

Sandra Lundvang Ulsmåg

Forlenging av eksisterende frysetråler

Bacheloroppgave i Skipsdesign

Veileder: Lars Erik Nygård

Medveileder: Anders Madsen

Mai 2024

Sandra Lundvang Ulsmåg

Forlenging av eksisterende frysetråler

Bacheloroppgave i Skipsdesign
Veileder: Lars Erik Nygård
Medveileder: Anders Madsen
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven er den avsluttende oppgaven på det treårige bachelorstudiet i skipsdesign. Jeg vil takke alle som har hjulpet meg underveis i arbeidet. Først og fremst ønsker jeg å takke mine veiledere: Lars-Erik Nygård ved NTNU og Anders Madsen ved DNV. Takk for god hjelp, tålmodighet, oppfølging, veiledning og erfaringsdeling.

Videre vil jeg rette en takk til Rosund Drift AS, Skipsteknisk og Optimar som tok seg tid til å svare på spørsmål og dele sine erfaringer om forlenging og prosesseringsanlegg på moderne frysetrålere. Takk til Karl Henning Halse ved NTNU som har svart på spørsmål om vektestimering.

Til slutt ønsker jeg å takke min familie og venner som har gitt meg støtte og oppmuntrende ord underveis i studiet. Familien er min største motivasjon og gir meg et ønske om å bli bedre og gjøre mer. En ekstra takk til alle som har kommet med tips og innspill til forbedringer i oppgaven.

Jeg ser tilbake på mine tre år på bachelorstudiet med stor takknemlighet. Studiet har utfordret min kunnskap, og jeg har lært mye om ingeniørfaget og skipsdesign. Studiet har gitt meg muligheten til å utvikle meg både faglig og på et personlig plan. Til tross for at arbeidet har vært utfordrende og omfattende har det vært spennende å fordype seg i strukturdesign.

Sammendrag

I denne oppgaven etableres et konsept av strukturdesign for en forlengelse. Spesialtilpasning av eksisterende skip er en viktig del utviklingen av grønn skipsfart. Dette er med på å øke effektiviteten av fartøyet og kan forlenge levetiden.

Formålet med oppgaven er å gjøre rede for strukturdesign i henhold til DNV sitt regelverk. Oppgaven skrives i samarbeid med DNV og forskningsprosjektet Fisk 4.0. Fartøyet som skal forlenges, er Vesttind, som er en moderne frysetråler. Vesttind skal forlenges med 10.8 meter og skal integrere tanker for oppbevaring av ensilasje. Ensilasje er avkapp og annet overskudd etter en fabrikkeringprosess av fisk og annen fangst.

Abstract

In this assignment a concept for structural design for an extension of a ship is established. Retrofitting of existing ships is an important part of the development of green shipping. This contributes to increasing the vessel's efficiency and can extend its lifespan.

The purpose of the assignment is to describe and make proposal of a structural design according to DNV regulations. The assignment is written in collaboration with DNV and the research project Fisk 4.0. The vessel to be extended is Vesttind, which is a modern sten trawler. Vesttind will be extended by 10.8 meters and will integrate tanks for storing ensilage. Ensilinge is biomass and other surplus from fish and additional catch.

Forklaringer

Selvfølgelig, her er listen sortert alfabetisk:

- **Approval** = Godkjenning. I denne sammenheng godkjenning av skrog
- **AP** = Aktre perpendikulær. Den vertikale linjen gjennom rorstammen senterlinje
- **Breadth moulded** = Målt bredde til fartøyet
- **Depth moulded** = Dybde i riss. Målt avstand fra baseline til dekk
- **DNV** = Det Norske Veritas
- **Frame spacing** = Spanteavstand
- **FP** = Forre perpendikulær. Den vertikale linjen som er skjæringspunktet mellom skroget og vannlinjen som skipet har når det er fullastet
- **GA** = General arrangement. Tegningen av de forskjellige delene av skipet: profil, dekkplan og midtskipsspant
- **IMO** = Den internasjonale sjøfartsorganisasjon
- **LCG** = Langskips tyngdepunkt
- L_{OA} = Lengden over alt
- L_{PP} = Lengde mellom perpendikulær
- **Moulded draught to baseline** = Maksimal dypgang målt fra baseline
- **NH** = Nauticus Hull. DNV sitt eget program for godkjenning og utvikling av skipsstruktur
- **NTNU** = Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet item **Slenderness** = Slankhetsgrad. En dimensjonsløs størrelse som sier noe om forholdet mellom lengden og bredde til en komponent.
- **SOALS** = Safety of Life at Sea. Er en konvensjon som handler om sikkerhet for personell og skip til havs
- **Yielding** = Flyt. Prosessen der et materiale begynner å deformeres plastisk som følge av overbelastning
- **VCG** = Vertikalt vekt tyngdepunkt

Symbolliste

- α = Alfa
- \mathbf{B} = bredde
- \mathbf{D} = dybde i riss. Avstanden fra baseline til dekk og beskriver den samlede avstanden av dypgangen lagt sammen med fribord
- \mathbf{g} = Tyngdekraftakselerasjon
- \mathbf{I} = Annet arealmoment
- ρ = Væsketettheten
- \mathbf{T} = dypgang

Programliste

Programvare fra DNV

DNV har utviklet en rekke dataprogrammer i henhold til sitt eget regelverk. Programvarene er designet slik at kundene skal kunne designe effektivt og henhold til regelverket.

Nauticus Hull er et dataprogram som brukes for å beregne og analysere skrogstyrke. I denne oppgaven ble det brukt Nauticus Hull V20- Januar 2022 Version.

3D-Beam er et annet dataprogram fra DNV som gjør det mulig å modellere og analysere bærer- og bjelkesystemer. Programmet lar brukere deffinere laster, bjelker og bjelkeprofiler, blant annet.

Programvare Autodesk

AutoCAD er et dataprogram som brukes til teknisk tegning i 2D. Programmet er kjent for ingeniører innen flere forskjellige fagfelt og brukes i den maritime industrien til å lage tekniske tegninger som for eksempel GA eller dokumentasjon til klasseselskap.

Programvare fra McNeel

3D-modelleringsprogrammet Rhinoceros 3D brukes til å lage komplekse 3D-modeller. Det ble brukt Rhino 7 i arbeidet for å gjøre målinger av langde, areal og volum.

Spyder

Spyder er et IDE (Integrated Developer Environment), for utvikling av blandet annet Phyton. Programmet lar brukere lage egne koder og beregninger. I denne oppgaven ble Spyder versjon 5.5.4 brukt til utregninger.

Prosjektbeskrivelse

Hovedprosjektbeskrivelse

for

Sandra Ulsmåg

Skipsdesign

Vårsemester 2024

Tittel:

Forlenging av eksisterende frysetråler

Det er i økende grad tydelig for all at de globale utslippene av klimagasser må reduseres kraftig. Parisavtalen fra 2015 setter et overordnet mål for dette. Som en følge av dette har IMO kommet med sine egne krav til skip, og norske myndigheter varsler økende CO₂-avgifter. De har også satt et mål om at Norges utslipp av klimagasser skal være halvert innen 2030, og at alle sektorer må ta sin del av kuttene. Derfor har norske skipsredere, inklusiv fiskebåtrekere, et sterkt økende press på seg til å investere enten i nye fartøyer eller oppgradere sin eksisterende fartøyer for å imøtekomme kravene.

Fiskefartøy er en mangfoldig og fleksibel enhet med svært mange variabler og parametere. Det vil være behov for å se på hvordan fartøy kan videreutvikles for å manøvrere mer energieffektivt i vind, bølger og strøm, samtidig som økt automatisering av fabrikken frigir rom om bord. Dette inkluderer utvikling av skrogform, hoveddimensjoner, og kombinasjoner av fremdriftssystem.

Denne oppgaven innbefatter prosjektering/modifisering av en eksisterende frysetråler. Fartøyet skal forlenges og tanker for oppbevaring av restråstoff skal inkluderes.

