

ZeFF

ZEFF 200-EL

INFORMASJONSRAPPORT FOR FREMTIDENS HURTIGBÅT - ENERGIEFFEKTIVT DESIGN



Dok. nr.: 419016-RE-008

Revisjon: 01

Bergen/Stavanger/Karmøy/Stord/Hyen, 25.03.2022

Kunde : FYLKESKOMMUNENE VESTLAND, TRØNDELAG,
NORDLAND, TROMS & FINNMARK

Nøkkelperson : ROLF OLE JENSEN

Dokument tittel : ZEFF 200-EL

Prosjekt navn : INFORMASJONSRAPPORT FOR FREMTIDENS HURTIGBÅT -
ENERGIEFFEKTIVT DESIGN

Prosjekt nummer : 419016

Internt dokumentnr : 419016-RE-008

Ekstern distribusjon : OPPDRAGSGIVER OG PARTNERE

Gradering : INGEN



Revisjon	Dato	Av	Sjekket	Godkjent	Kommentarer
01	25.03.22	TB	FCO	TB	Første utgave



INNHold

1. INNLEDNING	1
2. HOVEDDATA	2
3. ARRANGEMENTET	3
4. HYDROFOILKONSEPTET	4
SKROG- OG	5
5. SKROGKONSTRUKSJON	5
5.1 SKROGFORM, SEKSJONERING OG INNDELING	5
5.2 KONSTRUKSJON	5
6. ENERGI- OG MASKINERIKONSEPT	6
6.1 ELEKTRISK SYSTEMLØSNING	6
6.2 BATTERIER	6
6.3 LADELØSNING	7
6.4 POD	7
7. ANALYSER, BEREGNINGER OG SIMULERINGER	7
7.1 GOMBOC SIMULERINGER	7
7.2 CFD ANALYSER	8
7.3 STABILITETSBEREGNINGER	8
7.4 VEKTBEREGNINGER	9
7.5 STRUKTURANALYSER	10

1. INNLEDNING

Dette dokumentet beskriver overordnet det tekniske konseptet og design som LMG Marin med partnere utvikler for fylkeskommunene Vestland, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark (oppdragsgiver) gjennom prosjektet Fremtidens hurtigbåt – Energieffektivt design. Den presenterte løsningen baserer seg på vårt ZeFF konsept, tilpasset de spesifikke krav definert av oppdragsgiver, og har fått benevnelse ZeFF 200-EL. Denne revisjon av dokumentet er utarbeidet etter fullført Fase 1 av prosjektet - milepæl M5.



Figur 1: Illustrasjon av konseptet

2. HOVEDDATA

Konseptet har følgende hoveddata:

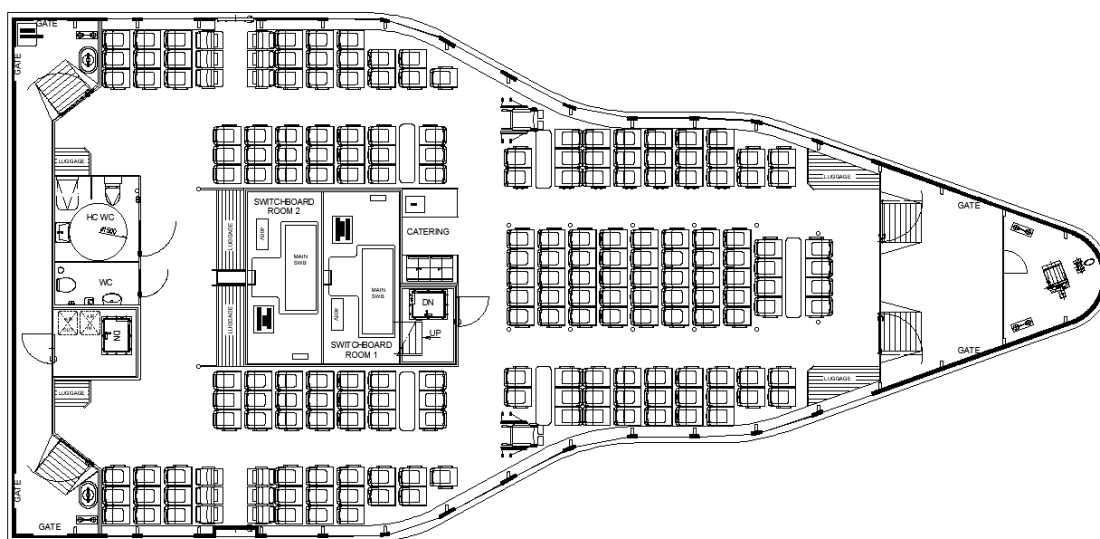
Lengde	28,6 m
Bredde, maks	14,9 m
Skrogdybde	2,85 m
Fremdriftseffekt, elektrisk pod	2 x 1000 kW
Passasjerkapasitet	196 pax



