDFÆRGE KONCEPT

FÆRGESEKRETARIATET

M989-001-001-100 M989, STANDARDFÆRGEKONCEPT

Revision D
2022-30-06

Document properties

| Project | Standardfærgekoncept |
|----------------|----------------------------|
| Project no. | M989 |
| Document no. | 001-001-100 |
| Document title | M989, Standardfærgekoncept |
| Rev. | D |
| Author | FRSS |
| Client | Færgesekretariatet |

Contact info

Name: Frederik Sivholm Sommer

E-mail: Frss@odensemvertime.com

Tel: +45 21 89 87 62

Disclaimer

Odense Maritime Technology Proprietary Information:

The documents and information stated in the document is developed in collaboration with Jens Kristensen. The documents and information stated in the document is property of and remain property of OMT Naval Aps.

The Information contained in this document is for information only and OMT Naval Aps and Jens Kristensen reserve the rights to make additions, deletions, or modifications to the contents of the documents at any time without prior notice.

The Information contained is commercially confidential and shall be kept in confidence by Færgesekretariatet and its advisors, consultants and municipality members.

Document revision history

| Revision | | | | |
|----------|------------|--|-------------------|------------------------|
| Rev. | Date | Comments | Author (Initials) | Approved by (Initials) |
| - | 2022-30-06 | | FRSS | THEE |
| A | 2021-09-21 | Korrigeret baseret på feedback | FRSS | THEE |
| B | 2021-10-12 | Korrigeret baseret på feedback | FRSS | THEE |
| C | 2022-06-02 | Fremsendt til Færgesekretariatet | FRSS | THEE/BJM/NPSS |
| D | 2022-06-30 | Fremsendt som bilag til indkøbsaftalen | FRSS | THEE |

Table of contents

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Formål..... | 4 |
| 2 | Baggrund | 4 |
| 3 | Produktkatalog..... | 4 |
| 3.1 | Dimensioner og kapaciteter | 18 |
| 3.2 | Kommunespecifik detaljeret belægningsanalyse..... | 21 |
| 3.3 | Fysiske og skibstekniske parametre..... | 23 |
| 3.3.1 | Stabilitetskrav | 23 |
| 3.3.2 | Opholds- og passagerfaciliteter..... | 23 |
| 3.3.3 | Tonnage | 24 |
| 3.3.4 | Dispensationer og ækvivalenser | 25 |
| 3.3.5 | Passager- og bil flow | 25 |
| 3.3.6 | Passagersikkerhed..... | 26 |
| 3.3.7 | Bemandingskrav..... | 26 |
| 3.3.8 | Interiør og eksteriør design | 27 |
| 3.3.9 | Geografiske forhold samt havneforhold..... | 27 |
| 4 | Standardisering og udvikling af modulære designelementer | 28 |
| 4.1 | Brodæk - Styrehusmodul | 28 |
| 4.2 | Mandskabsaptering | 29 |
| 4.3 | Panoramasalon | 30 |
| 4.4 | Passagersalon på bildæk | 31 |
| 4.5 | Passagersalon på mellemdæksniveau | 33 |
| 4.6 | Sprøjtecover | 34 |
| 4.7 | Ramper/adkomst stævnudformning..... | 35 |
| 4.7.1 | Færgeramperne kommer i to versioner: | 35 |
| 4.7.2 | Stævnudformningen, ramper og adkomst for "bløde" trafikanter:..... | 35 |
| 4.8 | Maskinrum | 38 |
| 4.9 | Udstyrspakker..... | 40 |
| 4.10 | Landbaseret el-Infrastruktur..... | 41 |
| 4.11 | Generator i container | 44 |
| 5 | Bygeomkostninger | 44 |
| 6 | Energiløsning | 46 |
| | Økonomisk betragtning | 46 |
| | Total Cost of Ownership (TCO)..... | 48 |
| A. | Miljødeklaration..... | 50 |
| B. | Liste over nødvendige dispensationer og ækvivalenser | 52 |

1 Formål

Denne rapport har til formål at dokumentere udviklingen af et standardfærgekoncept, i stand til at servicere størstedelen af de danske ø-forbindelser drevet i kommunalt regi. Resultatet af denne rapport er et produktkatalog, indeholdende basisvariationerne af den udviklede platform samt en beskrivelse af mulige tilvalgsmoduler. Disse udarbejdes i dialog med fægeseekretariatets medlemskommuner, hvorfor listen herover ikke er udtømmende men eksemplificerende. Det søges endvidere beskrevet, hvorledes standardisering kommer til udtryk ved valg af standardiseringskritiske hovedkomponenter, som eksempelvis fremdrivningssystemer samt indretning under dæk for nem tilpasning til alternative energiløsninger herunder Metanol, Hydrogen, HVO (Biodiesel) og ren El, lagret på batterier.

Foruden skabelse af stordriftsfordele samt synergier på tværs af kommuner søges konceptet udviklet således, at driften af færgerne effektiviseres gennem konsoliderede serviceaftaler på standardiseringskritiske udstyrskomponenter og i særdeleshed gennem dataopsamling og resulterende beslutningsassistance på broen og i land.

Konceptet og nærværende rapport er udarbejdet med Rådgivende Skibsingeniører Jens Kristensen ApS som støttende enhed.

2 Baggrund




Fægeseekretariatet har på vegne af dets 18 medlemskommuner gennemført et udbud vedr. et innovationspartnerskab for udvikling af et standardfærgekoncept, som i maj 2021 førte til indgåelsen af aftale om et innovationspartnerskab mellem Fægeseekretariatet og konsortieparterne Odense Maritime Technology A/S ("OMT") og PensionDanmark Pensionsforsikringsaktieselskab ("PD").

Konsortiet skal udvikle og tilbyde en standardfærgeplatform for medlemskommunerne, som tilsammen råder over ca. 32 færger, der primært sejler til de danske øer. Som dokumentation for arbejdet med udviklingen af dette koncept, udarbejdes denne rapport.

3 Produktkatalog

Ved konceptualisering af standardfærgekonceptet udvikles en matrice indeholdende basisfærgerne der skal udgøre platformen for standardfærgekonceptet. Formålet i innovationsfasen er således at bestemme krav til hoveddimensioner, kapaciteter samt fysiske og skibstekniske parametre. Ligeledes betragtes operationelle forhold, der stiller krav til færgernes udformning, evne til manøvrering, udsyn fra bro mm. Vigtigst af alt tilstræbes det, at produktkataloget favner bredt på alle ovenstående parametre således samtlige af fægeseekretariatets medlemskommuner kan se sig selv i mindst én konfiguration af standardfærgeplatformen.

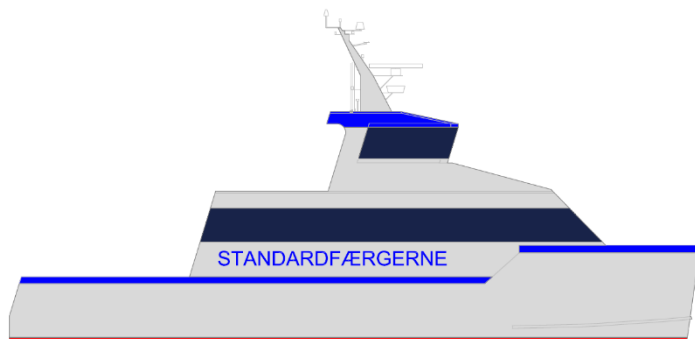
I Figur 1: Produktkatalog ses den foreløbigt udarbejdede matrice, som danner grundlag for tilpasning i indkøbsfasen. Det bemærkes at matricen primært er baseret på statistisk data samt delvist på indledende dialog med kommuner. Den vil derved være genstand for løbende opdatering som yderligere dialog med de enkelte kommuner afvikles. En mere detaljeret fremstilling af de benyttede data findes i rapporten "2021-07-12, M989, Indledende analyse af overfarter, Rev-"

| *General Arrangement enclosed | CAT | Double-ender | | | | | | Single-ender | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | Loa 20m | Loa 28m | Loa 36m | Loa 40m | Loa 50m | Loa 60m | Loa 80m | Loa 40m | Loa 50m | Loa 60m | Loa 80m |
|  | |  | | | | | |  | | | |
| B=7.8 1 vognbane | C20-8 PAX: 48/98 Biler: 2 | | | | | | | | | | |
| B=10.6 2-3 vognbaner | | *D28-10 PAX: 48/98 Biler: 9 | *D36-10 PAX: 91/98 Biler: 19 | | | | | | | | |
| B=12.4 3-4 vognbaner | | | | *D40-12 PAX: 98/147 Biler: 22-24 | D50-12 PAX: 98/196 Biler: 30-32 | | | S40-12 PAX: 98/147 Biler: 24 | S50-12 PAX: 98/196 Biler: 32 | | |
| B=14.4 5 vognbaner | | | | | | D60-14 PAX: 147/245 Biler: 50 | | | | S60-14 PAX: 98/245 Biler: 50 | |
| B=17.4 6 vognbaner | | | | | | | *D80-17 PAX: 147/444 Biler: 80 | | | | S80-17 PAX: 147/444 Biler: 80 |

Figur 1: Produktkatalog

Ovennævnte figur er vejledende oversigt over mulige varianter af Standardfærgekonceptet, som er baseret på indledende dialog med Færgesekretariatet og dets medlemmer. Der tages forbehold for, at der løbende kan justeres og ændres i produktkataloget i det omfang dette er nødvendigt for at imødekomme krav og/eller ønsker fra Medlemskommunerne, som måtte vise sig hensigtsmæssigt.

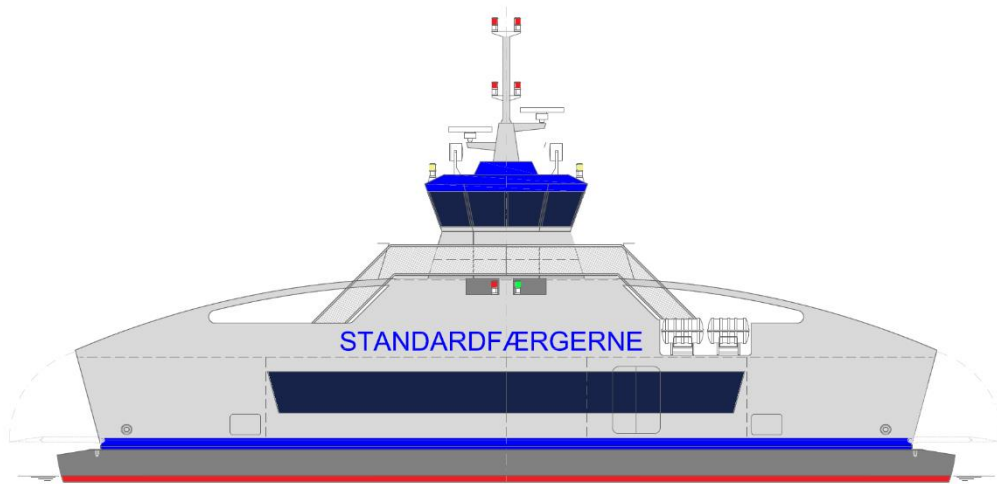
Baseret på matricen i Figur 1: Produktkatalog har innovationsfasen til målsætning, at størstedelen af de overfarer der eksisterer i dag, vil kunne erstattes af mindst en færge i samme matrice. Dette er illustreret nærmere i Tabel 1: Kortlægning af kommunale færger. Der lægges igen vægt på, at denne fordeling tager afsæt i statistiske estimater, som vil give anledning til korrektioner affødt af dialog med de respektive kommuner. I det følgende præsenteres datasheets for hver færge i ovenstående matrice.



CAT – C20-8 - Hoveddata:

- Længde overalt 20.0 m
- Bredde over fender 7.8 m
- Dybde 2.6 m
- Dybgang maksimal 1.4 m
- Personbiler antal 2
- PAX 48/98
- Besætning 2/2

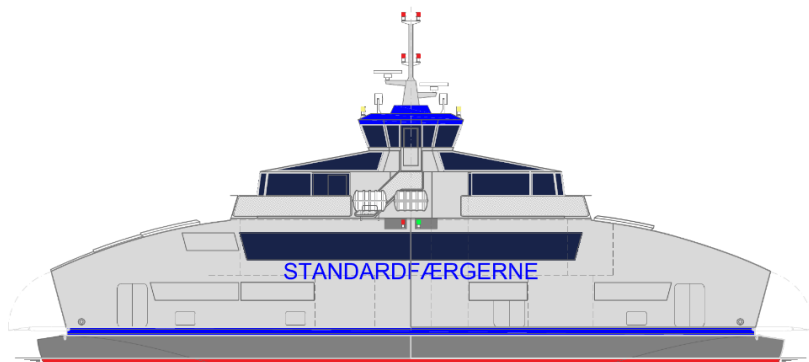
Generalarrangement: *Udarbejdes ved aktuel forespørgsel*



Double-Ender Åben- D28-10 - Hoveddata:

- Længde overalt 28.0 m
- Bredde over fender 10.6 m
- Dybde 3.4 m
- Dybgang maksimal 2.2 m
- Brutto tonnage 270 GT
- Personbiler antal 9
- Personbil baner 43 m
- Trailerbaner 18 m
- PAX vinter/sommer 48/98
- Besætning 2/2

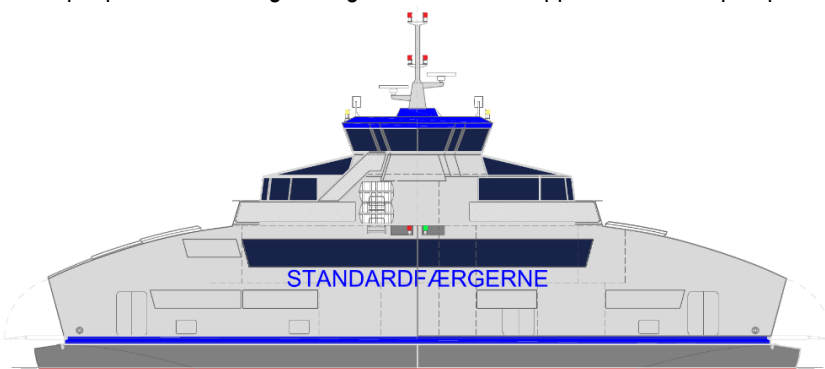
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-Ender Lukket – Centerbro – D36-10 - Hoveddata:

- Længde overalt 36.0 m
- Bredde over fender 10.6 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 499/710 GT
- Personbiler antal 19
- Personbil baner 86
- Trailerbaner 18 m
- PAX vinter/sommer 91/98
- Besætning 2/2

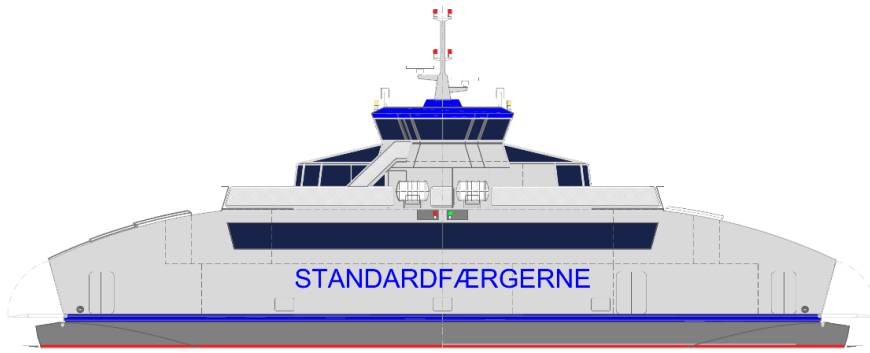
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-Ender Lukket – Bred bro – D36-10 - Hoveddata:

- Længde overalt 36.0 m
- Bredde over fender 10.6 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 499/720 GT
- Personbiler antal 19
- Personbil baner 86 m
- Trailerbaner 18 m
- PAX vinter/sommer 91/98
- Besætning 2/2

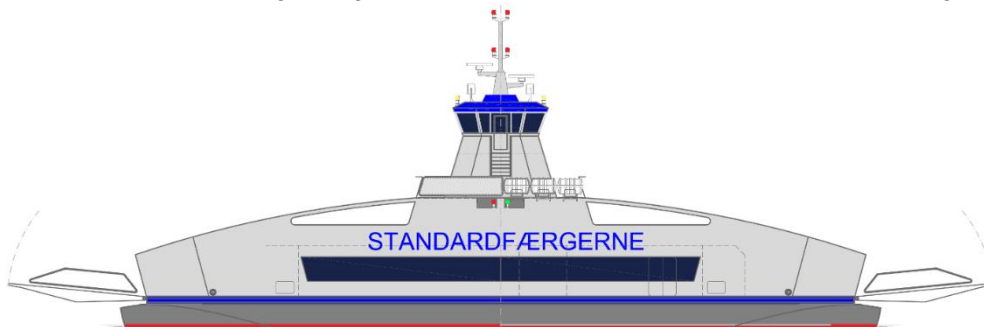
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-ender Lukket – D40-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 40.5 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 960 GT
- Personbiler antal 24
- Personbil baner 114 m
- Trailerbaner 27 m
- PAX vinter/sommer 98/147
- Besætning 2/3

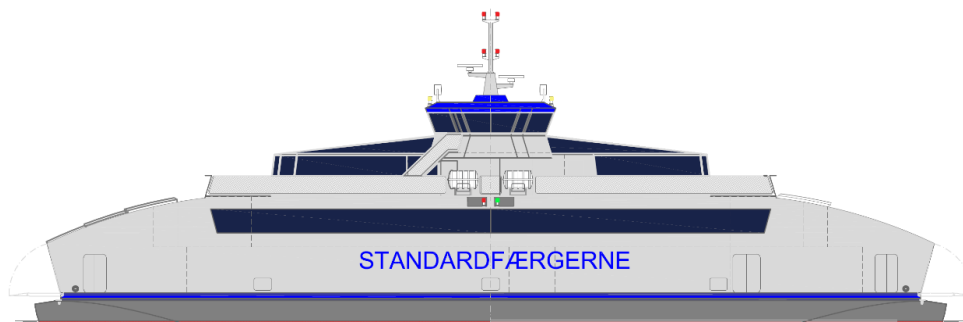
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-ender Åben – D40-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 40.5 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 360 GT
- Personbiler antal 22
- Personbil baner 104 m
- Trailerbaner 52 m
- PAX vinter/sommer 98/147
- Besætning 2/3

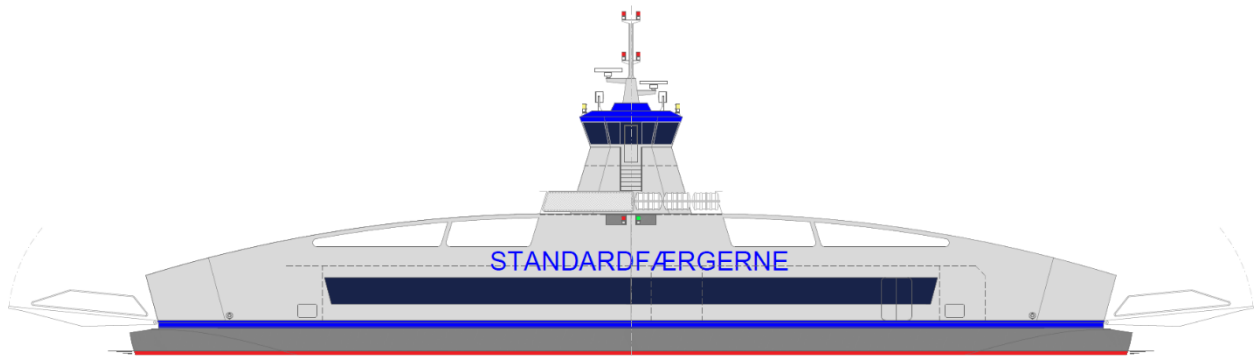
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-Ender Lukket – D50-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 49.5 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto Tonnage 1300 GT
- Personbiler antal 32
- Personbil baner 150 m
- Trailer maksimal længde 35-70 m
- PAX vinter/sommer 98/147/196
- Besætning 2/3/4

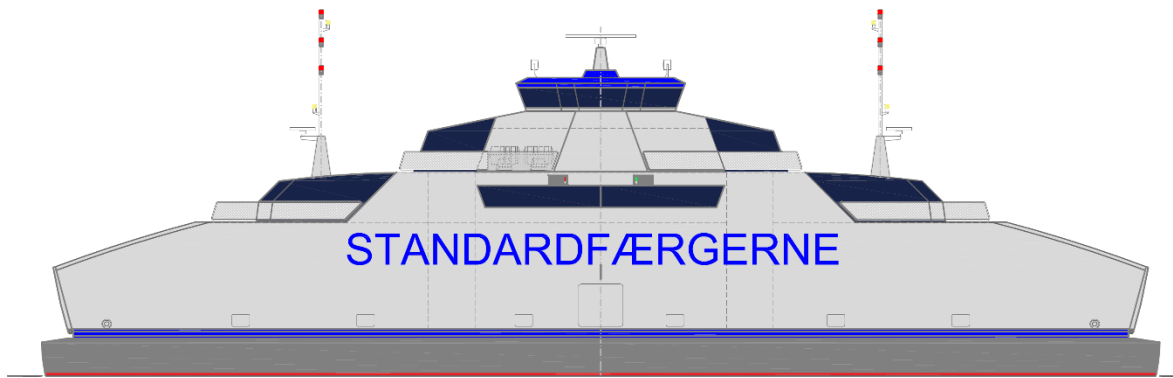
Eksempel på standardfærgekfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekfigurationer"



Double-Ender Åben – D50-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 49.5 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto Tonnage 490 GT
- Personbiler antal 30
- Personbil baner 140 m
- Trailerbaner 70 m
- PAX vinter/sommer 98/147/196
- Besætning 2/3/4

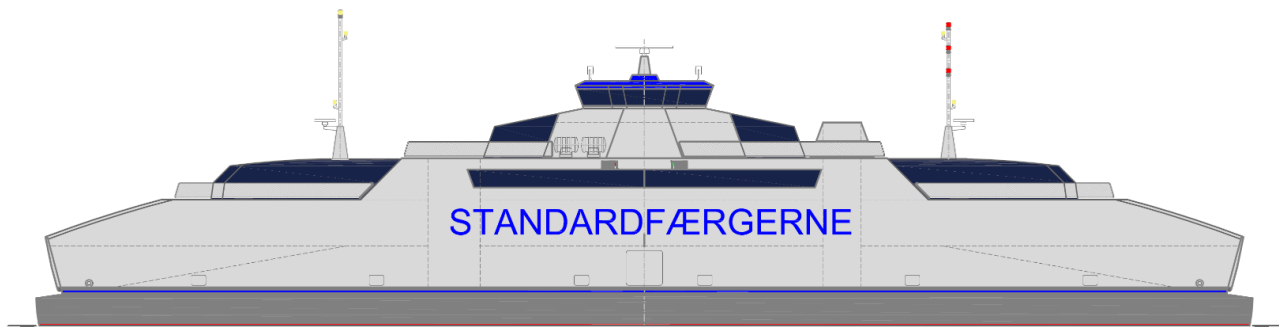
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Double-Ender Lukket – D60-14 - Hoveddata:

- Længde overalt 60.0 m
- Bredde over fender 14.4 m
- Dybde 4.5 m
- Dybgang maksimal 2.5 m
- Brutto tonnage 2300 GT
- Personbiler antal 50
- Personbil baner 230 m
- Trailerbaner 100 m
- PAX vinter/sommer 98/147/196/245
- Besætning 2/3/4/5

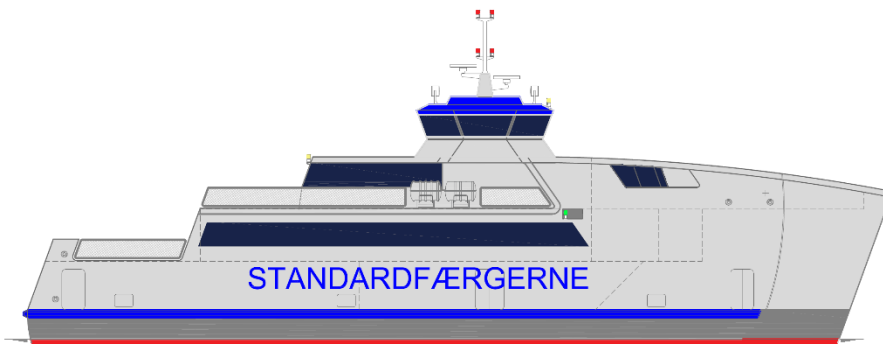
Eksempel på standardfærgekfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekfigurationer"



Double-Ender Lukket – D80-17 - Hoveddata:

- Længde overalt 80.0 m
- Bredde over fender 17.4 m
- Dybde 5.0 m
- Dybgang maksimal 2.5 m
- Brutto tonnage 2999/3800 GT
- Personbiler antal 80
- Personbil baner 377 m
- Trailerbaner 140 m
- PAX vinter/sommer 147/196/245/444
- Besætning 3/4/5/6

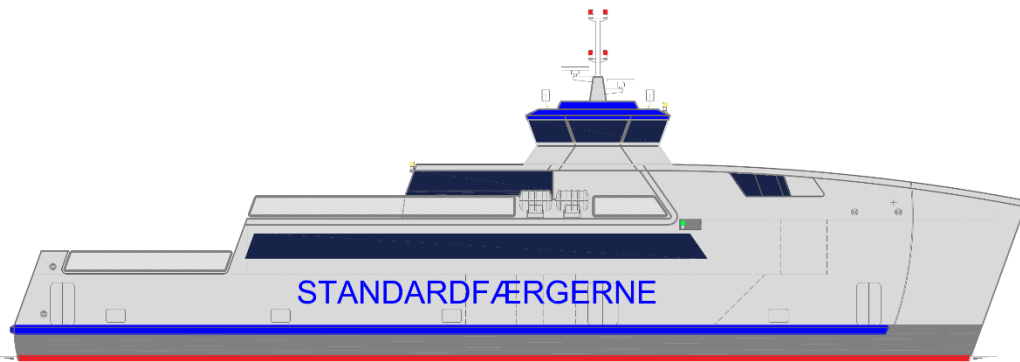
Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Single-Ender Lukket – S40-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 41.0 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 960 GT
- Personbiler antal 24
- Personbil baner 114 m
- Trailerbaner 27 m
- PAX vinter/sommer 98/147
- Besætning 2/3

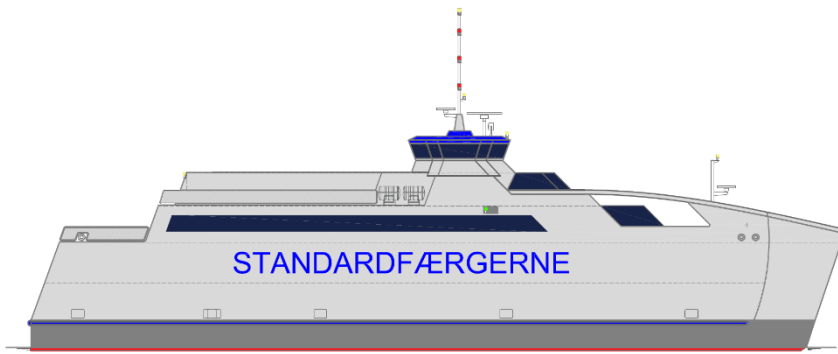
Eksempel på standardfærgekfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekfigurationer"



Single-Ender Lukket – S50-12 - Hoveddata:

- Længde overalt 50.0 m
- Bredde over fender 12.4 m
- Dybde 3.8 m
- Dybgang maksimal 2.3 m
- Brutto tonnage 1300 GT
- Personbiler antal 32
- Personbil baner 150 m
- Trailerbaner 35-70 m
- PAX vinter/sommer 98/147/196
- Besætning 2/3/4

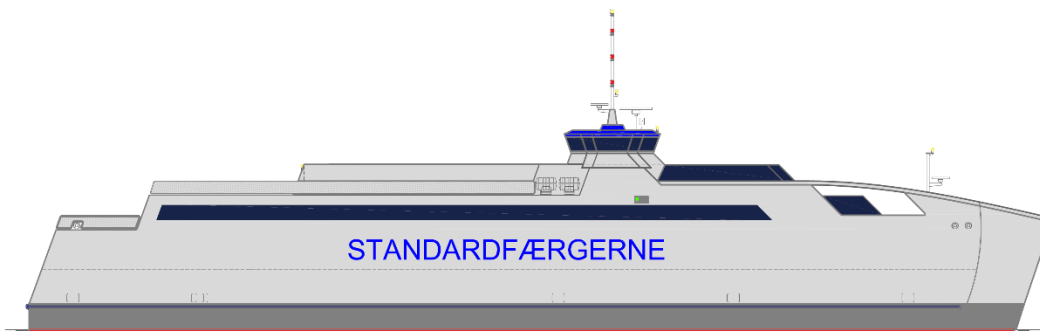
Eksempel på standardfærgekfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekfigurationer"