Kandidaten skal gjennom denne oppgaven utføre følgende:

1. Utforske funksjon, systemene og komponentene i en moderne frysetråler.
2. Utforske hvilke regelverk en slik modifisering skal klassifiseres under. Hvilke implikasjoner vil det medføre?
3. Etablere en strukturfilosofi for skrogdelen som skal settes inn. Vurdere langskips/tverrskips avstivning.
4. Dimensjonere skroget iht. gjeldende regelverk. Med lokale og globale laster. Globale laster taes fra DNV «anbefalte regelverdier». Lufterørshøyde for tanker taes 760mm over hoveddekk.
5. Etablere vektestimater og tilhørende volum(vekt)koeffisient for skrogdelen som settes inn.
6. Produsere et sett med klasseskisser for DNV approbasjon. Klasseskissene skal inneholde de typiske plan, tverrsnitt og langsskipsnitt som er nødvendige.

Veileder ved NTNU i Ålesund er Lars Erik Nygård, og kontaktperson / faglig veileder ved DNV er Anders Madsen.

Besvarelsen redigeres som en teknisk rapport, med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er

Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk, Ålesund

grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig. Kandidaten skal ved starten av arbeidet lage en tydelig fremdriftsplan med kritiske milepæler. Videre skal kandidatene presentere oppgaven sin 3 ganger i løpet av perioden:

Milepæl 1Tidspunkt..... : **HOLD**

Sted.....:

Ved denne presentasjonen skal det også leveres inn et A3-ark som beskriver oppgaven og illustrerer evt. utfordringer. En mal for dette finnes på *Blackboard*. Varighet ca. 5 -10 minutter.

Milepæl 2Tidspunkt..... : **HOLD**

Sted.....:

Ved denne presentasjonen skal en status for prosjektet presenteres. Varighet ca. 10 minutter.

SluttpresentasjonTidspunkt..... : **HOLD**

Sted.....:

Her skal det endelige resultatet presenteres, og A3-posteren fra milepæl 1 skal oppdateres til en beskrivelse av prosjektet og innleveres sammen med prosjektrapporten.

Det oppfordres også til å lage en kort video/animasjonsvideo om prosjektet. Dette er ikke obligatorisk, men vil telle med i vurderingen.

Samtlige presentasjoner er obligatoriske. Omfanget og arbeidsbelastningen av 20 studiepoeng er ifølge departementet angitt som 540 studentarbeidstimer pr. student.

Prosjektet skal innleveres digitalt i Inspira. For maler og andre detaljer omkring innlevering av avsluttende oppgaver til bachelorstudiet ved NTNU i Ålesund vises det til detaljer på *Innsida*.

Innleveringsdato HOLD

Ålesund, Januar 2024
Lars Erik Nygård
Studieprogramleder
Skipsdesign

Mottatt:

Dato:

15.01.2024

Signatur:

Sandra Ulsmåg
Sandra Ulsmåg

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakrunn for oppgaven	2
1.2	Prosjektering	3
2	Frysetråler	4
2.1	Hoveddimensjoner	4
2.2	Klassenotasjoner	5
2.3	Designkrav	5
2.4	Oversikt over komponenter	5
2.4.1	Motor	5
2.4.2	Vinsjer	6
2.4.3	Kraner	7
2.5	Utredning av fabrikk	7
3	Forlenging	9
3.1	Rederikrav	9
3.2	Krav for godkjenning	9
3.3	Klassenotasjon for fiskebåt	10
3.4	Motor	10
3.5	Styringskjøl, dockinplan og dekk	10
3.6	Spanteavstand	11
3.7	Kolisjonsskott	11
4	Metode	12
4.1	Etablering av tverrsnittet	13
5	Strukturdesign	14
5.1	Laster	14
5.2	Valg av topologi	16
5.3	Kraftgangen	17
5.4	Skrogbjelken	17
5.5	Strukturfilosofi	18
5.5.1	Global langskipsstyrke	18
5.5.2	Lokal styrke	19
5.6	Minimumstykkelser	19
5.6.1	Korrosjonstillegg	20
5.7	Konstruksjonsmateriale	20
5.8	Isklasse	21

5.9 Tanker	21
5.10 Beregning av global langskipsstyrke	22
5.10.1 Bulekontroll	23
5.11 Beregninger lokalstyrke	24
5.12 Klassetegninger	26
6 Vektestimering	27
6.1 Volumkoeffisient	28
7 Resultat	29
7.1 Endelig strukturdesign	29
7.2 Endelig vekt	33
8 Diskusjon	35
8.1 Metode	35
8.2 Hoveddimensjoner	35
8.3 Strukturdesign	35
8.3.1 Fiskebåt	36
8.3.2 Plassering av rammer og platefelt	36
8.4 Vektestimater	37
8.5 Feilkilder	37
8.6 Videre arbeid	38
9 Konklusjon	39
Litteraturliste	40
Appendix A: Komponenter i fabrikktråler	E-I
Appendix B: Tabell for a1 og b1	E-I
Appendix C: Tabell for c1	E-I
Appendix D: Tabell for la	G-I
Appendix E: Anbefalte minimumslaster for bølgemoment	G-I
Appendix F: Anbefalte minimumslaster for stille vannsmoment	H-I
Appendix G: Verdier i Ship data i NH	H-I
Appendix H: Definerede elementkoder	K-I
Appendix I: Minimumstykkelser-Tabell for koeffisienter a og b	K-I
Appendix J: Korrosjonstillegg	L-I
Appendix K: Definerede inndeling	M-I
Appendix L: Arealmåling i Rhino	M-I

Appendix M: Inndeling av innsatt del	O-I
Appendix N: Korrosjonstillegg	O-I
Appendix O: Tabell for $f_b d g$	Q-I
Appendix P: Designtrykk	Q-I
Appendix Q: Koeffisient trykk i tank	T-I
Appendix R: Volum(vekt)koeffisient	T-I
Appendix S: Detaljer tilhørende vektestimat	T-I
Appendix T: Klassesetninger	T-II
Appendix U: Vektestimat detaljert ark	U-I
Appendix V: GA Vesttind forlenget	V-I

Figurer

2.3	Illustrasjon av en moderne fabrikkssystem	8
4.1	Illustrasjon av metode	12
4.2	Illustrasjon av den innsatte delen	13
5.1	Bølgelaster fra DNV	14
5.2	Hydrodynamisk trykk	15
5.3	Eksempel av kraftgangen	17
5.4	Skrogbjelken	18
5.5	Illustrasjon av hogging	18
5.6	Illustrasjon av sagging	18
5.7	Hogging og sagging som følge av bølge	19
5.8	Intensjonell posisjonskode	20
5.10	Resulterende laster i 3D-Beam	24
7.1	Illustrasjon av nøytralaksen og spenninger til tverrsnittet	29
7.2	Illustrasjon av tverrsnittet i 3D fra NH	29
7.3	Endelige platetykkelser	30
7.4	Dimensjonerende for plate. Merk: Stern Tralwer er ikke med på grunn av begrensninger i NH	30
7.5	Dimensjonen til langskipsstiveren	31
7.6	Bærersystemet for en ramme i 3D-Beam	32
7.7	Opptredende moment i bærerstruktur	32
7.8	Opptredende skjærkrefter i bærerstruktur	32
7.9	Klassetegninger av skipsdekkene	34
A.1	Illustrasjon av et eksempel på en moderne frysetrålernes fabrikk	E-I
B.1	Tabell for a_1 og b_1	E-I
C.1	Tabell for c_1	E-I
D.1	Tabell for l_a	G-I
E.1	”Anbefalte” minimumslaster for bøyemoment for bølger fra Nauticus Hull	G-I
F.1	”Anbefalte” minimumslaster for bøyemoment i stillvann fra Nauticus Hull	H-I
G.1	Oppmålte verdier til Shipdata i Nauticus Hull	H-I
H.1	Snittet deffinert med intensjonelte elementkoder	K-I
I.1	Tabell for koeffisienter a og b	K-I
J.1	DNV korrosjon stilleg tabell fra Pt.3.Ch3.Sc3	L-I
L.1	Illustrasjon av en areal måling i Rhino	M-I
N.1	Minimums korrosjonstillegg	O-I
O.1	Tabell for $f_b dg$	Q-I
P.1	Designtrykk NH	Q-I