Figur 2: ZeFF 200-EL konseptet

3. ARRANGEMENTET

Arrangementet baserer seg på en løsning hvor alle passasjerfasiliteter er lagt på hoveddekk med terskelfri adkomst forut og akter. Hoved kabin/salong er arrangert mellom innredningsskottene på hoveddekk med maksimal setekapasitet på 196 personer i rader lags sidene og i senter. Gangareal imellom er arrangert på hver side av senter rad med tilstrekkelig bredde for fremkommelighet. Lagringsplass til større bagasje er nær innganger forut/akter, og plassering av mindre håndbagasje kan gjøres under seter. Passasjertoaletter, 2 stykk type unisex er arrangert akter hvor ett av dem også tilfredsstiller krav til funksjonshemmede. Planarrangement for hoveddekknivå er vist nedenfor:



Figur 3: Plan hoveddekknivå

Av flere hensyn foreslås en cateringløsning etter samme prinsipp som anvendes for passasjerfly hvor besetning tar imot ordrer via app og serverer passasjerene ved deres sitteplass. I stedet for kiosk arrangeres da lagringsområde for ferdigmat og andre utsalgsprodukter i tverrgang midtskips. Løsningen er kompakt, krever lite energi, er et godt tilbud til passasjerer, og er forenlig med et høyhastighets konsept hvor passasjerer anbefales å sitte under overfart med sikkerhetsbeltet på.

Forut på hoveddekk foran salong har fartøyet et tildekket område som representerer fordekk og er iht. regelverk definert som kollisjonssone som ikke kan innredes, men benyttes til landgang, fortøyning og ankervinsj. Akter er det arrangert et stores rom, samt utvendig område for landganger, fortøyning og hvor det også er nedgang til/nødutgang fra senterkrog.