Single-Ender Lukket – S60-14 - Hoveddata:

- Længde overalt 60.0 m
- Bredde over fender 14.4 m
- Dybde 4.5 m
- Dybgang maksimal 2.5 m
- Brutto tonnage 2300 GT
- Personbiler antal 50
- Personbil baner 230 m
- Trailerbaner 100 m
- PAX vinter/sommer 98/147/196/245
- Besætning 2/3/4/5

Eksempel på standardfærgekonfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekonfigurationer"



Single-Ender Lukket – D80-17 - Hoveddata:

- Længde overalt 80.0 m
- Bredde over fender 17.4 m
- Dybde 5.0 m
- Dybgang maksimal 2.5 m
- Brutto tonnage 4000 GT
- Personbiler antal 80
- Personbil baner 380 m
- Trailerbaner 140 m
- PAX vinter/sommer 147/196/245/444
- Besætning 3/4/5/6

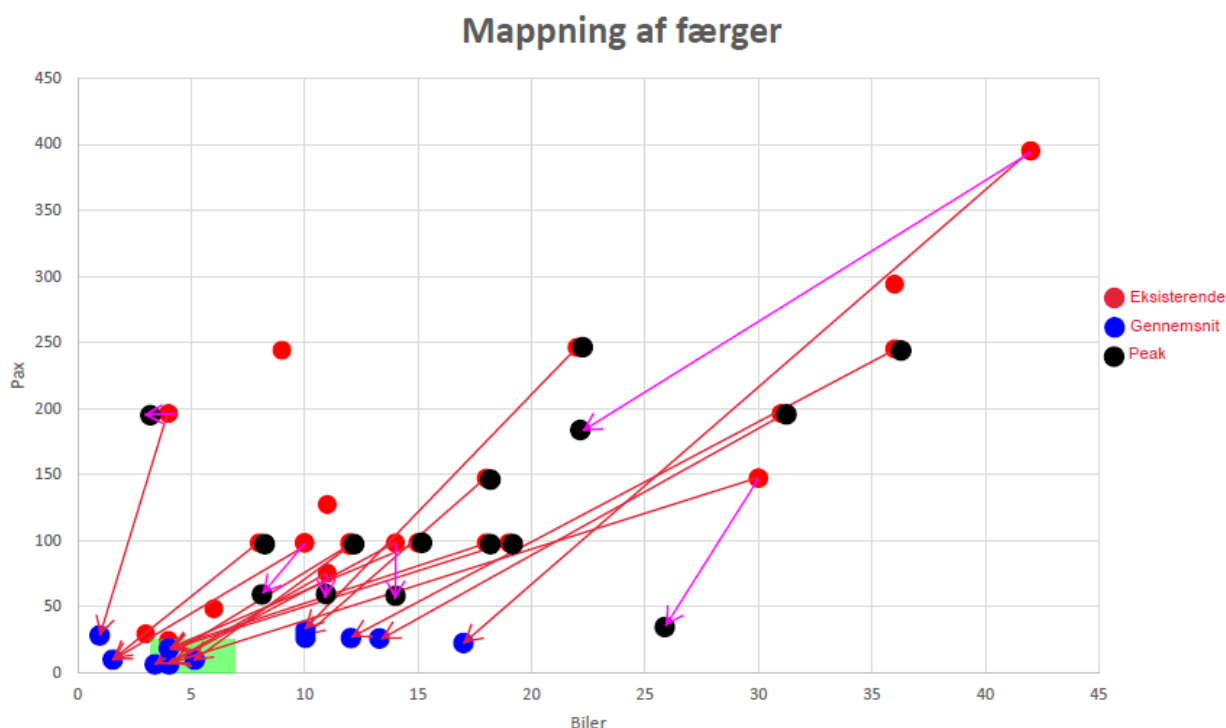
Eksempel på standardfærgekfiguration findes i rapporten: "Eksempler på Standardfærgekfigurationer"

Som nævnt, tilstræbes det, at matricen skal danne grundlag for en senere tilpasning til kommuners individuelle behov, ønsker og forventninger til belægning i fremtiden. Kapaciteterne benævnt i matricen kan således variere med modificering og tilpasning. Eksempelvis vil korte overfarter formentlig stille krav til højere rampeeffektivitet uden behov for passagertransport på tværs af dæk. Andre overfarter vil i højere grad stille krav til at kunne separere rampeflow samt passagertransporten på tværs af dæk. Disse kravvariationer vil give anledning til kapacitetsvariationer og optimeringer. Tilpasningen af de respektive basisfærger er gjort mulig gennem modularisering af designelementer herunder eksempelvis bro-layout, inkludering af pantry samt overmatningsmuligheder ombord. I afsnit 4 beskrives tilgangen til modularisering i relation til standardisering. **Error! Reference source not found.** er vist et eksempel for kommunernes fordeling på matricen. Kortlægningen er således en eksemplificeret fremstilling som baserer sig på tilgængelig statistik og, i visse tilfælde, dialog med den enkelte kommune. Igen vil kommuners fordeling være genstand for opdatering som dialogen med den enkelte kommune skrider frem.

I det følgende beskrives den gennemgåede proces med udarbejdelse af produktkataloget ud fra ovenstående målsætning.

3.1 Dimensioner og kapaciteter

Standardfærgeplatformens katalog af hoveddimensioner er et produkt af de kapaciteter og belægninger der for nuværende findes blandt de 18 medlemskommuner. De nuværende kapaciteter blev kortlagt ifm. udarbejdelsen af rapporten: "Indledende analyser af overfarter" - Byggende oven på dette, søgtes estimeret den bedste fordeling af færge kapaciteter og dimensioner for at afdække det behov der findes i kommunerne. I *Figur 2: Kortlægning af eksisterende færger* ses den eksisterende kapacitet med inklusion af dennes gennemsnitlige belægning samt estimerede spidsbelægning. Som det også konkluderedes i den indledende analyse, foreslår data at der sejles med overkapacitet i en overvægt af tiden. I den videre dialog med kommunerne, kunne fejl spores i Danmarks statistiks datagrundlag. Nedenstående er dermed med forbehold for eventuelle fejlindberetninger etc.



Figur 2: Kortlægning af eksisterende færger

I Figur 2: Kortlægning af eksisterende færger ses resultatet af den indledende statistiske analyse. Figuren viser med:

- Røde punkter – Kommunernes nuværende kapaciteter
- Blå punkter – De, af Danmarks Statistik oplyste, gennemsnitlige belægninger over de sidste 5 år
- Sorte punkter – Kommunernes estimerede spidsbelægning.
- Røde pile – Sammenhængen mellem eksisterende kapacitet, gennemsnitlig belægning samt estimeret spidsbelastning.

For detaljeret gennemgang af den benyttede metode for estimering af spidsbelastninger og indsamling af data, henvises til rapporten "Indledende analyse af overfarter".

Den udviklede færgematrix er afbildet i Figur 3: Flet af eksisterende kapacitet med produktkatalog med inklusion af ovenfor nævnte statistiske undersøgelse.



Figur 3: Flet af eksisterende kapacitet med produktkatalog

Som det er statistisk afbildet i Figur 3: Flet af eksisterende kapacitet med produktkatalog, vil den udviklede matrix af basisfærger kunne dække alle spidsbelægninger (sorte punkter) samt alle gennemsnitsbelægninger (blå punkter).

I tabulariseret form ses nedenfor et eksempel på, hvorledes kommunerne kunne tænkes fordelt på den udviklede produktmatrice. Listen og dermed fordelingen skal udelukkende ses som et eksempel. Det forventes heraf, at fordelingen vil være genstand for ændringer som resultat af løbende dialog. I forbindelse med innovationsfasen har flest mulige kommuner været inddraget mhp. at verificere deres behov på overfarterne og dermed disses overensstemmelse med den udarbejdede matrice. Dialogen er dokumenteret gennem referater, hvis konklusioner kan findes i Rapporten "Kommunedialog – Behovsanalyse".

Tabel 1: Kortlægning af kommunale færger

| Eksisterende kapacitet vs produktkatalog potentielt | | | | | | |
|--|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| Kommune | Navn | Biler | Pax | Anbefaling | Alternativ 1 | Alternativ 2 |
| | | Eksisterende | Eksisterende | | | |
| Hedensted | M/F Hjarnø | 6 | 48 | D28-10 | D36-10 | |
| Struer | MF Venø Færger | 11 | 75 | D28-10 | D36-10 | |
| Aabenrå | MF Barsøfærger | 4 | 24 | D28-10 | | |
| Ålborg | M/F Egholm | 3 | 29 | D28-10 | | |
| Ålborg | M/F Egholm II | 12 | 96 | D28-10 | | |
| Assens | M/F Baagø-færger | 8 | 98 | D28-10 | D36-10 | |
| Kalundborg | M/F Neksøl | 11 | 127 | D40-12 | D36-10 | C20-8 |
| Lolland | M/F Femøsund | 12 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Lolland | M/F Askø | 14 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Haderslev | M/F Aarø | 12 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Langeland | M/F Strynø | 15 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Odder | M/F Tunø | 4 | 196 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Slagelse | M/F Omø | 15 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Svendborg | M/F Højestene | 10 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Faaborg-midtfyn | MF Faaborg III | 18 | 147 | D40-12 | D36-10 | S40-12 |
| Holbæk | M/F Orø | 18 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Slagelse | M/F Agersø III | 19 | 98 | D36-10 | D40-12 | S40-12 |
| Ålborg | M/F Egense | 10 | 98 | D40-12 | S40-12 | D28-10 |
| Ålborg | M/F Hals-Egense | 10 | 98 | | | |
| Horsens | M/F Endelave | 22 | 246 | D40-12 | S40-12 | D36-10 |
| Skive | M/F Mjølner-Fur | 30 | 147 | D50-12 | S50-12 | D60-14 |
| Skive | M/F Sleipner-Fur | 30 | 147 | D50-12 | S50-12 | D60-14 |
| Lolland | M/F Christine | 30 | 147 | D50-12 | S50-12 | D40-12 |
| Ærø | M/F Skjoldnæs | 36 | 294 | S60-14 | D60-14 | D50-12 |
| Norrdjurs | MF Anholt | 9 | 244 | D40-12 | S40-12 | S50-12 |
| Kalundborg | M/F Sejerøfærger | 36 | 245 | D40-12 | S40-12 | S50-12 |
| Ærø | E/F Ellen | 31 | 196 | | | |
| Ærø | M/F Marstal | 42 | 395 | D80-17 | S80-17 | D60-14 |
| Ærø | M/F Ærøskøbing | 42 | 395 | D80-17 | S80-17 | D60-14 |

Fra ovenstående vurderes det, at den udviklede produktmatrice kan servicere færgekretariatets medlemskommuner. Matricen er udtryk for færgeplatformens variation i hoveddimensioner og kapaciteter. Foruden variation i hoveddimensioner og kapacitet, vil platformen kunne konfigureres gennem valg af moduler såsom forskellige apterings-, bro- og energiløsninger.

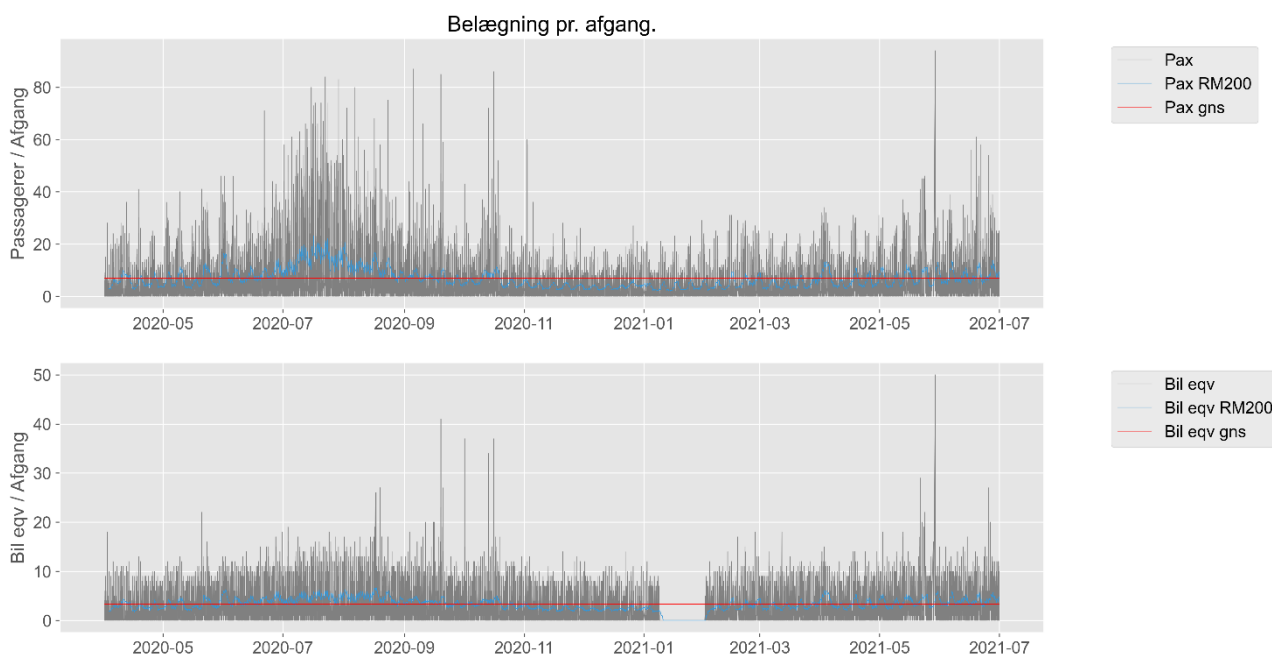
3.2 Kommunespecifik detaljeret belægningsanalyse

Som benævnt i foregående afsnit, er produktmatricen baseret på data fra Danmarks Statistik. Belægningsstallene er i disse baseret på månedstotaler og der findes dermed ikke information om belægningen på overfartsniveau. Dette medfører, at det fulde billede af overfartens belægnings ikke eksponeres i analysen heraf. Der vil derfor, i forbindelse med kommunedialogen, udarbejdes detaljerede analyser af overfartens belægnings baseret på kommunens egne tal. Derved opnås højere detaljegrade, og herved et mere præcist billede af kommunens behov.