Q.1	Trykk bestemt av bruk	T-I
R.1	Volum(vekt)koeffisient	T-I
S.1	Detaljer tilhørende vektestimat	T-I

Tabeller

2.1	Betydning av klassenotasjon [8]	5
5.1	Klasenotasjon ICE-1A*	21
5.2	Maksimale momenter midtskips	23
5.3	Design lastfordeling	25
5.4	Dekkslast statisk	25
6.1	Vektestimat sammendrag	28
7.1	Platetykkelser	30
7.2	Tverrskipsstivere	31
7.3	Oversikt over langskipsstiverene	31
7.4	Bjelkeprofiler	33

1 Innledning

Norge har en lang historie med maritim næring. I 2018 bidro den maritime næringen med en verdiskapning på 143 milliarder norske kroner og sysselsatte omlag 85 000 mennesker[1]. På grunn av Norges posisjon som oljenasjon har landet tilgang til noe av den nyeste og mest avanserte teknologien til havs. Dette er en av grunnene til at det i 2018 ble eksportert verdier for nærmere 217 milliarder [1]. Norge, som er verdens niende største fiskerinasjon, har en fiskeflåte bestående av ca 5860 fiskefartøy i 2022 [2].

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Norsk havnæring har gått gjennom store endringer som er drevet av effektivisering, sikkerhet og bærekraft de siste tiårene. Hvis internasjonal skipsfart skal lykkes med å nå nullutslippsmålet i 2050 blir redere nødt til å finne nye løsninger som er i tråd med ambisjonene om nullutslipp. Nybygg med ny teknologi er en stor del av løsningen da man ikke lenger kan lage helt nye båter, men heller utvikle og bygge om de båtene man allerede har [3] .

På grunn av dagens økonomiske situasjon, som følge av Russland-Ukraina konflikten, økte utgifter og mindre kvoter, har ikke redere like stor kapital og kjøpekraft. Norske redere har tidligere solgt de gamle fiskebåtene sine til russiske redere og på den måten fått kapital til å kjøpe seg helt nye båter, men med dagens restriksjoner er ikke dette lenger mulig [4][5]. Derfor må man finne nye og lønnsomme løsninger som imøtekommer kravene for utslipp og bærekraft.

Gjennomsnittsalderen for fartøy i den norske fiskeflåten stiger, spesielt blant de mindre fiskefartøyene. Den største andelen av havgående fiskefartøy over 28 meter er i en fornyelsesprosess med utskiftning til klimavennlige løsninger. Selv om denne gruppen utgjør bare fem prosent av den totale fiskeflåten, står den for over 80 prosent av utslippene [2].

Inntektene til fiskeriredere er avhengig av hvor mye de har lov til å fiske og hvor mye fangst de selger. Kvoteringssystemet på fiskekvoter i Norge er avgjørende for hvor mye og hvilke typer fisk en reder har lov til å fiske. Dette varierer fra år til år og bestemmes av flere faktorer som for eksempel: fiskebestand og biologiske forhold. Dette er for å unngå overfiske og forvalte fellesressursene i havet rettferdig [6],[7].

1.2 Prosjektering

Denne oppgaven skal se på forlengelsen av en norsk frysetråler: Vesttind(LLDH). Vesttind skal integrere ensilasjetanker for å oppbevare avkapp og andre deler av fisken som ikke fryses ned for å selges. Ensilasje kan for eksempel gjøres om til og selges som fiskemel for å benytte seg av hele fisken og fiskekvoten. Hovedfokuset i denne oppgaven er strukturdesignet av det nye tillegget.

2 Frysetråler

En frysetråler er en fiskebåt som tråler inn fisk, slakter fisken og setter den på frys slik at fisken er frossen når den kommer i havn. Dagens frysetrålere er utstyrt med avansert og kompleks teknologi for å kunne operere i krevende farvann med værutfordringer og samtidig bevare kvaliteten på råvarene de frakter. Maskineri og utstyr er derav en betydelig del av kostnaden på en moderne tråler, da disse systemene er avanserte og komplekse.

2.1 Hoveddimensjoner

General data

Navn	Vesttind (LLDH)
Type	Stern Trawler
Flag	Norway
Havn	Ålesund
Klasse	DNV 1A1, ICE-1C, STERN TRAWLER, E0 Hull:ICE-1A*up to 5.85m ab. bl

Opprinnelige hoveddimensjoner

L_{OA}	60.00 m
L_{PP}	52.80 m
Bredde (Breath moulded)	14.00 m
D	8.65 m
Spanteavstand (Frame spacing)	600 mm
T (moulded draught to baseline)	6.050 m

Endelige hoveddimensjoner

L_{OA}	71.50 m
L_{PP}	63.60 m
Bredde (Breath moulded)	14.00 m
D	8.65 m
Spanteavstand (Frame spacing)	600 mm
T (moulded draught to baseline)	6.050 m

2.2 Klassenotasjoner

Tabell 2.1: Betydning av klassenotasjon [8]

Klassenotasjon	Betydning
DNV 1A1	Fartøyet er godkjent etter DNV-standarden. Det vil si at det oppfyller kravene for styrke, struktur og sikkerhet etter DNV sitt regelverk
ICE-1C	Kan navigere i isbelagte farvann med tykkelse opp til 0.4 meter. Dette setter krav til struktur og propulsjonssystem.
STERN TRAWLER	Utstyrt for å hovedsakelig fiske. Oppfyller krav for håndtering av fisk og har struktur som tåler tråling
E0	Ubemannet maskinrom.
Hull: ICE-1A* up to 5.85 ab. bl	Skroget er godkjent i gitte dybdeganger for å navigere i isbelagte farvann og skal tåle en istykkelse opp til 0.8 meter.

2.3 Designkrav

Skogutforming og innredning er allerede satt. Hovedfokuset vil ikke være design of utvikling av GA, men omhandle strukturdesignet for den innsatte delen i tråd med DNV sitt regelverk. Det er i hovedsak to punkter som kan utforskes:

- **Forlengelse-** Gjennomgang av strukturen og strukturelle endringer, som følge av forlengelsen.
- **Råstoff-** Integrering av ensilasjetanker for oppbevaring av råstoff.

2.4 Oversikt over komponenter

Vesttind er en moderne fabrikktråler som fisker både fisk og reker. En slik fabrikktråler er nøye konstruert og satt sammen av ulike komponenter, hvor hver har sitt spesifikke arbeidsområde. Samlet utgjør komponentene en komplett enhet som er spesialtilpasset for å utføre alle aspekter av fiske- og fabrikeringsprosessen. Teknisk informasjon om Vesttind er hentet fra DNV sitt "Vessel register" [9].

2.4.1 Motor

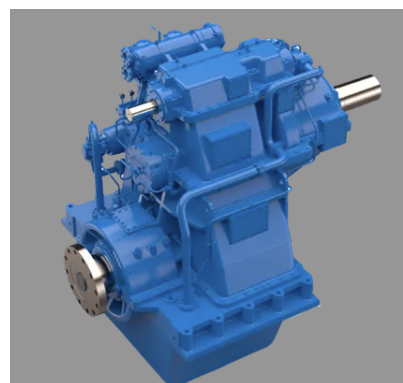
Motoren ombord på Vesttind er helt essensiell for driften. Motoren gir Vesttind effekten og energien som trengs for framdrift, manøvrering og fiske- og fabrikeringsprosessen. Når Vesttind tråler inn fisk, krever det at motoren klarer å gi stor nok effekt slik at fangsten blir trålet ombord. Når fisken er kommet om bord, trengs det energi for å drive fabrikk og

fryserne, samtidig som framdrift og elektrisitet til hotellet krever energi fra samme system [10].