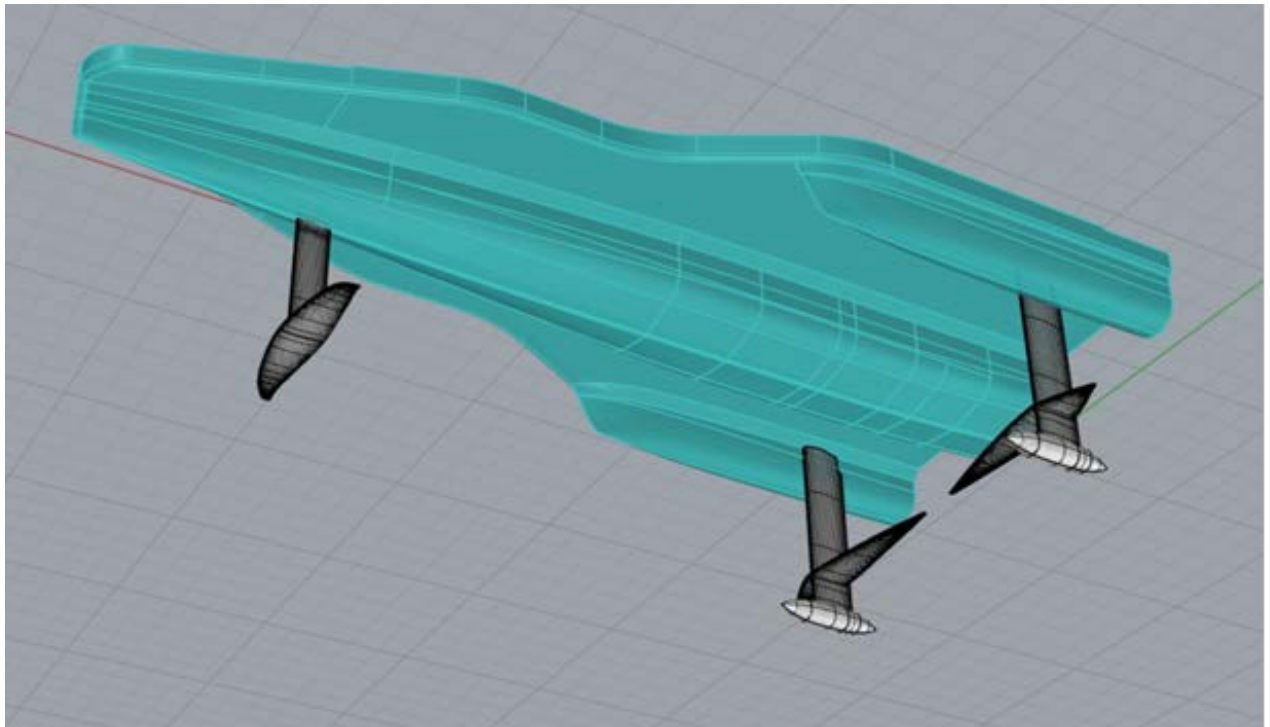


Figur 4: Illustrasjoner passasjersalong

4. HYDROFOILKONSEPTET

ZeFF er et fulløft hydrofoilkonsept med integrert propulsjon, hvor hele skroget løftes ut av vannet når fartøyet går i høy hastighet, og hvor aktiv kontroll med flaps er nødvendig for at fartøyet skal løftes opp og «fly» stabilt. Fulløft hydrofoilkonsept som ZeFF eksisterer per i dag, men har frem til nå ikke vært kombinert med foillintegrert propulsjonsløsning slik som det her legges opp til.

Skrog er basert på trimaran prinsipp som egner seg godt i kombinasjon med en foilløsning. De vertikale struts forbinder skrog og foiler men gir også et størst motstandsbidrag. Av energieffektivitets hensyn ønskes derfor færrest mulig struts. Løsning hvor aktere foilsystem med propulsjon ikke står i rett linje bak det forre systemet reduserer også mulighet for innbyrdes forstyrrelser. Den arrangerte trimaran- og foilløsning har to vertikale struts akter og kun en forut, og anses dermed som enkleste fulløft hydrofoilløsning som også er dynamisk stabil. Dette kombinert med integrert propulsjon som ikke krever egen innfesting mot skrog representerer etter vår oppfatning det hurtigbåtkonseptet med høyest energieffektivitetspotensial av alle aktuelle alternativer.



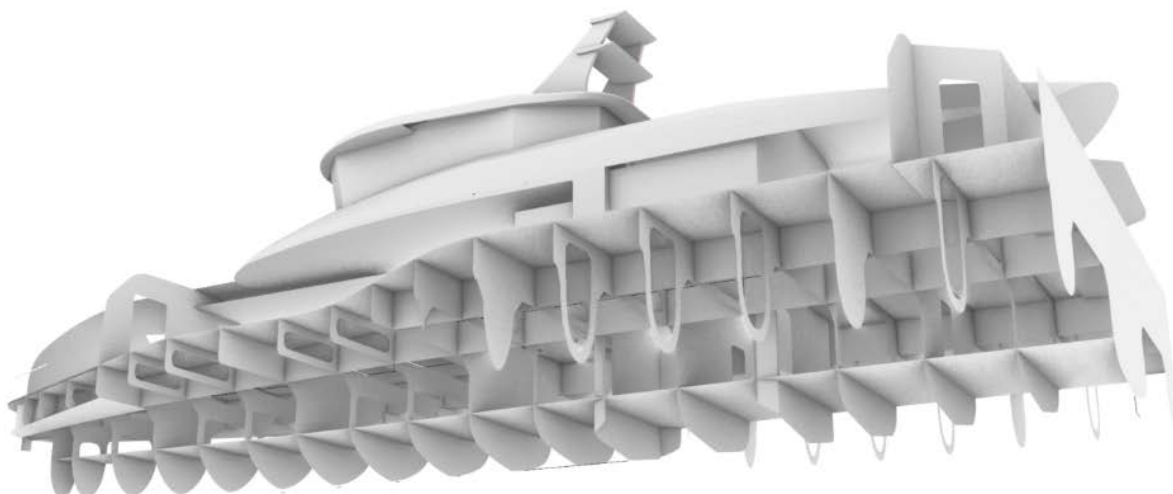
Figur 5: Valgte T-foil løsning for ZeFF konseptet