Den detaljerede analyse vil variere fra kommune til kommune afhængigt af overfartens karakter. Højfrekvente ruter vil i højere grad have behov for at kende transportraten over dagen (Biler/PAX pr. Timer) medens ruter med lavere frekvens og forventning om bibeholdelse af sejlads mønster vil have behov for analyse af de enkelte overfarters belægnings.

Et eksempel på en analyse ses i det følgende. Ruten som er genstand for analyse, er højfrekvent og derved undersøges dennes transportrate.

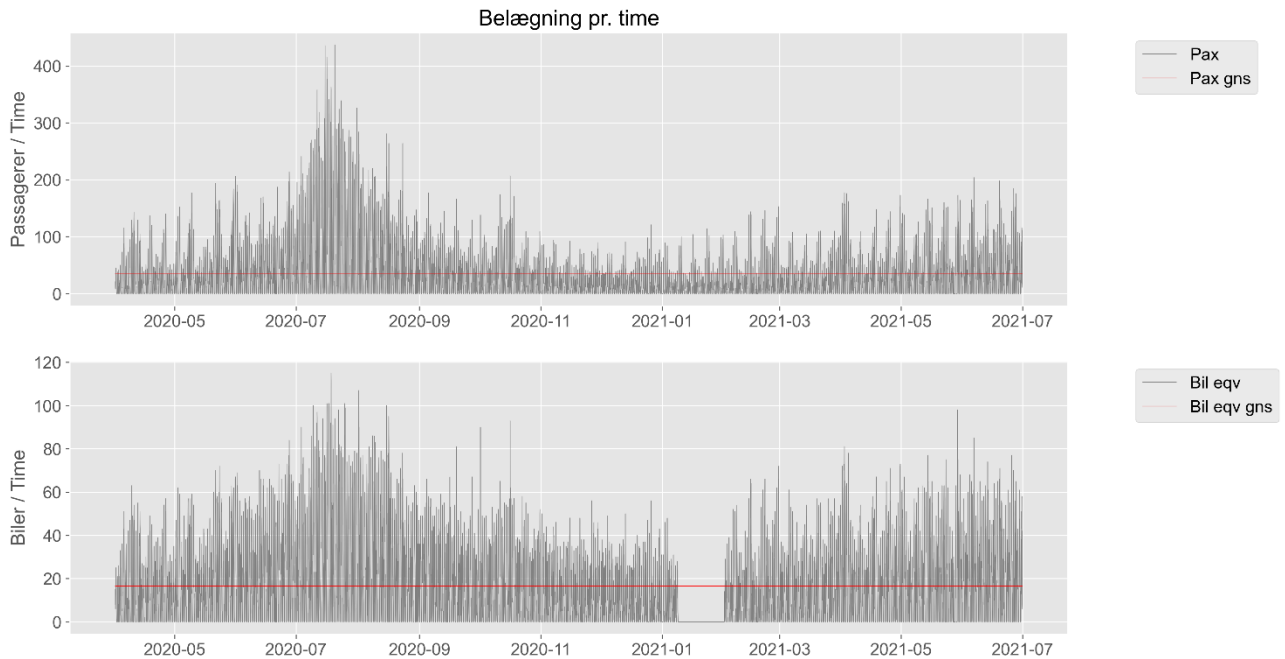
Ved modtagelse af kommunens data, struktureres denne ved hjælp af Python. Resultatet af en sådan strukturering er et rå databillede som ses af nedenstående tidsserie:



Figur 4: Eksempel - Tidsserie for overfart

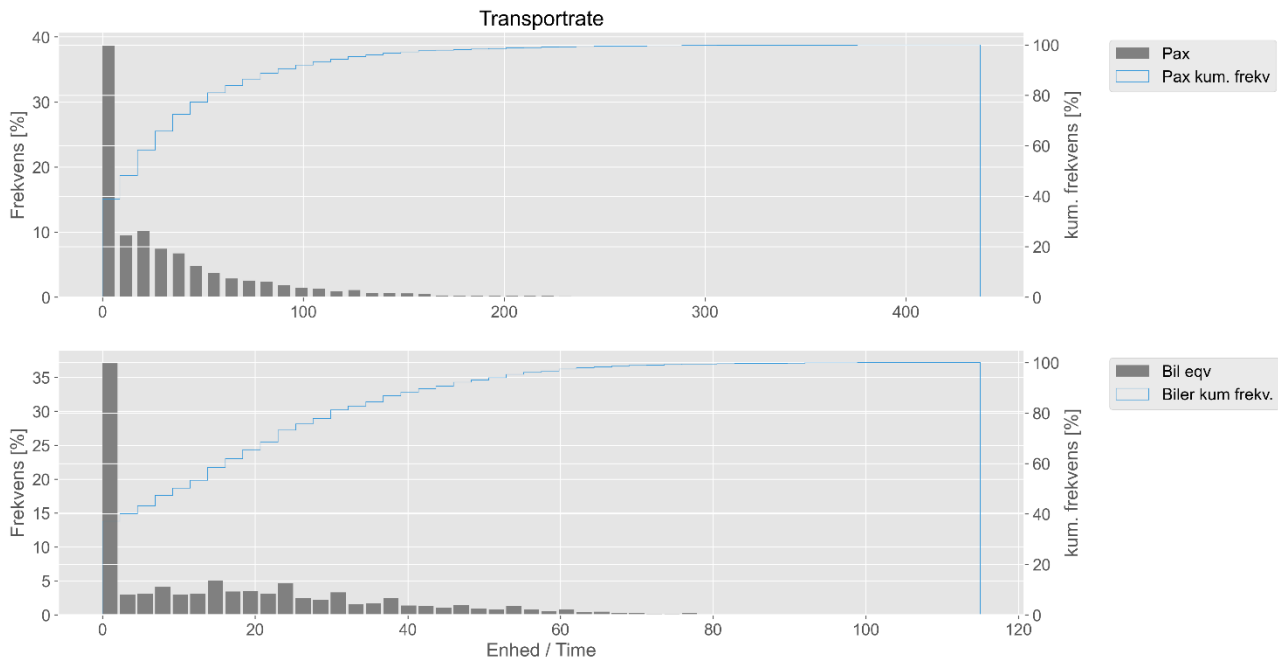
Grafen viser passager- og bilbelægning på overfartsniveau. Alle overfarer i datasættets periode er således afbildet i ovenstående. Foruden rå data, er gennemsnittet samt et 200-punkts rullende gennemsnit afbildet. Formålet med denne fremstilling er at give et overblik over de nyligt strukturerede data.

I dette tilfælde har hvert datapunkt et tidsstempel med varierende tidsdelta. For at se nærmere på rutens transportrate, re-samples disse således data viser transportraten i enheder pr. time. I nedenstående ses resultatet af dette:



Figur 5: Eksempel - Transportrate

Af grafen ovenfor ses således rutens transportrate. Heraf følger en sidste omstrukturering i et histogram hvorfra rutens transportratefordeling kan analyseres.



Fra ovenstående graf ses fordelingen af overfartens belægninger. Det er her tydeligt, at overfarten sjældent transporterer mere end 100 passagerer pr. time og ligeledes sjældent over 60 biler i timen.

3.3 Fysiske og skibstekniske parametre

Som nævnt i afsnit 3 vil færgeplatformen kunne konfigureres gennem til- og fravalg af moduler. I denne sektion præsenteres de designelementer som udgør standardiseringen af standardfærgeplatformen. Der lægges vægt på, at nedenstående skitser er eksempler med illustration til formål. Der vil således være mulighed for yderligere tilpasning medens moduler vil være genstand for yderligere optimering gennem dialog med de respektive kommuner.

3.3.1 Stabilitetskrav

Færgerne vil blive designet således, at disse lever op til gældende regler for færger i national fart jf. SOLAS, intakt såvel som læk. Endvidere lægges der, i design af skrog, vægt på minimal trim ved af og pålæsning af tunge køretøjer samt mest mulig modstandsdygtighed overfor krængning ved forskydning af laste tværskibs.

3.3.2 Opholds- og passagerfaciliteter

Færgens aptering kan modificeres gennem valg af moduler herfor. Ved design af disse moduler, er lagt vægt på nem adgang til alle opholdsområder. Det sikres, at adgang for personer med handicap eller anden form for begrænsning i bevægelsesevne, kan tilgå alle dæk på lige fod med andre passagerer. Endvidere vil det være muligt at tilvælge moduler der sikrer en privat sfære for dem, der måtte have ønske eller behov herfor.

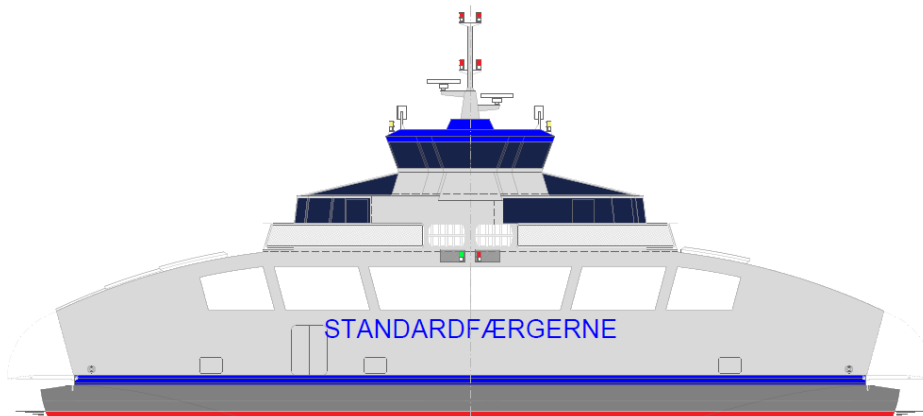
Aptering udføres i kvalitetsmaterialer med lang holdbarhed og i et design der kombinerer skandinavisk ro med funktionalitet. Størrelse og omfang skal kunne afstemmes med bl.a. rutens længde samt generelle standarder og krav fra f.eks. Søfartsstyrelsen.

3.3.3 Tonnage

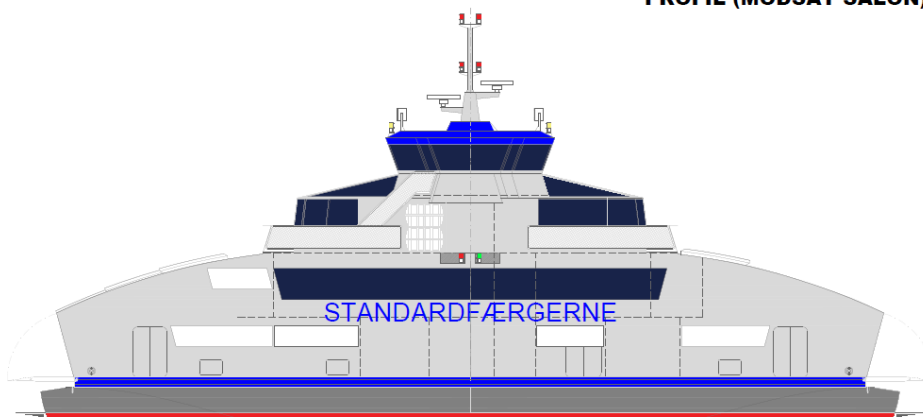
Det ønskes generelt at holde brutto tonnagen under 500 GT hvilket umiddelbart er muligt for alle de åbne versioner op til 50 m længde samt alle de lukkede versioner op til 28 m længde.

Et grænsetilfælde er størrelsen D36-10 m længde i lukket udgave, hvor standarddesignet vil ligge over de 500 GT hvilket på nogle overfarter kan være et problem. Derfor har vi udviklet en 36 m /499 GT i semilukket udgave som vist på nedenstående med åbninger til vogndækket.

Størrelsen D40-12 i lukket version, vil med omfattende indgreb og operative restriktioner kunne bringes ned på GT 499, det vil dog ikke være hensigtsmæssigt da sprøjtebeskyttelsen ikke vil være væsentligt bedre end for den tilsvarende åbne version.



PROFIL (MODSAT SALON)



PROFIL (SALON SIDE)

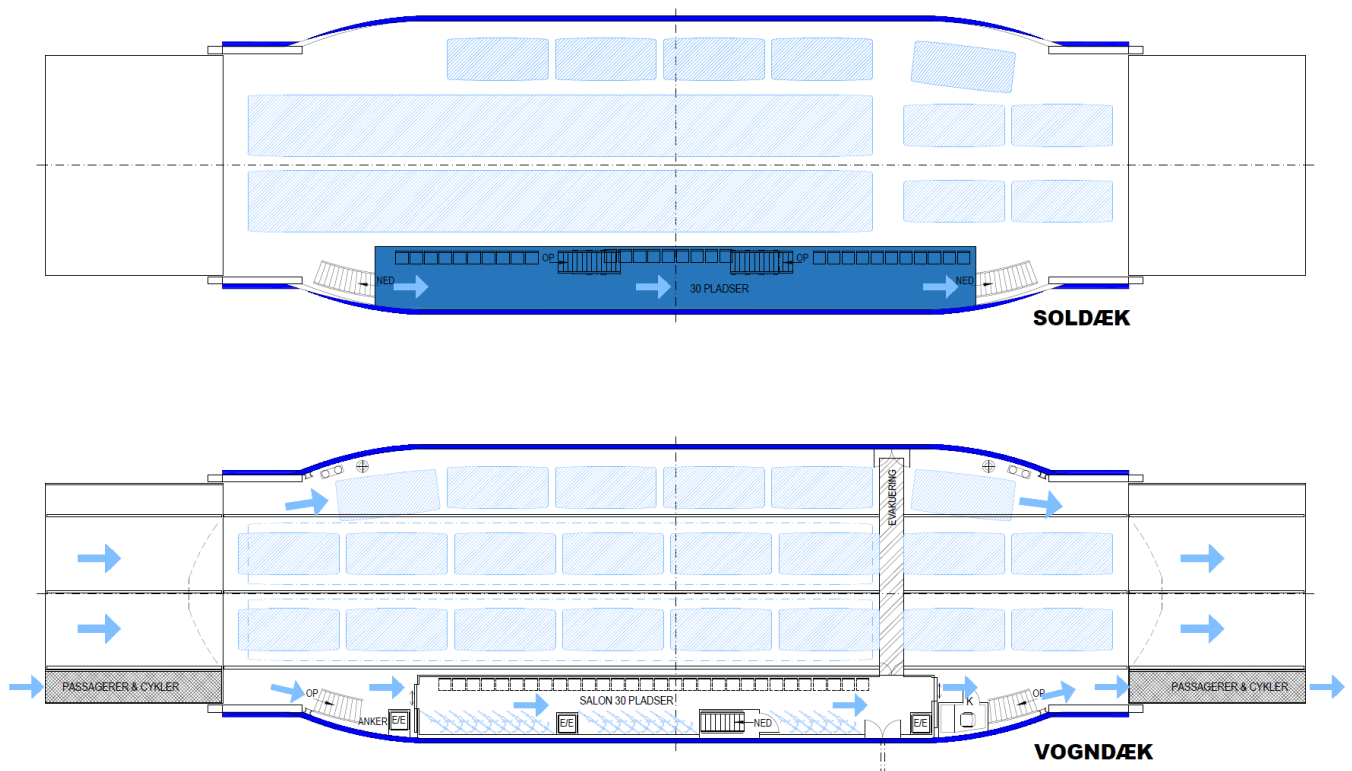
3.3.4 Dispensationer og ækvivalenser

I forbindelse med design af standardfærgekonceptet opstår en række behov for opnåelse af dispensationer og ækvivalensgodkendelser. En indikativ og tidlig liste herover er at finde i bilag B. Dispensationer og ækvivalensgodkendelser søges klarlagt i forbindelse med indkøbsfasen og udarbejdelse af bygge specifikation, og der tages forbehold for nødvendige justeringer af designet, som måtte være nødvendige baseret på endelig afklaring af dispensationer og ækvivalenter som beskrevet.