Hovedmotoren til Vesttind er en W12V32-motor fra Wärtsilä Finland Oy, og sammen med SCV95-P58 propulsjonsreduksjonsgiret fra Wärtsilä Propulsion AS leverer motorene effekten til fartøyets behov, som primært er fremdrift og manøvrering [11],[12]. Hovedmotoren leverer en effekt på 5200 kW.



(2.1a) Hovedmotor W12V32-motor
[13]

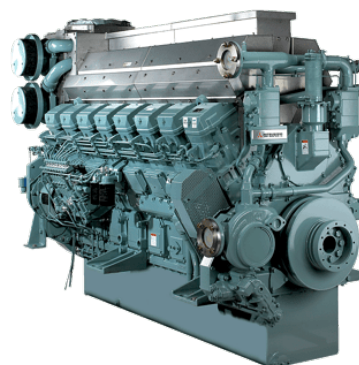


(2.1b) Reduskjongsgir
SCV95-P58 [14]

I tillegg til hovedmotoren og propulsjonsutstyret har Vesttind tunneltrøster FU 45 LTC 1375 fra Brunvoll AS. Tunnelltrøstere gir økt manøvrerbarhet og er ofte plassert i baugen på fartøyet. Hovedgeneratoren er en S16R-MPTA-motor fra Mitsubishi Heavy Industries Ltd og forsyner fartøyets elektriske systemer med strøm. [15],[16]



(2.2a) Tunellthruster FU 45LTC
1375 [17]



(2.2b) Hovedgenerator S16R-MPTA [18]

2.4.2 Vinsjer

Vinsjer er en sentral del av fiskefartøyets dekkstrutning og er avgjørende for en effektiv håndtering av redskap og fangst under fiskeoperasjoner. Disse motordrevne tromlene har

som hovedoppgave å trekke og stramme tau, vaiere og kjettinger[19]. På fiskefartøyer som Vesttind er vinsjene viktige i fiskeprosessen, da de brukes til å plassere, heve og senke fiskeutstyr som trål og not. Samtidig hjelper de med å håndtere fangsten om bord. Fartøyet har flere forskjellige vinsjer.

2.4.3 Kraner

Kraner kan brukes til en rekke formål, inkludert løfting av tråler og noter om bord, flytting av utstyr og forsyninger mellom dekk og lasterom, lasting og lossing av fangst og forsyninger i havn. Fiskefartøy som trålere har ofte to til tre kraner, hvor en typisk er akterut, en midtskips og en forut [5]. Vesttind har tre kraner.

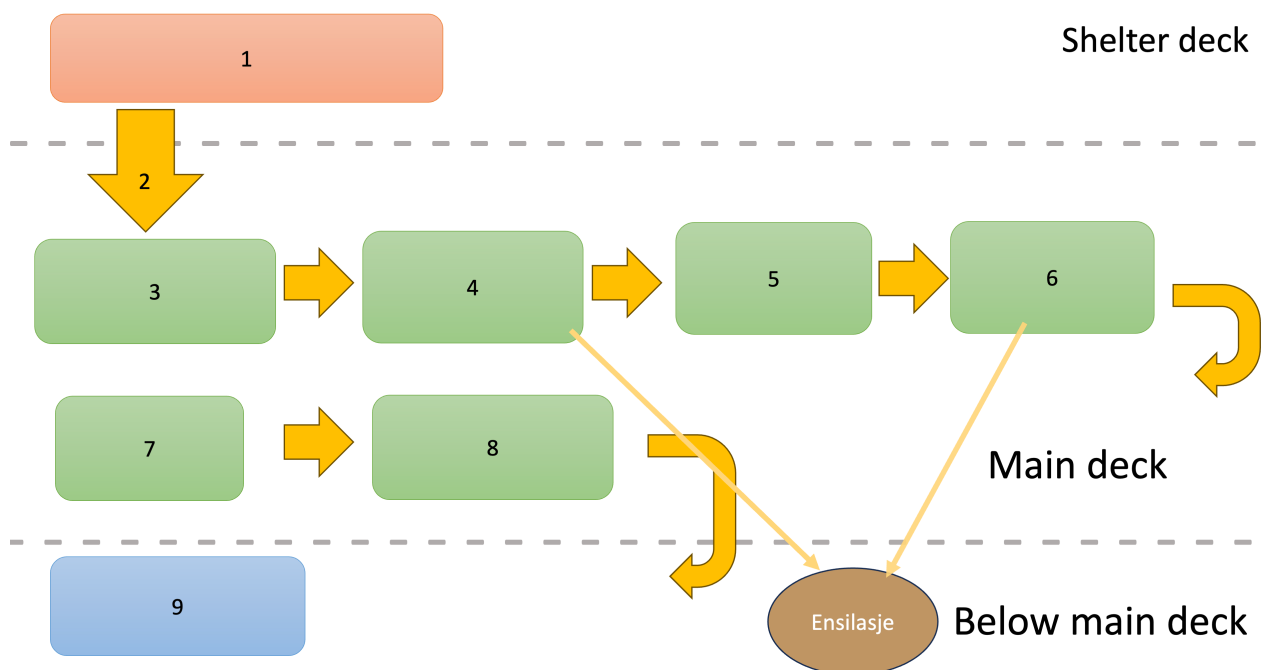
2.5 Utredning av fabrikk

Det finnes mange måter å sette opp fabrikkssystemene på en moderne frysetråler. Systemet settes opp etter ønske fra reder og kan optimaliseres for ønsket fangst, areal og produksjon av råvare.

Eksempel på komponentene i frysetrålerfabrikk som fryser hel fisk [20]:

1. Trål: Fisken tråles om bord ved hjelp av tråleren som slepes gjennom vannet bak fartøyet. Trålen er en stor pose som fanger fisken mens den blir trålet ombord i fartøyet.
2. Tanker: Når fisken er trukket om bord blir den sluppet ned i tanker eller luker som typisk befinner seg i akterskipet på båten.
3. Bånd: Inne i fabrikk om bord blir fisken satt på et transportbånd som beveger seg gjennom ulike deler av prosessanlegget. Båndet frakter fisken til hver del i produksjonslinjen.
4. Kappemaskin: Her blir hodet av fisken kappet av for videre bearbeiding. Dette sikrer at fisken er klar for de neste trinnene i prosesseringen.
5. Bad: Når hodene er kappet av blir fisken ført gjennom et bad. Badet skal fjerne eventuelt gjenværende blod og sikre at fisken er ren og klar for neste trinn.
6. Greder: Etter rensingen blir fisken sendt til en greder som fordeler fangsten automatisk da etter presseranser som for eksempel type, vekt og kvalitet. Fordelingen skjer ved hjelp av avanserte sorterings- og veiesystemer som sikrer en effektiv og nøyaktig sortering av fisken.
7. Frys: Etter at fisken er blitt sortert blir den sendt til fryseanlegget. Her blir fisken plassert i lav temperatur som fryser den ned til ønsket temperatur før langtidsfryselagring.

8. Pakking: Til slutt blir den frosne fisken pakket og merket i henhold til spesifikasjonene. Dette inkluderer vanligvis emballasje i kartonger eller poser, samt påføring av etiketter med informasjon om fisken, som for eksempel art, vekt, produksjonsdato og holdbarhetsdato.
9. Lagring: Den ferdig fryst og pakkede fisken senkes ned i fryserommet der den lagres til den losses i havn.
10. Ensilasje: Avkapp og andre deler av fisken som ikke fryses, men som inneholder næring og som kan prosesseres og brukes blir lagret i egne tanker.