5. SKROG- OG SKROGKONSTRUKSJON

5.1 SKROGFORM, SEKSJONERING OG INNDELING

Det valgte trimaran skrogkonseptet er en stabil plattform med god overlevelsessevne av løft og egner seg godt i kombinasjon med en 3 x T-foil løsning. Sideskrogene er relativt små, men besørger stabilitet når fartøyet ligger av løft og effektiv innfesting og integrasjon av de aktre T-foilene. Senterskroget er langt og slankt som gir lav motstand i fartøys akselerasjonsfase. Sideskrogene er symmetrisk «round bilge» utformet, løftet noe over kjøllinje for senterskrog og med avpasset oppdriftsvolum for krav til stabilitet og flytestilling. Sideskrogene er plassert nært ut mot skipsside slik at det kan oppnås trygg evakuering hvor redningsflåter har godt anlegg ved varierende krenkning. Senterskrog er også symmetrisk, med noe bunnreis og vertikale sider over tanktopp nivå for enkel utrustning av de aktre seksjoner. Generelt er det krav til intakt stabilitet som gir nødvendig fribord, oppdriftsgivende volum etc. og krav til skadestabilitet som gir tanktopp og vanntett inndeling.

Hovedinndeling og seksjonering er illustrert i Figur 6 nedenfor:

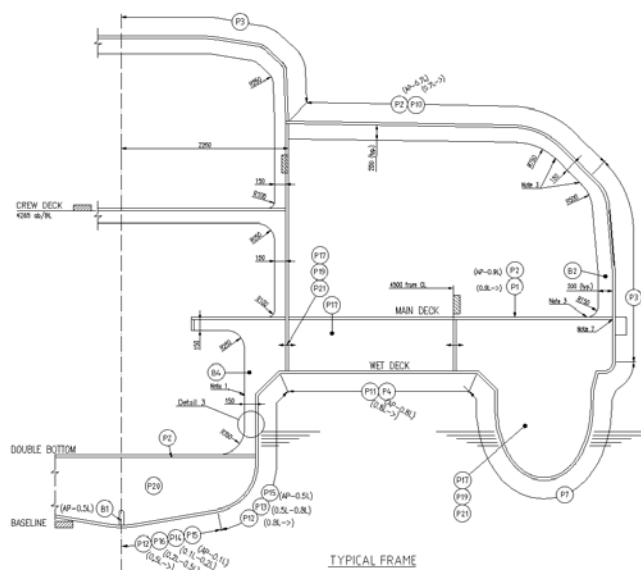


Figur 6: Hovedinndeling og seksjonering av konstruksjonen under hoveddekk

5.2 KONSTRUKSJON

Skroget er planlagt bygget som karbonsandwich konstruksjon bygget opp med PVC kjerne og laminat av karbonfiber i venylester matrise på hver side. Karbonfiber som benyttes leveres fra produsent som ferdige matter bygget opp med ensrettede fiber i multiaksiale sammensyde lag. Venylester er et egnet bindemiddel og velges av kvalitet og viskositet som egner seg til valgte produksjonsmetode. Det ferdige resultatet er en sandwich konstruksjon av høy kvalitet, som generelt er godkjent av klasse og myndigheter, og representerer byggemetode som klart gir laveste mulig skrogvekt for en hurtigbåt. En typisk karbonsandwich for en hurtigbåt består av 30 - 35 mm tykk PVC kjerne med 60 – 130 kg/m³ densitet, dekt av laminat på 2 – 4 mm tykkelse på hver side.

En første runde dimensjonering av skrog utført. En midtspanttegning som viser foreslått materialbruk og dimensjoner er etablert. I tillegg er hele konstruksjonen modellert i 3D Rhino modell for å beregne skrogvekten med god presisjon. Se Figur 7 nedenfor av midtspant:



Figur 7: Midtskant for ZeFF

Selv om oppnådd skrogvekt er lav, vil en vil fortsatt i prosessen videre undersøke muligheter for å spare ytterligere vekt i konstruksjonen

6. ENERGI- OG MASKINERIKONSEPT

Energi- og maskinerikonsept som herved presentert er formet etter de krav oppdragsgiver stiller til Fremtidens hurtigbåt – energieffektivt design. Fartøyet skal være CO₂ utslippsfritt når det opererer med sin primære energikilde men noe utslipp kan aksepteres for redundans eller tilleggs kapasiteter. Dette tilsier en elektrisk løsning basert på batterier med landstrøm lading som hoved energikilde og mindre diesel generatorsett for redundans, rekkeviddeforlengelse og/eller «take-home» funksjon.