3.3.5 Passager- og bil flow

Standardfærgens design sikre effektivt og logisk flow ved på- og afstigning inklusive forløb til salon(er) og dæk for gående og cykler. Specielt på de korte ruter med høj frekvens er det vigtigt med en hurtig omladning:

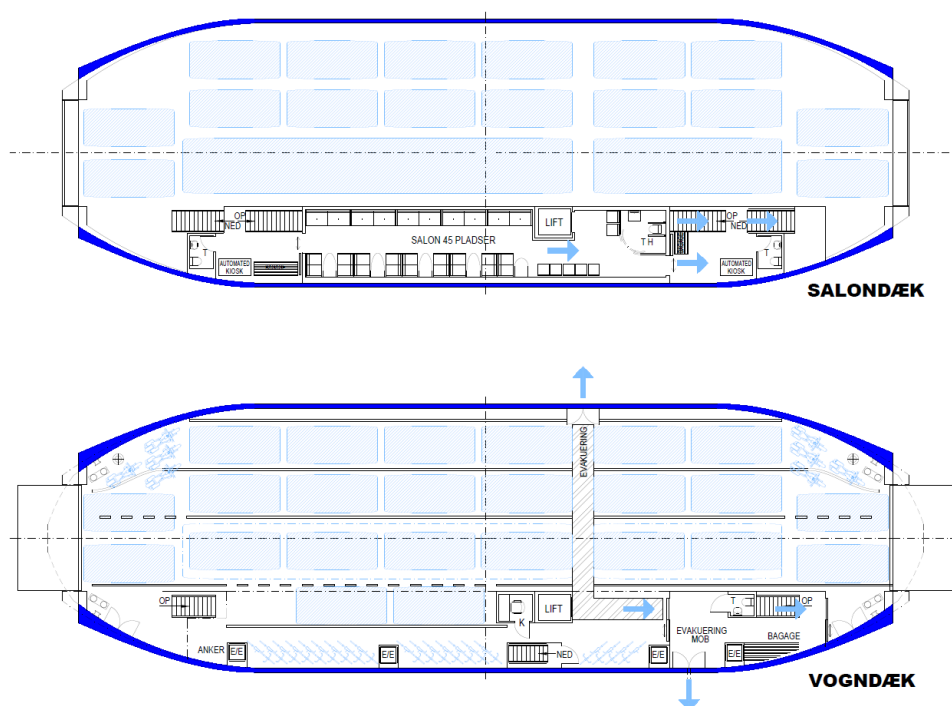
- Biler kører over rampen i flere baner samtidig
- Bilbanerne er rette over hele vogndækket
- Evt. lysregulering ved til og fraførsel
- Cykler og passagerer passere rampen samtidig med bilerne på separat bane
- Opgang og nedgang til soldæk ligger i hver sin ende
- Kun passagerer i biler har behov for at passere på tværs af vogndækket



3.3.6 Passagersikkerhed

Passagersikkerhed herunder sikker evakuering og "mand over bord" operation.

Der arbejdes med langskibs zoneinddeling mellem passager områder og vogndæk, så der kan evakueres fra salon ved brand på vogndæk og fra vogndæk ved brand i salon. Der tilstræbes således at holde passagerområder i én side på de mindre færger.



3.3.7 Bemandsingskrav

I produktkatalogets kapaciteter, er taget højde for optimering af bemandsningsantal i det omfang det er muligt på koncept stadiet. Yderligere analyser og dialog med klassen samt søfartsstyrelsen, vil være nødvendig for at fastsætte bemanning. Det antages imidlertid at bemandsningskravet som minimum er:

- 0 - 98 pax: 2 besætningsmedlemmer
- 99 – 147 pax 3 besætningsmedlemmer

Der er endvidere taget højde for krav til uddannelse af besætningen gennem størrelsen på fremdrivningssystemet. Det forventes, at de fleste færger i matricen kan drives med 1 x 750 kW (eller 2 x 750 kW hvor der ikke er forbrændingsmotorer), hvilket giver ikke giver anledning til et ekstra besætningsmedlem.

Brutto tonnagen på 500 GT markerer skillelinjen mellem kravet til henholdsvis Kystskipper og Sætteskipper

For færger op til 36m kan brutto tonnagen holdes under 500 GT. For 40-50m færgerne vil åbne versioner holdes under 500 GT medens de lukkede versioner vil overstige 500 GT.

3.3.8 Interiør og eksteriør design

De viste eksempler på interiør er alene udkast som danner grundlag for fastlæggelse af kapaciteter og de fysiske rammer. Der vil blive arbejdet mere med interiørdesignet i det videre forløb.

3.3.9 Geografiske forhold samt havneforhold

Geografiske begrænsninger er blevet behandlet ved, for hver overfart at undersøge vanddybder, lejer, kaj anlæg mv. For de overfarter, hvor lægt vand vil have en effekt på fremdrivningseffekten, vil denne blive medregnet ved dimensionering af fremdrivningsanlæg. Dette er specielt relevant ved dimensionering af batterier for en ren elektrisk færge. Som det fremgår af matricen, betragtes der for de mest potentielle ruter, 3 færgebredder på nuværende stadie. Disse bredder er valgt således mindst muligt indgreb er nødvendig på landsiden. Der vil dog være tilfælde, hvor den nødvendige kapacitet giver anledning til udvidelse af kaj anlæg.

4 Standardisering og udvikling af modulære designelementer

Færgerne kommer som før nævnt i en række størrelser baseret på samme skrogform og i versioner som dobbelt- og singleender.

Inden for disse størrelser er der en række moduler der kan til- eller fravælges, hvor nedenstående beskriver de moduler som vi, efter at have gennemgået flere af de aktuelle kommuners behov, har identificeret som aktuelle. Der vil i forbindelse med indkøbsfasen være mulighed for at indgå dialog om yderligere tilpasning og derved tilføjelse af moduler.

4.1 Brodæk - Styrehusmodul

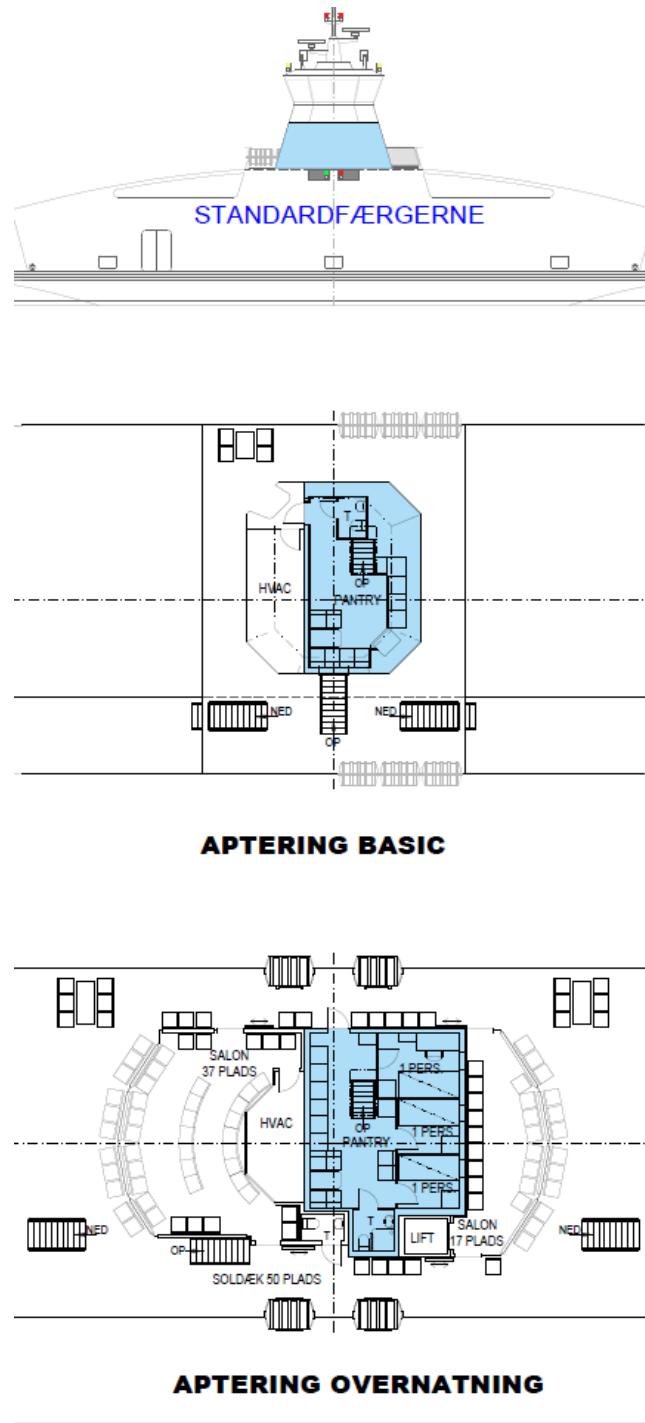
Bromodul udføres i en standardversion med centreret bro med mulighed for udvidelse med brovinger hvor anløbsforhold eller mand over bord manøvre tilsiger dette.



Figur 6: Bromoduler

4.2 Mandskabsaptering

Mandskabets opholdsrum placeres umiddelbart under styrehuset, og indeholder som standard pantry, siddepladser og toilet. Såfremt det pga. de operationelle forhold skønnes nødvendigt at mandskabet kan overnatte på færgen, kan modulet leveres med 2 eller flere køjepladser.



Figur 7: Mandskabsaptering

4.3 Panoramasalón

På samme dæk som mandskabets opholdsrum er der mulighed for at tilvælge et modul med panorama salon for og agter for styrehuset. Salonen udføres med store ruder og i kapacitet afhængig af den aktuelle standard færge version samt behovet for indendørs pladser. Salonerne kan opvarmes.

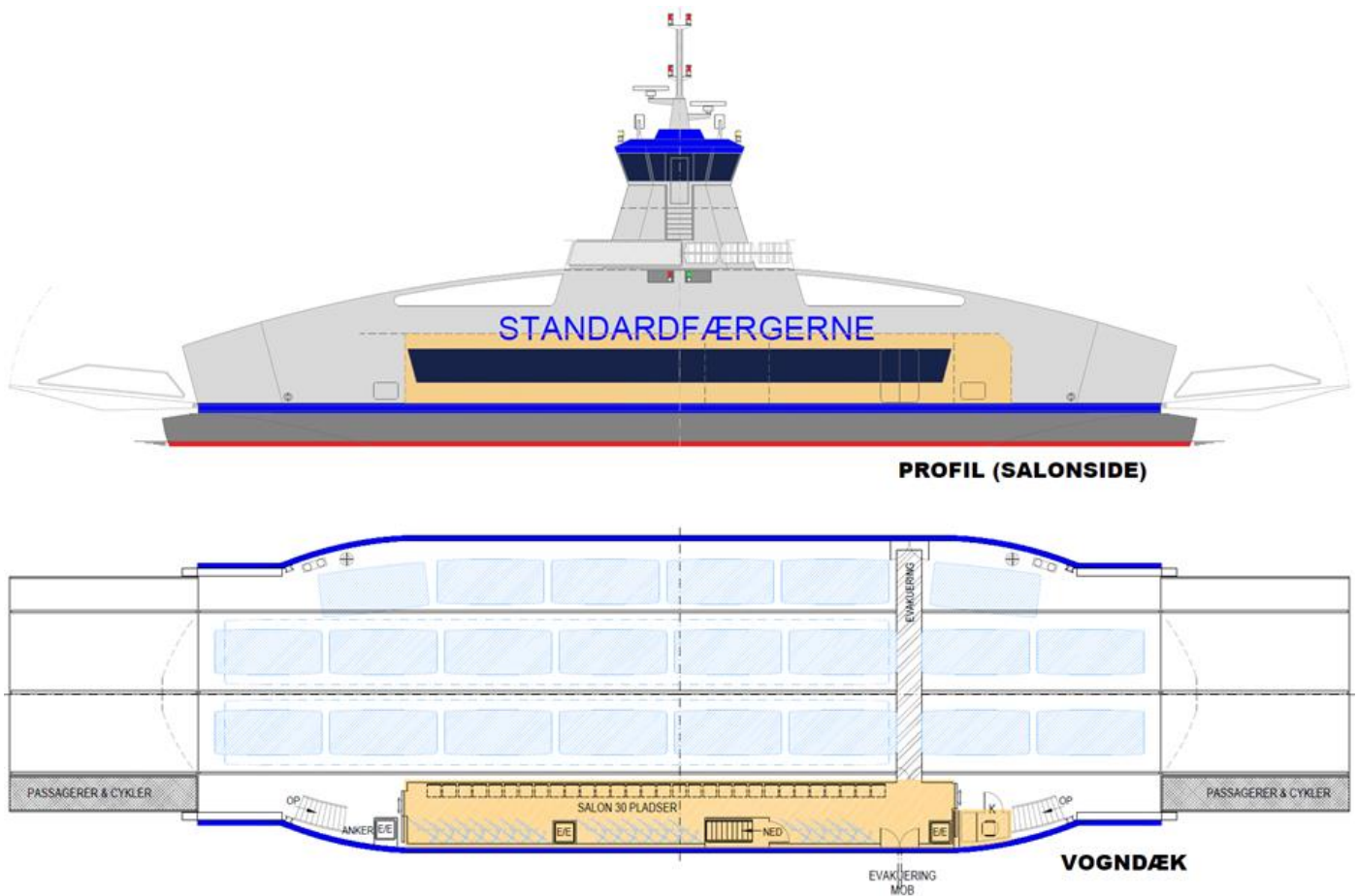


Figur 8: Panorama salon

4.4 Passagersalon på bildæk

På korte overfarter hvor et hurtigt flow af passagerer er nødvendigt og på overfarter med mange gangbesværede kan vælges et salonmodul på bildækket. Dette modul efter behov kan indrettes for gennemgående cykler.