Figur 2.3: Illustrasjon av en moderne fabrikkssystem

3 Forlenging

Grunner for å forlenge et fartøy kan være endring i fiskekvoten, miljøkrav eller effektivisering. Under Covid-19 pandemien var det for eksempel vanskelig å få tak i arbeidskraft og man så et behov for automatisering og effektivisering av fabrikktrålere [20]. Da kan det være hensiktsmessig å fornye, utvide og optimalisere fabrikken ombord, men trenger da mer areal. En forlenging kan da være et godt alternativ.

Fartøyet som forlenges, må gjennom en reklassifisering og ny godkjenning for å sikre at fartøyet overholder gjeldende regelverk [21]. Klassifiseringen gjennomføres vanligvis av et klassifiseringsselskap. I denne oppgaven skal regelverket til klassifiseringsselskapet Det Norske Veritas (DNV) følges. Ved å følge DNV sitt retningslinjer vil fartøyet oppfylle de nødvendige kravene for sikkerhet og miljøhensyn som kreves for godkjenning. Klassenotasjonen, som vist i tabell 2.1 legger føringer for hvilke regler som gjelder.

Skroget til et fartøy er designet for å dekke et behov med best mulig utforming [22]. Ved forlenging av et fartøy, er det som oftest enklest og best å forlenge skroget der det er tykkest og mest firkantformet. Da unngår man at skipet mister mye av sine hydrodynamiske egenskaper, og prosessen blir mindre kompleks da formen er mer lekter formet.

3.1 Rederikrav

Vesttind sin lengde L_{OA} skal i hendhold til GA forlenges med 10.8 meter. Forlengingen skal inkludere ensilasjetanker for oppbevaring av råstoff.

Fabrikktrålere som fabrikkerer fisk og annet sjømat får reststoffer etter prosessen. For å utnytte seg av fisken og kvoten en fabrikktråler har, kan man utnytte råstoffet som ikke ble fryst ned til ferdig produkt [23]. Råstoff i en ensilasjetank kan bestå av fiskehode, skinn og lignende [24].

3.2 Krav for godkjenning

For å få klassegodkjenning fra DNV må skipet gjennom en godkjenningsprosess. Selv om skipet tidligere har tilfredsstilt kravene for klassegodkjenningen, må skipet godkjennes på nytt etter dagens regler når man bygger om. Dette gjelder alle skip når man utfører modifikasjoner på lengden. Ombygging av eksisterende skip er beskrevet i "Convention of ships", DNV-CG-0156 som er en klasse veiledning fra DNV.

Conversion of a vessel shall in general comply with the current rules. [21]

Lengthening of a vessel is always regarded as a conversion with regard to strength. This means that the current rules apply with respect to local and global

strength. [21]

Dette kan skape en rekke komplikasjoner for et fartøy som skal forlenges. For eksempel er kravene for minimumstykkelse direkte avhengige av lengden på skipet som er uttrykt i formel 5.4. Hvis man ser på skipet som en bjelke og lastene som en jevnt fordelt last, kan det maksimale opptredende momentet uttrykkes med formel 3.1 for et α -elementært tilfellet.

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8} \quad (3.1)$$

Når et fartøy forlenges, øker også avstanden fra kraften til massesenteret, og skrogbjelken belastes med et større moment. Dette er på grunn av at det maksimalt oppredende momentet øker kvadratisk med lengden. Hvis lengden til et fartøy øker med 20% vil momentet øke med 44%. For at fartøyet skal tåle denne endringen må skrogbjelken allerede ha et overskudd av treghetsmoment.

DNV sitt minimums treghetsmoment ved midtskip.DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.5 Hull girder strength- 1. Hull girder moment of inertia er vist i formel 3.1. En økning av lengden på 20% vil føre til en økning i treghetsmomentet på 44%, på grunn av at lengden kvadreres.

$$Z_{(R-gr)} = k \left(\frac{1 + f_r}{2} \right) C_{(W0)} L^2 B (C_B + 0.7 \times 10^{-6}) \quad (3.1)$$

3.3 Klassenotasjon for fiskebåt

I DNV sitt regelverk er det egne regler og krav for fiskebåter og hekktrålere. I klasseveiledningen for Convention of ships kan det bli gitt reduserte minimumskrav for fiskebåter [25].

Deletion of class notations, e.g. Fishing vessel, Supply vessel or Offshore service vessel(+), may reduce the minimum requirements”

3.4 Motor

Når et fartøy forlenges øker deplasementet til fartøyet og da kan det være behov for større motor eller hjelpemotorer for å levere ønsket effekt. Effekten fra motoren inngår i flere utregninger, og har innvirkning på klassenotasjonene som omhandler is.

3.5 Styringskjøl, dockinplan og dekk

Hvis et fartøy som skal forlenges har styringskjøl og rette horisontale dekk, kan dette by på utfordringer. Med en ny innsatt del vil dekket ikke ha kontinuerlig helling slik

som den hadde før. Dette kan skape problemer når man skal forlenge et eksterne fartøy. I en forlenging har man i hovedsak to mulige løsninger: ha litt helling/ujevn stigning i dekkene eller lage et step”. Et step vil føre til en diskontinuitet i dekket og vil skape en spenningskonsentrasjon i selve steppet [5].

Noen redere har ønske om da beholde en lik dekkhøyde på grunn av installasjoner og arbeidsoppgaver. Hvis man ønsker å beholde horisontalt rette dekk, er man nødt til å lage en ny og detaljert dockingplan. Dette må gjøres for å forsikre seg om at alle dockingplatene får den spenningsbelastningen de skal ha. Hvis ikke man har riktig vektfordeling i dockinplan kan dette føre til varige skader og deformasjoner [5].

3.6 Spanteavstand

Spanteavstanden brukes for å beskrive avstivingavstanden til huden på et skip. Avstanden mellom hver spant varierer fra skip til skip, men ligger normalt mellom 500mm og 800mm[26]. På tegninger av skip (GA) plasseres spantelinjalen under skipet når man ser det i profil, og senterlinjen i dekkene. Da henviser en til et spesifikt sted i skipet ved å bruke nummeret på spanten, ikke lengden i meter.

Når man setter inn en ny del og forlenger et skip, endres ikke nummereringen av spantene. Spantene til det originale skipet beholder sin nummerering. Det settes i stede inn en ny del i spantelinjalen hvor man ikke bruker tall for å beskrive spanten med bokstaver A-Z. Dermed unngår man forvirringer med henvisning til et spant. Vesttind er forlenget med 10.8 meter og 18 spant, A-R. I Nauticus Hull er det ikke mulig å gi spant bokstaver, og vil dermed ha en annen henvisning enn i GA. Henvisning til innsatt del i NH mellom A-R blir da ikke #G, men #49 inne i NH.

3.7 Kollisjonsskott

Plasseringen til et kollisjonsskott har en direkte sammenheng med lengden til skipet og kan få konsekvenser i en foreningsprosessen. Et kollisjonsskott er et skott med større krav til plater og sterk struktur, som skal tåle en høye belastning enn resten av skroget. Den må være mer enn 5 prosent av skipslengden eller 10 meter i følge SOLAS.