Med basis i dette er energi/maskinerikonseptet spesielt tilpasset for hurtigbåt regelverkskrav, pod type propulsjon, samt kompakt og lettvekt som kreves for en energieffektiv hurtigbåtinstallasjon.

6.1 ELEKTRISK SYSTEMLØSNING

Det er lagt opp til en fullt ut redundant løsning for energilagring og kraftdistribusjon ombord i fartøyet. Dette i form av to uavhengige systemer som hver er tilknyttet sin andel av batterikapasiteten ombord, har hver sin hovedtavle og distribuerer hver kraft til propulsjon, hotell- og hjelpesystemer. For propulsjon kan hvert delsystem kun levere til dedikert enhet mens kraft til hotell- og hjelpesystemer kan dekkes fullt ut fra begge. I tillegg til batterilager er det dedikert en mindre dieselgenerator til hver av delsystemene, mens landstrøm lagring utføres gjennom felles pluggløsning som fordeler til batteriene om bord. Hoved prinsipp er at fartøy skal ha nødvendig redundans når den er i operasjon.

6.2 BATTERIER

Det kommer stadig nye batteriprodukter på markedet og vår prosjektpartner Seam har gjort en grundig gjennomgang spesielt rettet mot de ytelser en ønsker seg i dette prosjektet. Status er likevel slik at det ideelle produkt for en batteridrevet hurtigbåt ikke finnes, og de kompromisser en har inngått i samråd med oppdragsgiver er dessverre helt nødvendige. Batterier er relativt tunge og en er nødt til å begrense installert mengde for å unngå for stor vektøkning på fartøyet sammenlignet med konvensjonell

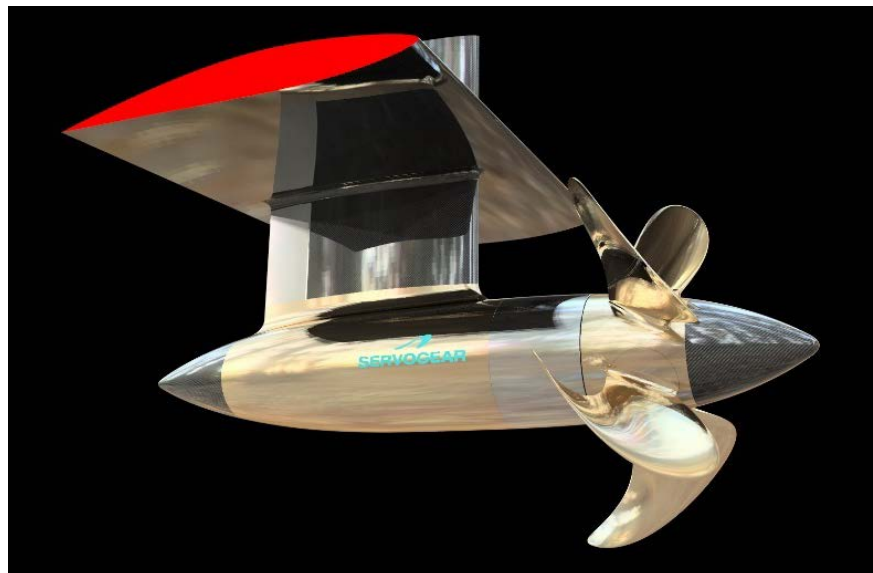
dieselløsning. Dette vil begrense installert energimengde, og deretter er utfordringen å velge et batterisystem som har evne til å lades og dreneres med tilstrekkelig høy rate.

6.3 LADELØSNING

Med et slikt utgangspunkt ser vi på løsning som anvendt for «Vision» båtene i Flåm/Gudvangen og den nye Hjellestadfergen som egnet løsning. Dette er et ladetårn med fjernstyrt rotasjon av utkraget arm for kabel med plugg, fjernstyrt ut/innmating av kabel, fysisk tilkoping av plugg, men fjernstyrt aktivisering.