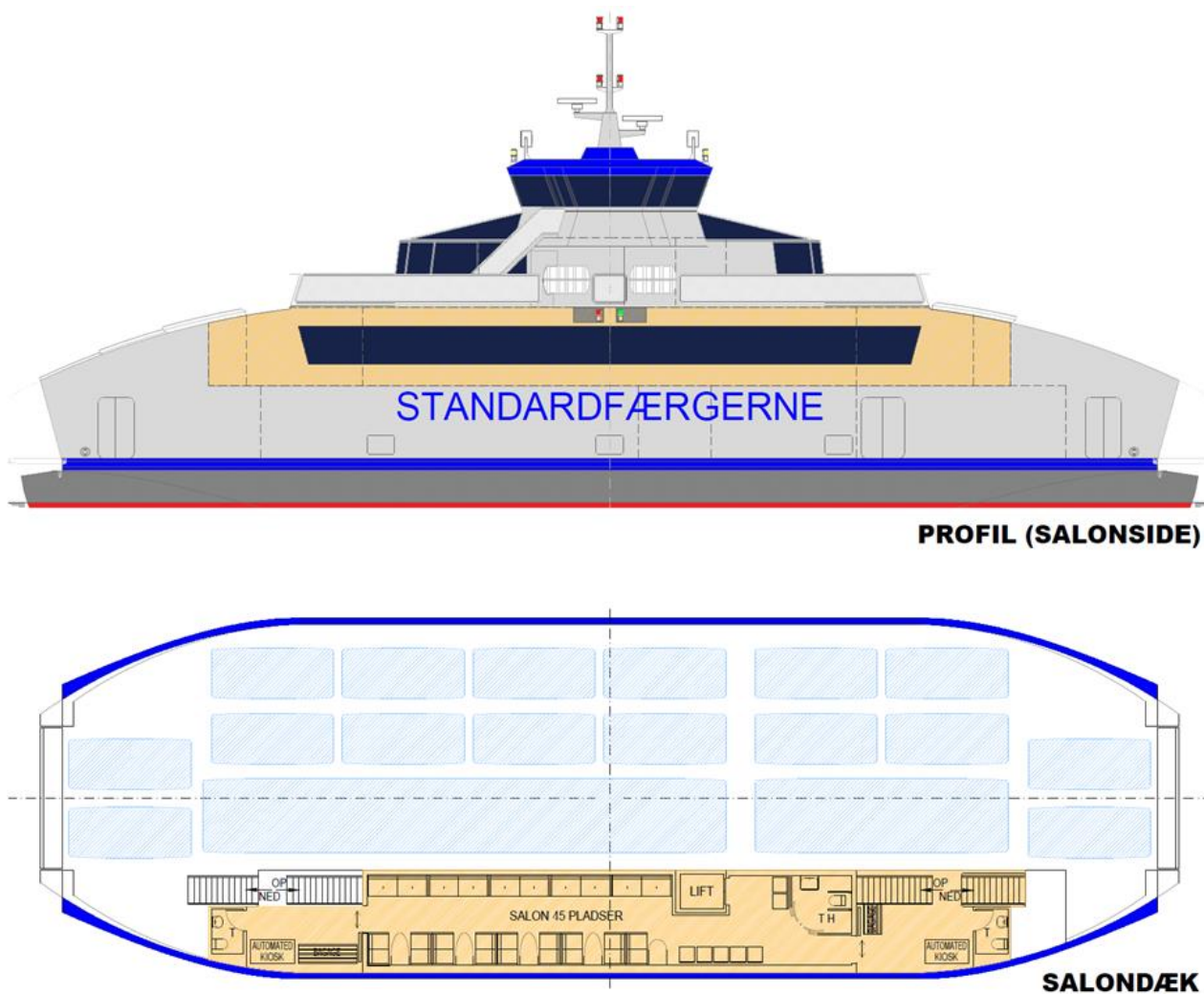
Oven på modulet er der udendørsområde med delvis læ og udsyn til siderne også over bildækket.



Figur 9: Passagersalon på bildæk

4.5 Passagersalon på mellemdæksniveau

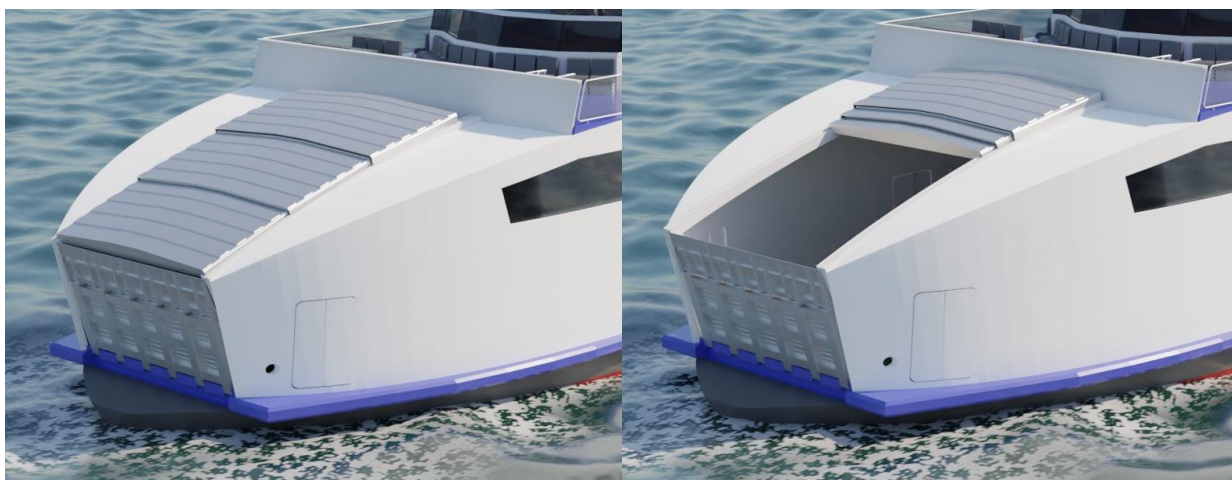
På længere overfarter hvor der er behov for større indendørsarealer kan arrangeres salon modul på mellemdæksniveau (salondæk). Niveauet kan nås med elevator.



Figur 10: Passagersalon på mellemdæksniveau

4.6 Sprøjtecover

For de ruter hvor bølgeforholdene tilsiger at der skal være beskyttelse mod saltvandssprøjt på bildækket kan der for de lukkede typer, leveres et modul som indeholder sprøjtecover som rulles ned efter behov. Sprøjtecoveret udføres i begge ender for dobbeltender fartøjer men holdes kun lukket under sejlads i "forenden", således at der kan placeres farligt gods i agter.



Figur 11: Visir

4.7 Ramper/adkomst stævnudformning

4.7.1 Færgeramperne kommer i to versioner:

Den ene baserer sig på et landanlæg med justerbare ramper således at det kun er nødvendigt med en kort klap på færgen eller slet ingen klap (kun gelænder) hvis overfarten er i beskyttet farvand.

Alternativt kan der på nogle overfarter være behov for at ramperne sidder på færgen, f.eks. hvis de færger man afløser med, allerede har dette system. Såfremt dette system benyttes, skal farvandet være beskyttet, men generelt vil vi ikke anbefale at sejle med store ramper aht. energien der bruges med den øgede vægt. En fordel er dog at ramperne kan benyttes til effektiv mand over bord operation.

4.7.2 Stævnudformningen, ramper og adkomst for "bløde" trafikanter:

Stævnudformning og rampetyper kan vælges i to udgaver:

Færgeklapper & smal stævn (lukket type):

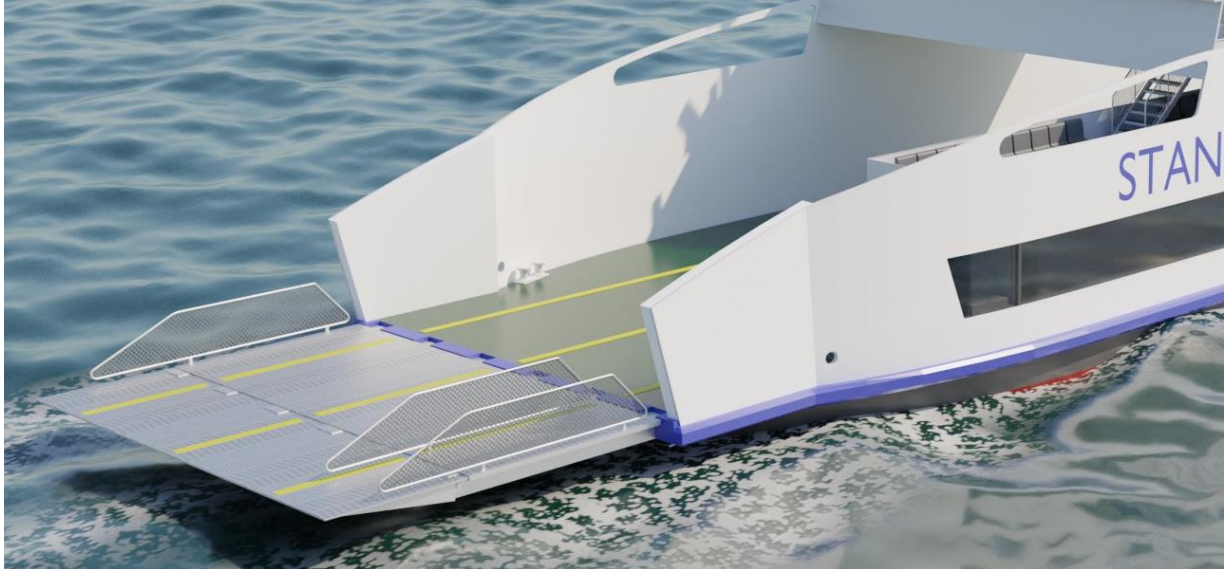
Lukket type, med indsnævring i ender for øget sødygtighed i åbent farvand, Her kan, hvis landanlæg tilpasses, yderligere tilvælges sidedøre i passager siden for sikker adkomst



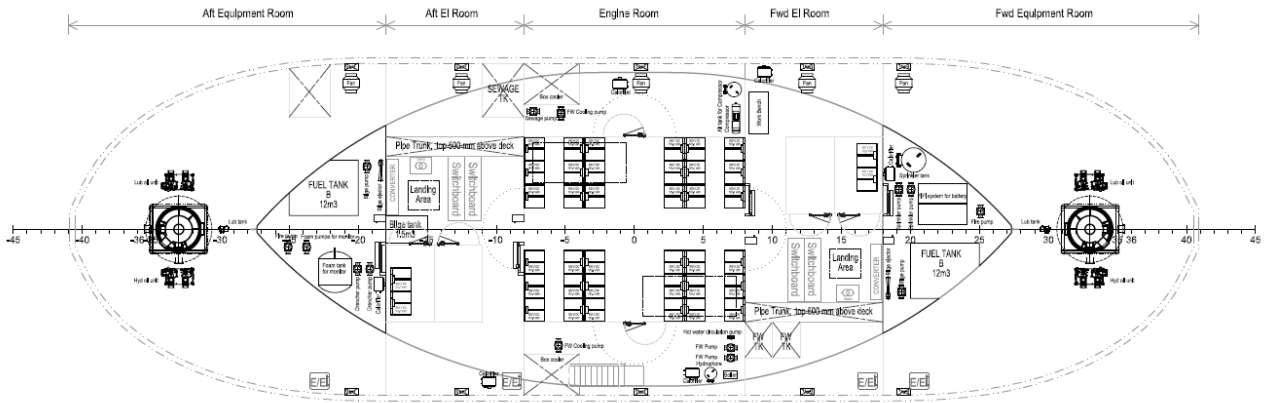
Figur 12: Færgeklapper & smal stævn

Færgeramper & bred stævn (åben type):

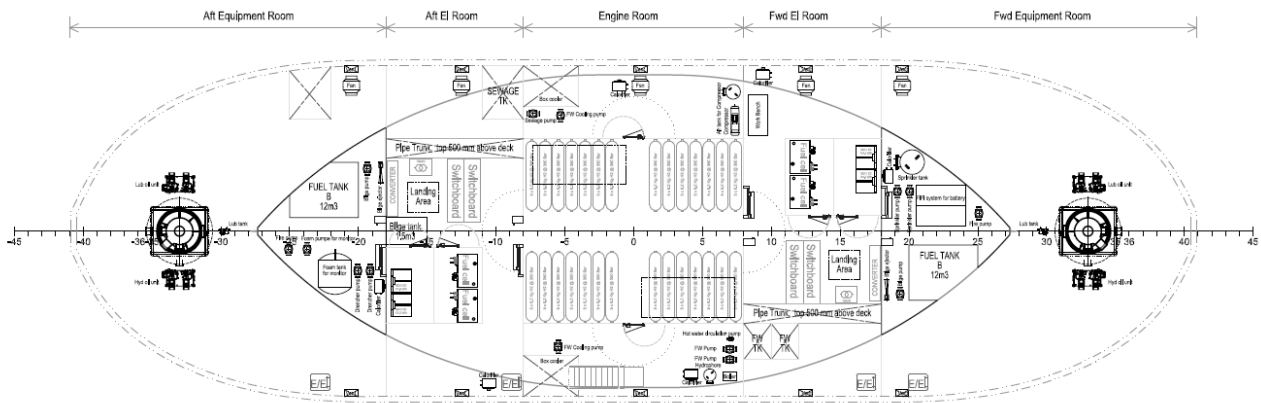
For mere beskyttet farvand en åben type med udbygning over vandlinjen så der kan arrangeres brede ramper. Dette giver et direkte flow af biler gennem færgen samtidig med at der er plads til beskyttet bane for cykler og gående.