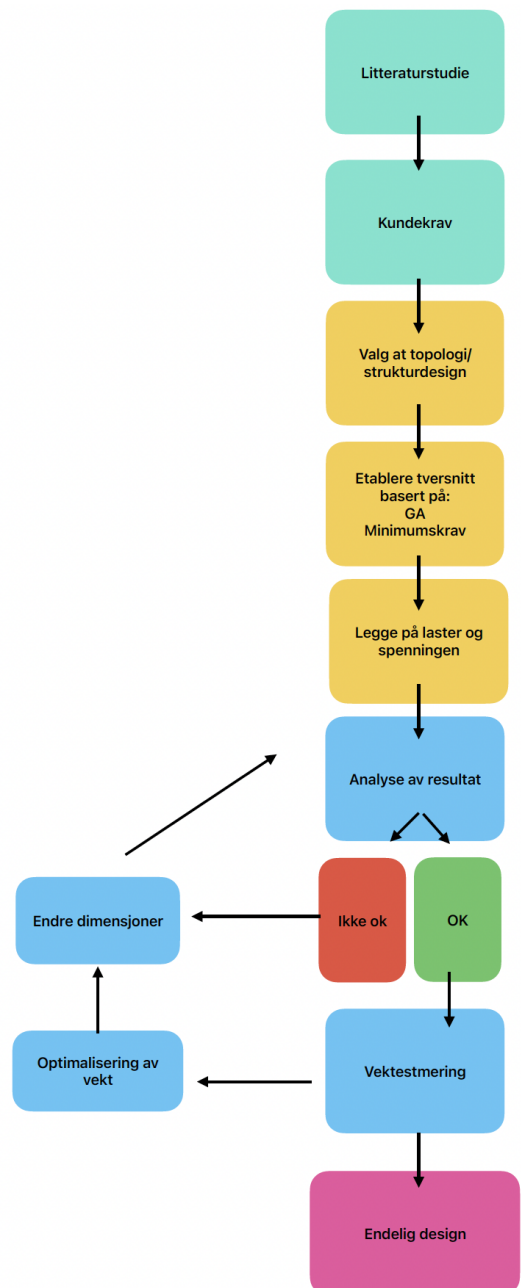
4 Metode

Den vanligste metoden for å designe skip er å ta i bruk designspiralen, som er en repetitiv og robust designmetode for å produsere et design. Forlenging av båt gjør det utfordrende å følge alle punktene i den originale designspiralen, fordi man allerede har et eksisterende fartøy. Da kan man ikke endre på hoveddimensjonene og gjøre empiriske antagelser, men må jobbe ut ifra det eksisterende fartøyet og krav fra reder.

Det ble etablert en tilpasset designmetode. Metoden starter med en litteraturstudier, hvor moderne frysetrålere og forlenging av fartøy blir studert. Videre ble kunden sine ønsker og krav studert. Topologien og strukturdesignet ble bestemt ut i fra kundekravene og det eksisterende fartøyet. Designet av struktur starter med å etablere et tverrsnitt som baserer seg på GA og strukturelementene blir satt til minimumstykkelsene.

Når tverrsnitt er etablert blir det definerer påkjenninger og laster til tverrsnittet. Gjennomfører beregninger og simuleringer for å sjekke at strukturen er dimensjonert tilstrekkelig og i henhold til regelverket. Analyserer resultatet av beregningene, hvis det ikke er tilstrekkelig struktur må dimensjonene endres før det gjøres nye beregninger og analyse.

Når strukturen er tilstrekkelig blir det dannet et vektestimater for stålvekten. For å oppnå mest mulig effektivt bruk av materiale er det gunstig å vekt optimalisere samtidig som man opprettholder tilstrekkelig med styrke. Ved oppnådd ønsket vekt kan man ende opp med endelig design.



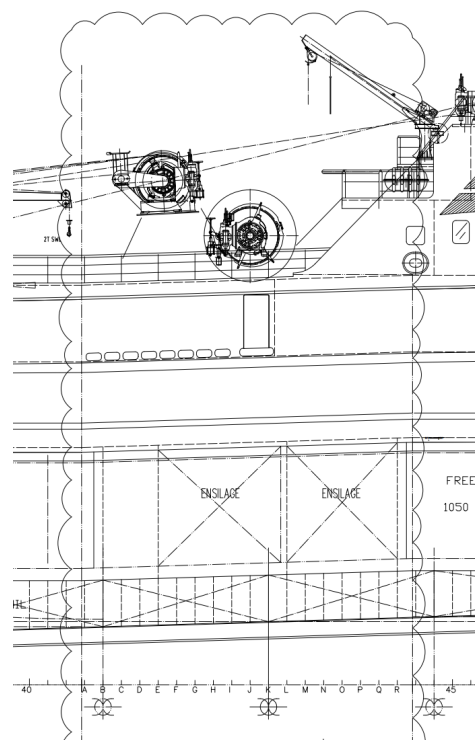
Figur 4.1: Illustrasjon av metode

Det ble valgt å modellere #G (#49) som er midtskips, på grunn av ensilasjetankene og åpningen som befinner seg her. Dette snittet er en del av den nye forlengede delen. Tankene som er integrert har strengere krav til korrosjonsbeskyttelse og må tåle et større trykk enn for eksempel et dry space”. Dører og åpninger danner spenningskygger påvirker arealet for gjeldende struktur.

4.1 Etablering av tverrsnittet

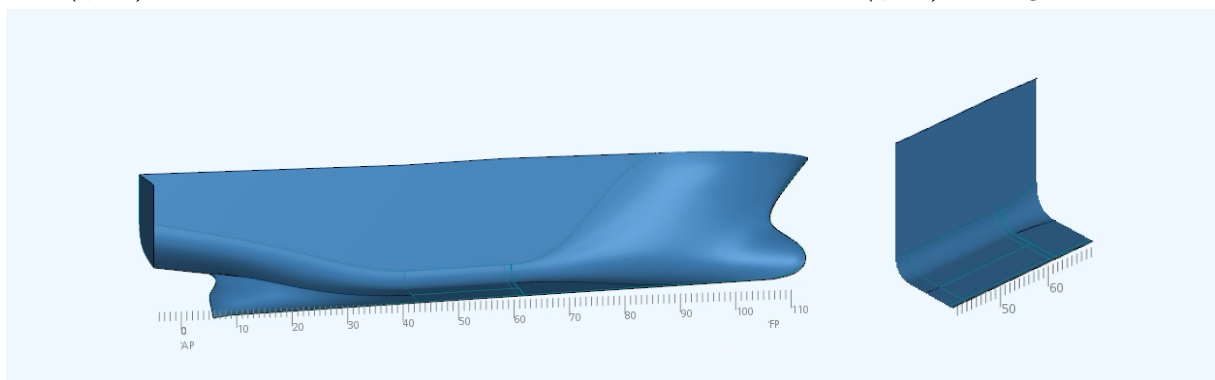
GA og 3D-modell av skroget til Vesttind var forlenget, derav var designet fastsatt. Oppgaven vil da gå ut fra å designe og dimensjonere strukturdesignet til den innsatte delen til skroget.

Innledningsvis undersøkes GA og målte verdier til shipdata i Nauticus Hull. Dette er lagt ved i vedlegg G.1. Videre ble 3D-modellen importert til Nauticus Hull og resterende shipdata ble lagt inn. Minimums dypgangen ble antatt å være 3.0 meter. Skipets klassenotasjoner slik som for eksempel ICA-1A* ble definert.



Figur 4.2: Illustrasjon av den innsatte delen

(4.3a) 3D modellen i NH



Formen for snittet ble tegnet ved hjelp av NH verktøyene: resources og snipping-tool i importert 3D-modellen. Slik kan man kopiere skrogformen og danne et formkorrekt tverrsnitt.

5 Strukturdesign

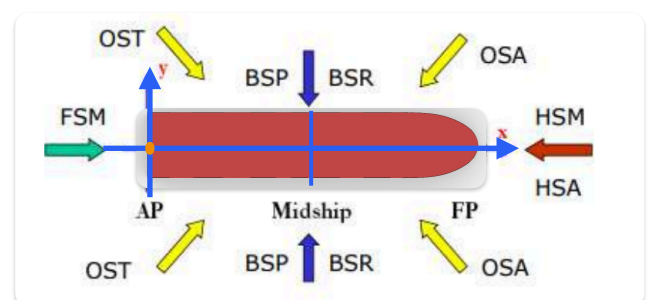
Hovedfokuset i denne oppgaven er strukturdesign. En sentral del av skipsdesign er strukturdesign, som handler om å designes gode strukturelle fartøy samtidig som man tar flere miljø, kunde ønsker og strukturmessige hensyn. Optimalisering av skipsstyrken fører til mindre materialbruk og derav lavere byggekostnad og vekt, samtidig som det blir mer miljøvennlig. Det er viktig at fartøy har et godt strukturdesign, slik at det tåler belastningen som det blitt utsatt for som for eksempel laster, bølger, vær og vind.