6.4 POD

Vår partner i prosjektet Servogear utvikler et elektrisk pod propulsjonskonsept spesielt for hurtigbåtindustrien gjennom et parallelt gående løp. Produktet er planlagt i flere størrelser og utgaver, men utvikling av prototyp utgave er samkjørt med vårt prosjekt og tilpasset våre krav. Dette i form av en pod på 1000 kW kapasitet tilrettelagt med en strut ment for innfesting mot foilsystem, og med integrert flap type ror. Produktet er vist i Figur 8 nedenfor:



Figur 8: ServoPOD løsningen for ZeFF

7. ANALYSER, BEREGNINGER OG SIMULERINGER

Oppsummering av viktigste analyser, beregninger og simuleringer som utført per milepæl M5

7.1 GOMBOC SIMULERINGER

Prosjektet har anskaffet simuleringsverktøyet Gomboc fra SumToZero og benytter dette til design av foilkonseptet med dets bevegelseskontrollsystem. Verktøyet er opprinnelig utviklet for Americas Cup type hydrofoil seilbåter, men fungerer utmerket også for fartøy med propell fremdrift. Programvaren er egnet til både design og simulering av foilsystemer, og kan koples opp mot type spillkonsoll for navigasjonssimulering. Programvaren er svært fleksibel, og vi har frem til nå benyttet den til blant annet:

Printscreens fra Gomboc simulering er vist nedenfor:

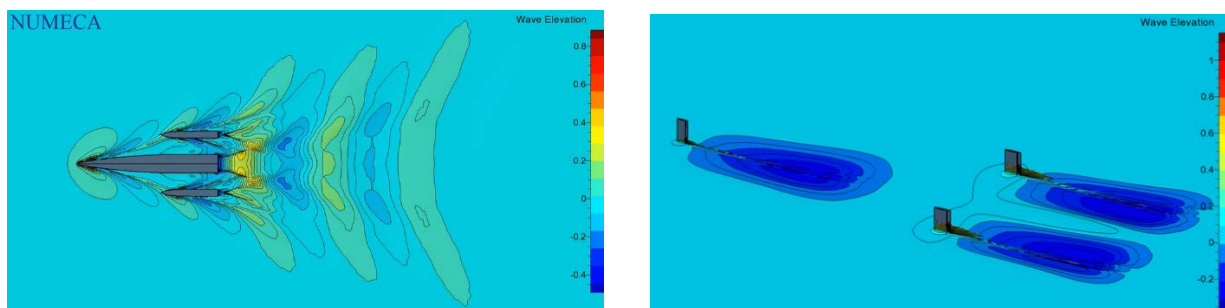


Figur 9: Printscreen fra Gomboc simulering av ZEFF 200-EL

7.2 CFD ANALYSER

CFD verktøyet som blir anvendt er Fine/Marine Numeca som anses godt egnet til hydrodynamiske problemstillinger og skipsdesign. Dette er også samme verktøy som Sintef Ocean bruker og vi planlegger samkjøring med dem av CFD i neste fase av prosjektet. Det er kjørt CFD analyser av ZEFF som omfatter skrogmotstand av løft, foilmotstand og fremdrift på løft samt luftmotstand på overbygg.

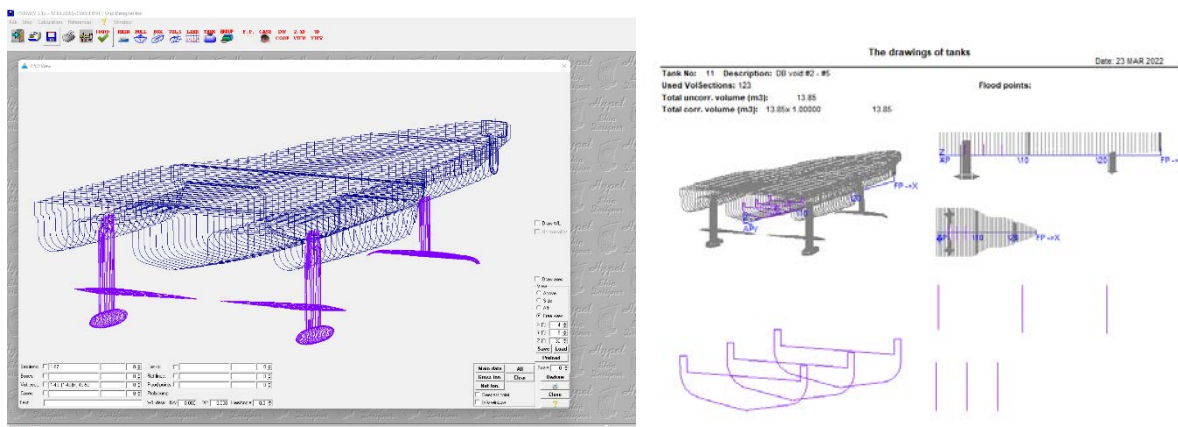
Eksempel på CFD analyse er vist nedenfor:



Figur 10: CFD analyse av ZEFF

7.3 STABILITETSBEREGNINGER

For å verifisere at ZEFF-konseptet vil tilfredstille Sjøfartsdirektoratets krav til stabilitet i intakt- og skadet tilstand. Konseptets skroglinjer (inkludert struts, foiler og podder) samt innvendig vannrett inndeling ble modellert.