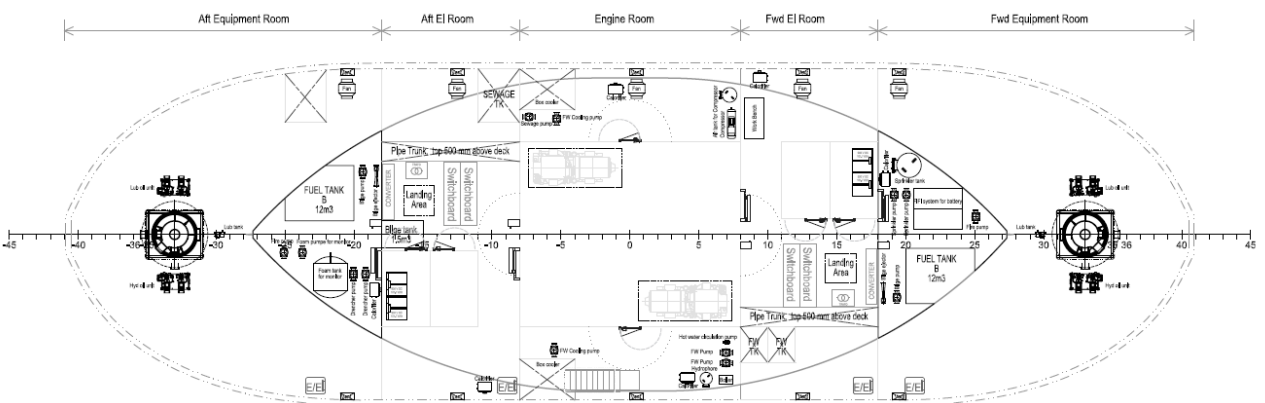
Figur 13: Færgeramper og bred stævn



Figur 15: Standardfærge med batteridrift



Figur 16: Standardfærge med binnedrift



Figur 17: Standardfærge med metanoldrift

Max kapaciteterne på ovenstående koncepter er som følger:

Tabel 2: Maximale energi kapaciteter

| Koncept | Batterier | Brint | Metanol |
|-----------------|------------------------|--------|----------------------|
| Batteri koncept | 3600 kWh + 2 x 200 kWh | N/A | N/A |
| Brint koncept | 2 x 200 kWh | 868 Kg | N/A |
| Metanol koncept | 2 x 200 kWh | N/A | 2 x 12m ³ |

4.9 Udstyrspakker

For at sikre de rigtige priser samt ensartethed i færgerne på tværs af kommunerne, vil der i projektet blive defineret en række udstyrspakker.

Formålet med "ensartetheden" er at de enkelte overfarter/kommuner kan drage nytte af hinandens erfaringer, låne udstyr af hinanden, samt dele reservedele til kritiske hovedkomponenter med lang leveringstid og komponenter der er kritiske for driften af færgerne.

Nedenstående liste over udvalgte kritiske komponenter er dynamisk og vil således være genstand for ændringer i takt med at der bliver taget kontakt til de enkelte leverandører, samt at projektet detaljeres.

Standardiseringskritiske komponenter

- Batterier
- Power Management System
- Fremdrivning (drev)
- Brint tanke
- Fuel Cell
- Metanol motorer
- Ladeanlæg
- NAV/COM
- Bro

Fremdriver

Færgerne er opbygget således, at flere typer af fremdrivningssystemer kan indbygges, herunder azimuth thruster og cyclorotor propeller. Dog vil det være et krav i forbindelse med standardiseringen, som nævnt ovenfor, at kun én vælges. Dette vil bidrage til højere forsyningssikkerhed, idet reservedele kan lagerføres og sources konsolideret på tværs af kommuner. Valg af ensrettet fremdriver udføres i indkøbsfasen pba. økonomiske, tekniske samt kvalitative analyser. Nedenfor præsenteres mulige systemer til fremdrivning.

Cyclorotor propelleren virker i sin enkelthed ved rotation af vertikale blade. Bladenes pitch og omdrejningshastighed, som kan justeres fra broen, afgør retningen på den thrust som benyttes til fremdrivning af færgen .

Azimuth thrusteren fungerer ved rotation af en konventionel propeller, som er monteret på et roterende vertikalt aggregat. Hele aggregatet roterer og afgør retningen på den ønskede thrust.

Azimuth thrusteren tilføjer mekanisk kompleksitet ved at have flere bevægelige dele, gear etc. Som resultat heraf sænkes den mekaniske virkningsgrad relativt til en konventionel løsning med fast akse eller en cyclorotor.

Mhp. at understøtte valg af de to løsninger, er opstillet følgende scoringsmatrice, hvori scoringen 1-5 gives for hvert kriterie. 5 er bedst medens 1 er værst. Hvert kriterie vægtes til akkumuleret 100%

| | | Vægtning | Alternativer | |
|-----------|-------------------|----------|--------------|---------|
| | | | Cyclorotor | Azimuth |
| Kriterier | CAPEX | 20% | 2 | 5 |
| | OPEX | 20% | 5 | 4 |
| | Driftssikkerhed | 30% | 5 | 4 |
| | Manøvreegenskaber | 20% | 5 | 4 |
| | Kompabilitet | 10% | 5 | 3 |
| | Total | 100% | 4.4 | 4.1 |

CAPEX Initial omkostninger

OPEX Driftsomkostninger

Driftssikkerhed I hvor grad forventes der driftssikkerhed ved valg af løsning?

Manøvreegenskaber Hvordan estimeres manøvreegenskaberne?

Kompabilitet I hvor grad kan løsningen integreres i andre systemer? (Autonomi, bro-løsning, etc.)

4.10 Landbaseret el-Infrastruktur

El-infrastrukturen på land er ikke en del af færgesekretariatets innovationsudbud og udgør dermed ikke en del af standardfærgekonceptet. Med det formål at skabe et billede af, hvorledes en sådan arkitektur kunne se ud, beskrives det konceptuelt i det følgende:

El-løsning

På land etableres der:

- Forsyning fra det offentlige el-net der tilsluttes i transformerstation tæt ved færgeløjet.
- Batteri-lader på land med forbindelse til transformerstation, og med automatisk tilkobling til færgen.

El-forsyning fra det offentlige

El-forsyningsselskaberne etablerer den ønskede kapacitet på aftalt sted ved færgeløjet, det vil typisk være på 10kV niveau, hvor spændingen transformeres til et niveau egnet til lade-systemet.

Der skal laves aftaler med el-selskaberne om tilslutningen til det offentlige el-net samt etablering af transformerstation. Alternativt kan der, hvis der i forvejen er etableret 10kV transformerstation med ekstra kapacitet i nærheden af færgelejet, enten udvide denne eller, hvis ønsket kapacitet er tilstede, udtage "spare" afgangsfelt direkte i transformerstationen til lade-systemet.

Tilslutningsbidraget udgør etablering af ønsket kapacitet på ønsket placering. I load profilen og i el-balancen er den ønskede kapacitet beregnet samt det er indikeret, på hvilke tidspunkter lade-forbruget vil ligge

Tilslutningsbidraget er udregnet som kapaciteten i ampere på 400V niveau, hvor tilslutningsbidraget udgør DKK 1.110,- pr. A. Load balancen indikerer både strømforbruget på 400V niveau samt tilslutningsbidragets størrelse, ud fra de generelle tariffer opgivet af Dansk Energi. Specifikke priser kan yderligere aftales med el-forsyningselskaberne. Det vil typisk være, hvis der er synergi mellem andre forbrugere på allerede etableret transformerstation, hvor el-forsyningselskabet ikke skal etablere ny transformerstation, hvilket vil resultere i lavere tilslutningsbidrag.

Transformerstation med lader

Transformerstationen omsætter spændingen fra det offentlige (10kV AC) til en ladespænding for batteriladeren (typisk ca. 780V DC). Transformerstationen indeholder transformere, konvertere, og spændingsregulering, der passer med ladespændingen og ladestrømmen til færgen.

Transformerstationen placeres i en bygning tæt ved færgelejet.

I load balancen er pris på transformerstation samt lader beregnet, dog skal denne pris opdateres løbende, da disse priser ændrer sig relativt hurtigt..

Robotiseret tilkobling

Der findes flere løsninger for tilkobling, men fælles for dem er den primære funktion at forbinde lade-strømmen fra land til færgen.

Den elfærgen "Ellen" bruger en robot-arm der hydraulisk og automatisk forbinder færgen til lader-systemet, Havnebusserne i København sejler ind i stikket, og Fanø-færgen tilslutter ladekabler fra en stander.

Alt efter valgt løsning af robotiseret tilkobling, vil prisen for denne variere. OMT har priser fra flere leverandører, og en prisindikation vil blive givet i load balancen ved valg af løsning.

4.11 Generator i container

På flere overfarter ses det som en nødvendighed at have muligheden for at implementerer et nødgenerator setup i forbindelse med den fuldt el-drevne version af standardfærgen. For at undgå fordyrende og robusthedsnedsættende elementer i maskinrum vil der i designet være indtænkt mulighed for at tilkoble en ekstern generator som enten løftes eller køres ombord. Denne generator vil være på container format og i stand til at løfte behovet for en nødsejlplan.

Behovet for generatoren er som udgangspunkt med basis i nødsituationer, hvor enten ladeanlæg eller forsyningen i land fejler.

Generatoren tænkes etableret i en 20 fods container, som indeholder alt nødvendigt udstyr for at fungere som uafhængig nødforsyning til færgen. Ud over selve generatoren vil containeren indeholde bl.a. brændstoftank, startbatterier, AC/DC-converter og eltavle, så den kan fungere uden eksterne tilslutninger.

Generatoren vil kunne levere 500 kW i 1000 V_{DC} til færgens forsyningstavle via et egnet, standardiseret stik. Samme stik benyttes ved tilslutning til landanlæggets ladestander/forsyningstavle hvis containeren benyttes til nødforsyning for landanlægget.

Generatoren startes elektrisk vha. 2 startmotorer som forsynes fra 2 redundante startbatterier. For at sikre at generatoren til enhver tid er fuldt funktionsdygtig og at startbatterierne er opladt, skal generatoren startes op og køre testkørsel 2 timer hvert halve år.

Containeren udstyres med intern overvågning af diverse vitale parametre for generator, batterier m.m. og leverer en common-alarm til færgens kontrolsystem. Grænsefladen etableres som en potentialefri relækontakt og tilsluttes færgen gennem et egnet, standardiseret stik.

5 Byggeomkostninger

Den endelige byggeomkostning for færgerne vil blive bestemt i Indkøbsfasen i forbindelse med konkurrenceudsættelse af værftskontrakten samt forhandling med leverandører af A-komponenter. Prisen for de individuelle færger vil blandt andet afhænge af størrelsen og valg af fremdrivningssystemer samt udstyrspakker.

Af hensyn til projektbudgettering og evaluering af et eventuelt projekt er basisprisen for færgemodellerne estimeret baseret på et tilbud på en lignende færge modtaget i 2018.

De estimerede basispriser inkluderer konstruktion og levering af basis double-ender færge i nævnte størrelse, eksklusive basic design pakke, fremdrivningsenheder, el-motorer, batterier, gensets og eventuelt ladesystem.

Ved estimering af priser for konkrete færger anvendes basispriser for platformene som angivet ovenfor. Disse korrigeres som resultat af konfiguration og udstyrsniveau og vil løbende blive justeret for inflation samt evt. ændringer i markedet. For denne korrektion anvendes følgende generelle nøgletal:

- | | |
|-----------------------|---|
| - Produktion af stål: | Ca. 6.5 EUR/ kg (baseret på produktion i Polen) |
| - Aptering: | 20,000 kr /m ² |
| - Batterier: | 500 EUR/kWh |

Basispriser for de enkelte færger vil blive opdateret løbende i takt med at produktmatricen udvikles og i forbindelse med konkurrenceudsættelse af værftskontrakt og udstyrspakker.

6 Energiløsning

En stor del af standardfærgeprojektet vedrører nedsættelse af miljøpåvirkende emissioner fra fremdrivning og hotel last. Flere teknologier er undersøgt med respekt til deres miljøpåvirkende effekt. Det antages at færgen som system ikke bidrager til øget energiefterspørgsel i en sådan grad at denne har effekt på udbuddet heraf. Som resultat af dette antages det, at miljøpåvirkningerne forbundet med nedenstående antagende udledninger afgrænses til omsætning af det energilager der anvendes ved de respektive energiløsninger. Dvs. at udledninger forbundet med produktion og transport ikke inkluderes i vurderingen med undtagelse af disse for fuld elektrisk drift. Her inkluderes den forurenende delmængde for det danske energimix som oplyst i Energinet Danmarks miljødeklaration. For yderligere detaljer herom henvises til appendix A.

Ved udvikling af standardfærgekonceptet, er opstillet følgende antagelse om reducere af emissioner, relativt til drift af en ny konventionel diesel færge. Det bemærkes, at det alene er færgens emissioner set i relation til omsætning af energi ombord, der betragtes i nedenstående antagelse. Der indgår således i nedenstående antagelse ikke det CO₂-equivalente klimaaftryk fra byggeri, vedligehold, transport af brændsel etc.

Altså forventes den/de valgte energiløsninger at leve op til følgende antagelse:

- CO₂-eq udledninger reduceres med minimum 70%
- NO_x udledninger reduceres med minimum 85%
- SO_x udledninger reduceres med minimum 90%
- Partikeludledninger reduceres med minimum 90%

Fastsættelse af emissions reduktioner er ikke en triviel proces. Ofte er resultatet sensitivt til de antagelser der gøres i processen. Mhp. at reducere risikoen for interesse aktiveret bias i en sådan analyse, tilbydes kommunerne, parallelt med innovationsfasen, at bestille energiberegninger specifikt for hver enkelt overfart gennem 3. Part: COWI. Her vil overfartens historiske brændstofforbrug indgå medens flere teknologier behandles relativt til overfartens nuværende emissionsprofil samt den for en ny diesel-baseret løsning.

Økonomisk betragtning

Formålet med overgangen fra fossile brændsler til grønnere alternativer er primært at reducere ovenfor nævnte emissioner. I flere tilfælde, herunder specielt for batterier, vil implementering heraf resultere i en højere initial investering sammenlignet med den for en ny tilsvarende dieselfærge medens omkostningen pr. omsat energienhed vil reduceres.