5.1 Laster

Et fartøy sine strukturelle elementer utsettes for en av rekke forskjellige typer påkjenninger og laster. Lastene kan deles inn i to hovedkategorier: globale og lokale laster. Lokale laster er påkjenninger slik som gravitasjonskrefter, hydrodynamiske, hydrostatiske, dynamiske og slagkrefter. Mens globale laster er påkjenninger som virker langs hele skrogbjelken slik som aksiale krefter; hogging og sagging og skjærkrefter. Påkjenningene har alle hver sin forskjellige påvirkninger på fartøyets struktur og alle må tas hensyn til. Gravitasjonskreftene påvirker vekten av strukturelle elementer, last, ballast og vekten fra de forskjellige systemene ombord. Mens hydrodynamiske og hydrostatiske krefter er ansvarlige for å opprettholde skipets flyteeve og skal tåle trykket under forskjellige forhold som rolig sjø og under bølgebevegelser[27][28].

Bølgelaster

Bølgelaster kan regnes om energien som bølger bærer med seg. Dette kan beregnes med hjelp av differensialligninger og blir ofte gjort i simuleringer[29]. For å beregne bølgelaster brukes det i denne oppgaven dataprogrammet til DNV :Nautics Hull. Her blir skrogets stryke testet med forskjellige dypganger, laster og bølgelaster slik som det blir beskrevet i regelverket ;Pt.3 Ch.4.Sec.2.



Figur 5.1: Bølgelaster fra DNV

Nauticus Hull gjennomfører

da flere utregninger og simuleringer for forskjellige bølgelaster i henhold til regelverket og krav. Basert på resultatet av simuleringen kan man se hvilke laster og kondisjoner som er dimensjonerende og i hvilken grad.

Statiske laster

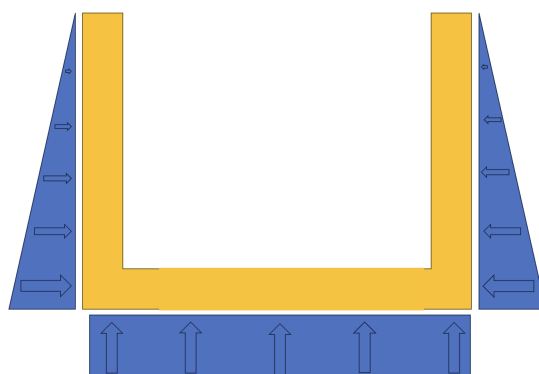
Statiske laster påføres til det hydrostatiske trykket. Disse lastene er avhengige av skipets dimensjoner som er; lengde, bredde og dypgang. Typiske statiske laster inkluderer lettskipsvekt, vekt og vektfordeling av last og indre trykk fra tanker. Det hydrostatiske trykket deles inn i gravitasjonskrefter og oppdriftskrefter. Oppdriften til fartøyet er avhengig av deplasementet og fører til en ujevn fordeling av krefter langs skrogbjelken. Gravitasjonskreftene er også ujevnt fordelt langs skrogbjelken på grunn av skipets fordelte oppdrift. Skrogbjelken må dimensjoneres for å tåle dette .

Dynamiske laster

Dynamiske laster oppstår som følge av fartøyets bevegelser og er et resultat av bølgelaster og motstand. Påvirkninger fra bølger og andre ytre faktorer som fartøyets skrog opplever i vann, kan føre til en samlet påkjenning som er betydelige og utgjøre en stor belastning. Disse lastene representerer energien som overføres fra bølger til skipet og de kan beregnes ved hjelp av differensialligninger og simuleringer. Verktøy som Nautics Hull benyttes for å evaluere skrogens styrke under ulike dybder, laster og bølgeforhold. Programmet sørger for at skipet overholder gjeldende regelverk og sikkerhetsstandarder.

Transiente laster

Transiente laster på et skip refererer til plutselige eller kortvarige belastninger. Dette kan oppstå på grunn av eksterne faktorer som kollisjon, slamming eller islast. For å motstå transiente laster effektivt må skipets struktur være designet for å absorbere og spre kreftene som oppstår som følge av disse hendelsene. Dette kan være å bruke materialer med egnede egenskaper som høy flytegrense og forsterking av skroget. Dette kan forbedre skipets motstand mot slike påkjenninger.



Figur 5.2: Hydrodynamisk trykk

I denne oppgaven defineres lastene som skroget dimensjoneres etter anbefalte lastekondisjonen i NH. Her blir det etablert to lastekondisjoner: Full last med dypgang

på 5.75 meter og ballast med en dypgang på 3 meter. Videre blir det lagt inn dekkslast basert på GA valgt ved i Vedlegg V.

5.2 Valg av topologi

Topologi er en samlebetegnelse for oppbyggingen av strukturen og innebærer sammensetningen av plater, stivere og bærere. Fartøyets topologi er avhengig av flere faktorer og legger føringer for hvordan strukturen bygges opp og avstives. Før forlengelsen hadde Vesttind en total lengde på 60.00 meter. Spanteavstanden var 600mm, dermed var det naturlig å velge lik spanteavstand.

Avstiving av Vesttind

Tverrskipsavstivning plasseres vinkelrett på skipets lengde og egner seg best til å motstå hydrostatiske og lokale belastninger. Dette gir mulighet for effektiv og tilpasset utnyttelse av plass. En av ulempene med tverrskips avstiving er at det er mindre effektive mot langskips bøyningsspenninger og bidrar til økt vekt. Derfor ser man sjeldent lange skip med tverrskips avstiving med unntak i isbeltet ved isforstekring [30]. Dette ligger rundt nøytralaksen og går ofte bra selv på større skip.

Langskipavstiving plasseres parallelt med skipets lengde og bidrar til treghetsmomentet i skrogbjelken. Denne avstivingen gir best motstand mot langskipsbøyningsspenninger, men kan gi utfordringer med tverrskips belastninger. For skip som er nær eller over 120 meter i lengde, anbefales det å bruke langskips avstiving [31]. Generelt vil skip som er mer en 70 meter egne seg best med langskipsavstiving for å forhindre buling og knekking [32]. Valget mellom langskips og tverrskipsavstiving avhenger av faktorer som skipets størrelse, bruksområder og strukturelle krav [30]. Det er ikke uvanlig å bruke en kombinasjon mellom tverr- og langskipsavstiving slik at man kan spesialtilpasse, men at det velges en hovedretning.

På grunn av Vesttind sin korte lengde og ønske om effektiv lastplassering vil det være hensiktsmessig å velge tverrskipsavstiving som hovedform for avstiving. Med antagelse om at Vesttind var avstivet tverrskips før forlengelsen vil det være også naturlig å fortsette med samme prinsipp. På grunn av de store og åpne dekkene og rommene om bord vil tverrskipsavstiving med noe langskips avstiving være hensiktsmessig. Styrkedekket blir langskipsavstivet for å bidra skipsstryken. Dermed vil en avstand mellom langskipsstiverene på 600mm og en avstand mellom tverrskipsstiverene på 600 mm, med langskipsavstiving på 600 millimeter er et utgangspunkt for videre arbeid.

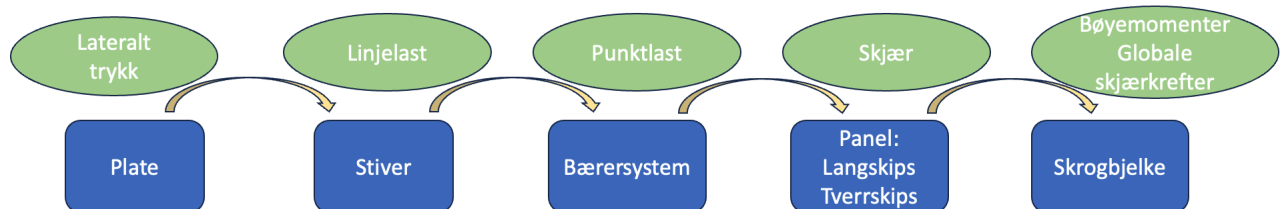
Platefeltene avgjør hvor mye spenningen som hver bærer blir utsatt for. Avstanden mellom bærerrammene er typisk 3-4 spant i korte skip. Derfor ble det valgt en mellom

bærerrammene på 2400 mm eller hver 4 spant.