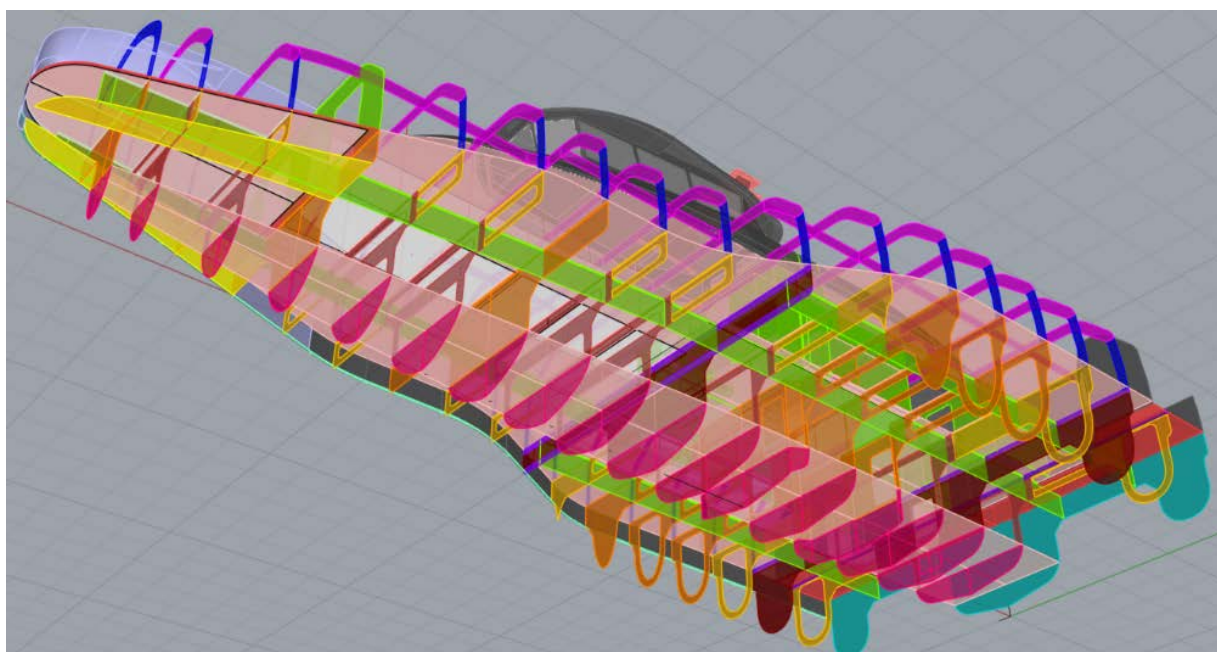


Figur 11: Utklipp fra stabilitetsmodell

7.4 VEKTBREGNINGER

Det har blitt lagt ned mye arbeid i å beregne fartøyets lettskipsdata (vekt og tyngdepunkter). I analysene som har blitt gjennomført for å beregne fartøyets lettskipsdata så har det blitt lagt til grunn material- og komponentvalg som gir et relativt lett fartøy, men som samtidig vil gi en god reiseopplevelse for passasjerene. Mange material- og komponentvalg er basert på en best mulig bruk av tilgjengelig hurtigbåtteknologi, mens andre forutsetter innovasjon.

Lettskipsvekten er definert som er vekten av et tomt fartøy, det vil si vekt av skroget og overbygningen, maskineri og utrustning. Det har blitt utført detaljerte analyser for å beregne fartøyets lettskipsdata, både for vekt og tyngdepunkter. Da et fartøy sine lettskipsdata er bygget opp av mange forskjellige delkomponenter så har SFI-systemet på 3-sifret nivå blitt benyttet for å kategorisere disse. For å sikre god presisjon på vår vektberegning anvendes en 3D-modell bygget opp i Rhino programvare til å bestemme arealavhengige vekter som struktur (paneler, bjelker, søyler, innfestinger), maling, isolasjon, himling, gulvbelegg n/underlag, lettskott og større komponenter. 3D modellering gjøres i en mal hvor ulike element kan tilordnes materialverdier som deretter kan eksporteres ut på Excel format. En del utskrifter av modell som anvendt i dette prosjektet er vist i figuren nedenfor:

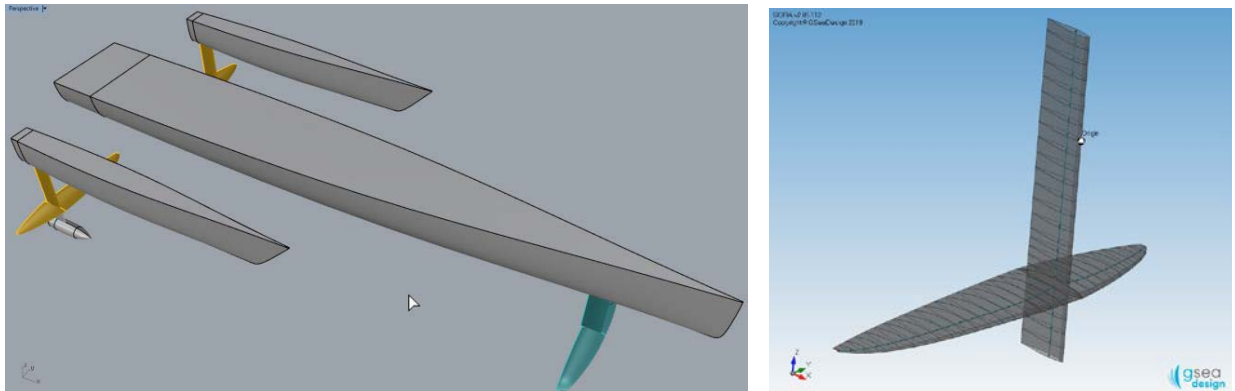


Figur 12: 3D-modell brukt for vektberegning

7.5 STRUKTURANALYSER

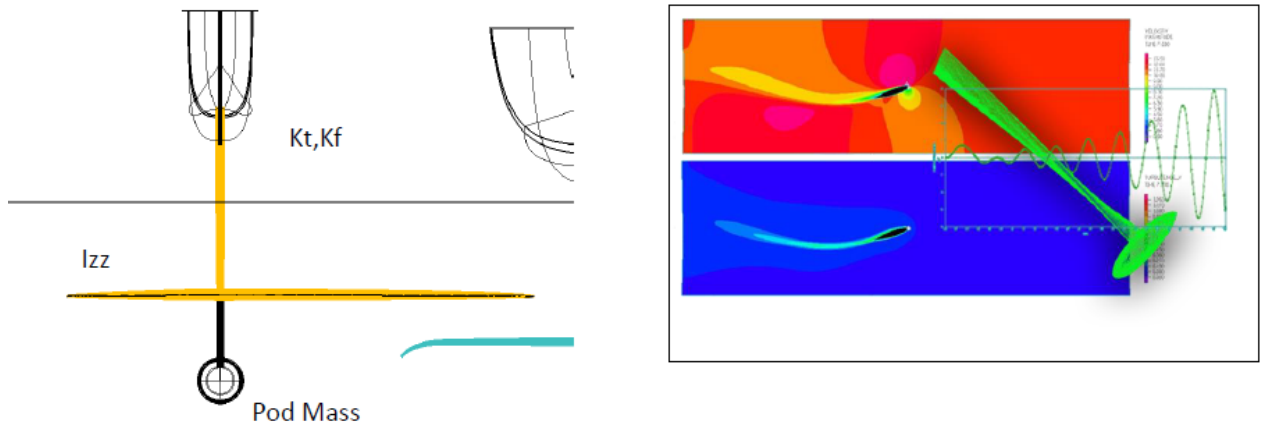
Det er utført strukturberegninger og analyser på skrog og foilsystem.

Foilsystem er beregnet og analysert mer i detalj og valgte dimensjoner er et resultat av dette arbeidet. Den generelle styrken er verifisert ved bruk av et kompositt elementmetode bjelkeprogram, og anvendt modell er vist nedenfor:



Figur 13: Elementmetodemodell for foilsystem

I tillegg til statiske betraktninger er det utført omfattende dynamisk såkalt «flutter» analyse for å verifisere foilsystemenes stabilitet. Utdrag fra modell og analyse vist i figuren nedenfor:



Figur 14: Utdrag fra «flutter» analyse