Opstilling af sammenhængen mellem dels pris pr. omsat energienhed samt dels effekten af implementering på færgernes initial investering, udgør analysen der i innovationsfasen skal kortlægge løsningsrummet og senere det beslutningsgrundlag der skal foreligge eventuelle aftagere af en standardfærge.

I rationale antages en basispris for skibet eksklusiv meromkostninger forbundet med indkøb og installation af den pågældende energiløsning.

Basisprisen anvendt i følgende analyse stammer fra estimatet præsenteret i afsnit 4.11.

Energiløsningerne sammenlignes på dette grundlag samt med inklusion af OPEX og FUELEX over 30 år.

Basisfærge

Initialinvesteringsomkostningen for de respektive energiløsninger er estimeret som vist i eksemplet nedenfor. Her akkumuleres omkostninger til basissibet som specificeret i afsnit 5.

Teknologispecifik omkostning forbundet med valg af energiløsning. Dette kan eksempelvis dække over risikoanalyser for brint, ekstra hensyntagen til brandfare etc. herudover ekstra hardware såsom batterier, særlige tanke eller Brændselsceller for hydrogenløsningen.

Kommunale tilvalg dækker over meromkostninger forbundet med at møde kommunernes individuelle konfigurering. Dette kan dække over udvidet passager kapacitet gennem tilvalg af panorama salon. Udvidet manøvreevne gennem tilvalg af cyclorotor frem for azimuth thrustere etc.

Standardlader dækker over de omkostninger der er forbundet med indkøb af komponenter til den andel af det samlede ladesystem, som hører ind under standardfærge. For standardfærge udgør dette:

- Ladeaggregat inkl. hunstik på færge
- Ladestation

Elnet vedrører yderligere omkostninger til etablering af lade infrastruktur som ikke vil være en del af leverancen under totalleverandørmodellen for standardfærgekonceptet. Denne omkostning er alene med som serviceoplysning og for skabe et billede af den samlede omkostning for anskaffelse af en standardfærge.

I eksemplet er benyttet en F40-12 med 2 cyclorotor propeller.

For batteriløsningen er benyttet 2800 kWh til en estimeret pris på 3353 DKK/kWh.

Det bemærkes, at nedenstående index **ikke** repræsenterer forventede besparelser ifm. standardisering herunder rammeaftaler med leverandører, pooling af projektomkostninger og værftskontrakt.

Der lægges i øvrigt vægt på at alle index er indikative og dermed genstand for opdatering ifm. konkurrenceudsættelsen under indkøbsaftalen.

| Energiteknolog | Batterier | Metanol | Brint | HVO | Diesel |
|----------------|-----------|---------|-------|-----|--------|
| Index | 149 | 113 | 190 | 100 | 100 |

Ovenstående index vil være genstand for variation som resultat af konfiguration, herunder specielt afhængigt af den nødvendige batterikapacitet.

Total Cost of Ownership (TCO)

Som det ses af CAPEX beregningen varierer prisen som funktion af færgets størrelse samt valg af energiløsning. Specielt valget af energiløsning har høj indflydelse på den efterfølgende drift af færgen. Prisen på el, hydrogen og metanol vil givet variere over den kommende årrække men i hvilket omfang og retning er uvist. Ligeledes har prisen på batterier set et markant fald over de seneste 10 år.

I den følgende TCO betragtning, er gjort en række antagelser for prisudviklingen af de respektive brændsler. For batterier antages det, med basis i estimater fra "Ellen - Final validation and evaluation report", at batterier falder med 50% over de næste 15 år. Netop efter 15 år forventes det, at batteripakken på en el-færge skal udskiftes. For metanol, antages konstant pris over de næste 30 år medens det for hydrogen antages at denne vil falde gradvist. Følgende tabel opsummerer de antagelser der gjort mht. til prisudvikling for brændsler over de næste 30 år. Disse danner grundlag for den senere præsenterede TCO

| År Fuel | Pris/Enhed [DKK] | | | | | | Enhed |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | |
| Batterier | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | kWh |
| Methanol | 3.78 | 3.78 | 3.78 | 3.78 | 3.78 | 3.78 | l |
| Diesel | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | l |
| HVO | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | l |
| Brint | 29.00 | 20.00 | 15.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | Kg |

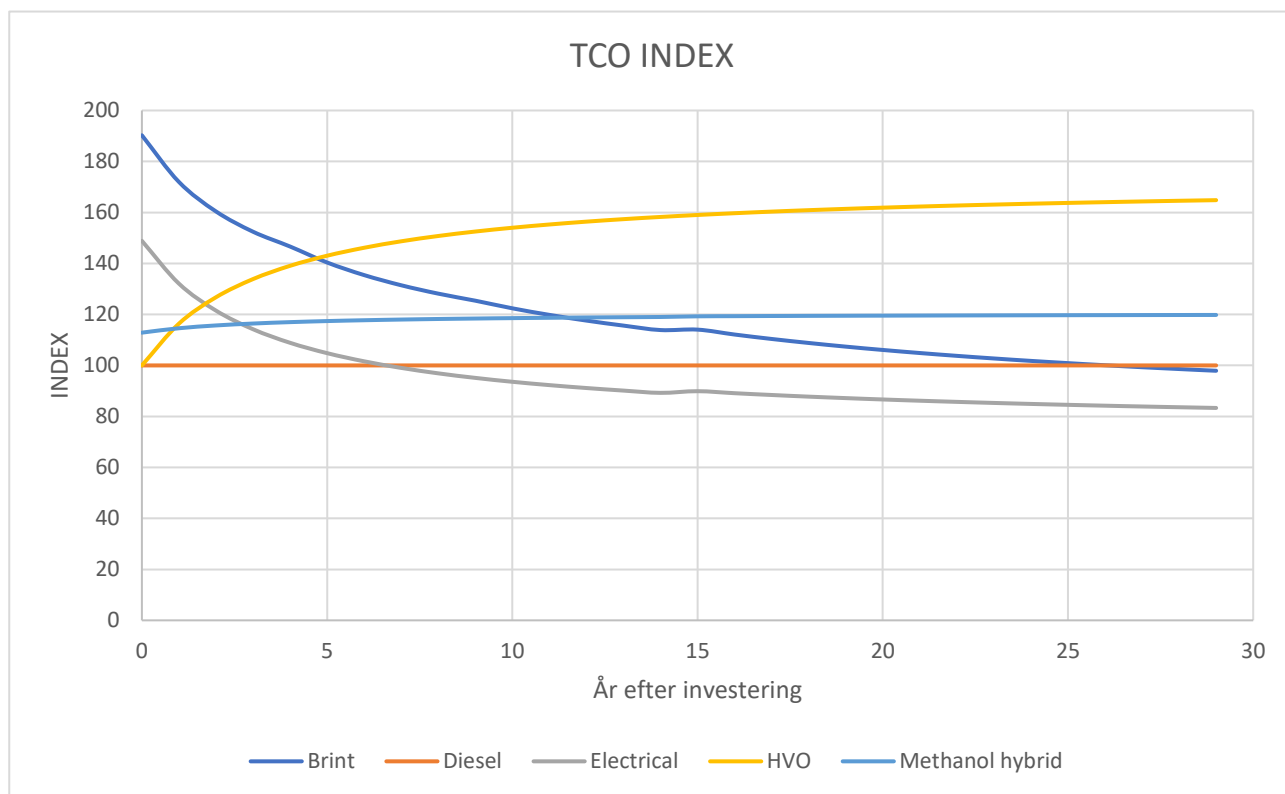
Indlægges de forventede nominelle forbrug som vist i tabellen nedenfor:

| | g/kWh | l/kWh | kWh/kWh |
|------------------|--------|-------|---------|
| Batterier | | | 1.17 |
| Methanol | 449.40 | 0.57 | |
| Diesel | 215.25 | 0.26 | |
| HVO | 215.25 | 0.26 | |
| Brint | 66.15 | | |

Opnås følgende nominelle effekt på FUELEX:

| År Fuel | Pris/energienhed [DKK/kWh] | | | | | | Enhed |
|------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|----------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | |
| Batterier | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | DKK/kWh |
| Methanol | 2,15 | 2,15 | 2,15 | 2,15 | 2,15 | 2,15 | DKK/kWh |
| Diesel | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | DKK/kWh |
| HVO | 4,15 | 4,15 | 4,15 | 4,15 | 4,15 | 4,15 | DKK/kWh |
| Brint | 1,92 | 1,32 | 0,99 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | DKK/kWh |

Det ses altså tydeligt, at den lave elpris giver en lav nominal omkostning sammenlignet med metanol og brint. Som eksempel ses grafen nedenfor total Cost of ownership over 30 år med inklusion af ovenstående FUELEX samt OPEX.



Figur 18: Eksempel - Total Cost of Ownership

Ovenstående graf er en fremskrivning af nedenstående udtryk

$$TCO(x) = CAPEX + (OPEX + FUELEX)x$$

Hvor x er antallet af år fra initial investeringen (CAPEX), OPEX – de årlige udgifter forbundet med færgens operation samt FUELEX – årlige omkostninger til brændstof.

Det akkumulerede TCO forløb med inklusion af færgens CAPEX viser tydeligt, at den nominelle brændstofpris har stor betydning for færgens totalomkostning over tid. Det ses, at den fuldt elektriske færge har den højeste initialomkostning, medens diesel og metanol færgen har den laveste. Efter ca. 6 år krydser grafen for el-færgen den for metanol og efter ca. 12 år, den for diesel. Ovenstående er som nævnt, et eksempel hvori specifikke overfartsdata herunder forbrug og effektbehov er inkluderet. Overfartens beskaffenhed vil til enhver tid have stor indflydelse på ovenstående billede, hvorfor dette skal forstås som et eksempel med henblik på dokumentation af tilgangen til udarbejdelse af det økonomiske beslutningsgrundlag. Der vil, for hver kommune der ønsker det, blive udarbejdet en tilsvarende analyse, der inkluderer netop dennes overfartsspecifikke parametre.

A. Miljødeklaration

ENERGINET

Energinet
 Tonne Kjærsvej 65
 DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
 info@energinet.dk
 CVR-nr. 28 98 06 71

Dato:
 1. juni 2021

Forfatter:
 NEH/NEH

Miljødeklarering af 1 kWh el, 2020

BEMÆRK: Til grønne regnskaber anbefales timedeklarationen.

Emissionerne af CO₂ varierer over tid fra næsten 0 g/kWh til op omkring 500 g/kWh i 2020, og tidspunktet for forbrug har således stor betydning for deklARATIONEN af leveret el. Derfor har Energinet udgivet en ny timedeklaration, der kombineret med målerdata giver mulighed for at beregne en retvisende deklARATION. Samtidig stiller Energinet en applikation til rådighed, hvor den enkelte kunde kan få beregnet sin egen deklARATION af leveret el. Du kan læse mere her <https://energinet.dk/El/Gron-el/Deklarationer>, hvor der også er et link til den nye beregner.

MiljødeklARATIONEN fortsætter som hidtil ud fra samme beregningsmetode (se evt [Regnskabspraksis for miljø- og eldeklARATION](#)) idet den er en indikator for balancen imellem dansk elproduktion og forbrug, og i hvilken grad Danmark teoretisk har været selvforsynende i løbet af året. MiljødeklARATIONEN er en målestok for hvor langt Danmark er i forhold til den grønne omstilling af el, og integration af VE.

| MiljødeklARATION for 2020 | 125 % metode ¹⁾ | 200 % metode ¹⁾ |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Emissioner til luft | g/kWh | |
| CO ₂ , g/kWh | 122 | 140 |
| CH ₄ Metan | 0,09 | 0,11 |
| NO ₂ Løstgas | 0,002 | 0,003 |
| CO ₂ -ækvivalenter i alt | 125 | 143 |
| SO ₂ Svovldioxid | 0,04 | 0,04 |
| NO _x (kvælstofilter) | 0,16 | 0,21 |
| CO (kullite) | 0,13 | 0,18 |
| NM ₅ OC (uforbrændte kulbrinter) | 0,02 | 0,02 |
| Partikler | 0,01 | 0,02 |
| Restprodukter | g/kWh | |
| Kulfløveaske | 3,4 | 3,7 |
| Kulslæge | 0,6 | 0,6 |
| Aftsvovlingsprodukter | 1,2 | 1,3 |
| Slæge Aftølsforbrænding | 6,5 | 9,9 |
| RGA (rjggasøftøld) | 1,0 | 1,5 |
| Bioaske | 1,1 | 1,6 |
| Radioøktivt øftøld (mg/kWh) | 0,06 | 0,06 |

1) 125 % metode og 200 % angiver øffektiviteten af varmeøproduktionen ved samproduktion. Jo høgere ørocentøatsø, jo øtørre del af brøndøelsforbrøget ølløkeres ølproduktionen

NB! Tøtølene ør uden tøb i øistributøionsnøttet.

Dok 19-07249-3 -Offentlig/Public

B. Liste over nødvendige dispensationer og ækvivalenser

Vigtige at afklare

- Langskibshovedzoneinddeling/brandbeskyttet udslibning i kun den ene side mod 100% dækning i begge side.
- Kejsløsning til MOB.
- Handicapforhold: elevatorer, adkomst til alle afsnit (alle forhold bør gennemgås med HC-organisation)
- Fritagelser for dele af MLC:
 - Soverum
 - Dørkareal i soverum
 - Køjer
 - Adskilt spiserumsfaciliteter
 - Kabys- og proviantrum
 - Fritidsrum
 - Separate og antal sanitære faciliteter for mænd/kvinder
 - Vaskerifaciliteter
 - Dagslys

Udrustningsmæssige afklaringer

- Fritagelse for brandmandsudrustninger
- Reduktion af antal flugtapparater.
- Reduktion af antal kemikaliedragter til 1 stk.
- Fritagelse for reserveildslukkere.
- Fritagelse for reservekompas.
- Fritagelse for Aldis-lampe.
- Fritagelse for lydmodtagelsessystem
- Brug af hængslede døre til sekundære vandtætte afsnit
- Fritagelse for surringsbeslag
- Fritagelse for brandmandsudrustninger
- Fritagelse for karmhøjder i luge i vogndæk

Øvrige afklaringer

- Fritagelse for evakueringsanalyse.
- Fritagelse for støjberegning.