5.3 Kraftgangen

Kraftgangen er fundamentet til strukturdesign av et fartøy. Dette er prinsippene om hvordan de forskjellige strukturelle delene av fartøyet er satt sammen for å håndtere påkjenningene de utsettes for. Slik som for eksempel: hydrostatisk trykk, bølger, vind, last og vekten av fartøyets utstyr og systemer [32].

Oppdriftskreftene virker på skroget og mot bunnplaten i skroget som tilsammen utgjør huden til fartøyet. Dette skaper et lateralt trykk på platene sammen med dekkslastene. Disse kreftene videreføres som linjelast på stiverne. Stiverene som er plassert tverrskips eller langskips, viderefører kreftene som punktlaster til bærende elementer som bærere eller bunnstokkene[32]. Deretter overfører bærende elementer reaksjonskreftene fra skjærlastene til sidepanelene. Hvis de vertikale reaksjonskreftene ikke blir utlignet av korresponderende vertikale dekkslaster i samme lengderetning vil dette resultere i en kraftubalanse. Denne ubalansen fører til at globale skjærkrefter og bøyemomenter oppstår i skrogbjelken [32]. Samtidig er bærende strukturer som kjølen og kjøllinjen ansvarlige for å overføre skipets vekt og belastninger til vannet.

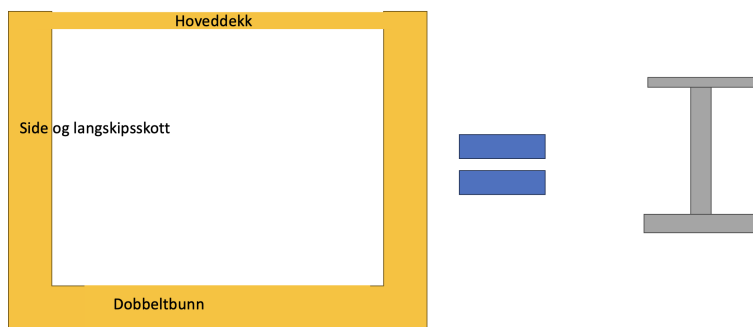


Figur 5.3: Eksempel av kraftgangen

5.4 Skrogbjelken

Skipsstyrken blir utsatt for en rekke ulike belastninger og påkjenninger. Skroget og skipsstyrken må tåle disse påkjenningene uten å få varige skader eller sette liv i fare [28].

Sentralt i styrkeberegning av skip er skrogbjelken. En forenklet måte å se på oppbyggingen av skroget og skipsstyrken som en bjelke. Skrogbjelken brukes i beregninger som omhandler de skiftende kreftene som påvirker skipet langskips [28]. De skiftende kreftene oppstår som et resultat av fordelingen av oppdrift og last. Skrogbjelken består av tre elementer slik om en I-bjelke. Hvor hoveddekket utgjør toppflensen, dobbeltbunnen utgjør bunnflensen og sidene og skutetidene utgjør steget [33].



Figur 5.4: Skrogbjelken

5.5 Strukturfilosofi

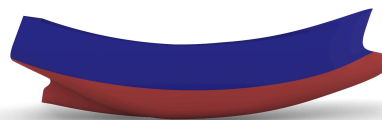
I denne oppgaven har reder ikke kommet med spesifikke data eller ønsker om hvilke lastekondisjoner og påkjenninger båten skal designes etter. For å danne et strukturdesign blir DNV sine anbefalte regelverdier for minimumslaster brukt for globale laster. Da er det største teoretiske momentet som blir dimensjonerende for den globale styrkenlang skipsstyrken.

5.5.1 Global langskipsstyrke

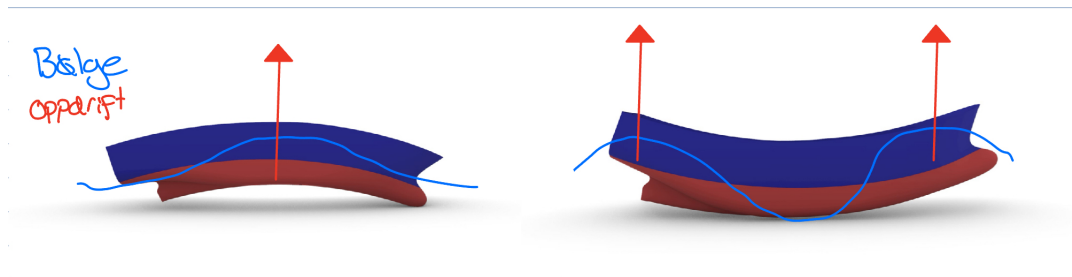
Hogging er en tilstand hvor det forekommer trykkspenninger i bunnstruktur og strekkspenninger i dekk. Dette oppstår som et resultat økt oppdrift midtskips og redusert oppdrift akter og forut. Sagging fører til trykkspenninger i dekket og strekkspenninger i bunnstruktur på grunn av økt oppdrift akter og forut, mens det er redusert oppdrift midtskips [28]. Disse kondisjonen kan oppstå på grunn av lastfordeling, bølgepåvirkning eller andre faktorer som endrer fordelingen av oppdrift. Det er viktig å sjekke spenninger i disse kondisjonene da det vanligvis er da maksimal spenning og maks moment oppstår.



Figur 5.5: Illustrasjon av hogging



Figur 5.6: Illustrasjon av sagging



Figur 5.7: Hogging og sagging som følge av bølge

5.5.2 Lokal styrke

Lokal styrke er skrogets styrke mellom hver tverrramme. Her er det de lokale lastene og påkjenningene mellom to tverrrammer som blir dimensjonerende. Sjøvanntrykket og de lokale lastene inne i skipet utgjør belastningen på tverrrammen. Plate og stivere bergenes etter formler i regelverket Pt3.Ch6. Bærere bør beregnes i 3D-beam eller tilsvarende bjelkeprogram. 3D-beam er et bjelkeprogram hvor det modelleres tverrsamme og dekkbærere. Dette programmet gjør det mulig å sjekke integrasjonen mellom flere bærere med forskjellige randbetingelser.

5.6 Minimumstykkelser

Etablering av struktur starter med å beregne minimumstykkelsene. Uavhengig av optimaliserte tykkelser og materialbruk for å oppnå stort nok treghetsmoment og styrke i plater og stivere, finnes det minimumstykkelser. Dette er for å forsikre seg om at skipet faktisk tåler påkjenningen det kan bli utsatt for og baserer seg på empiri. Mange av kravene skal sikre skipsstyrken over tid, også etter korrosjon i livsløpet.

Når man etablerer et tverrsnitt i NH er det viktig å definere de forskjellige elementene med riktig posisjonskode og tankinnhold, slik at en får riktige tykkelser og korrosjonstillegg. Basert på DNV sitt egnede regelverk og retningslinjer DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.6.Sec3 er formelen for minimumstykkelser styrkeelementene i tverrsnittet definert slik som vist i formel 5.4 [34].

$$t = a + bL_2\sqrt{k} \quad (5.4)$$

Hvor a og b begge er koeffisienter hentet fra tabell i Vedlegg I i DNV sitt regelverk for minimums tykkelse Pt.6.Ch.6.Sec.3. De er avhengig av hvilken posisjon til hvert element og innhold i omliggende struktur. K er materialfaktoren, i dette tilfellet er dette 0.72 for høyfast stål V-36 .

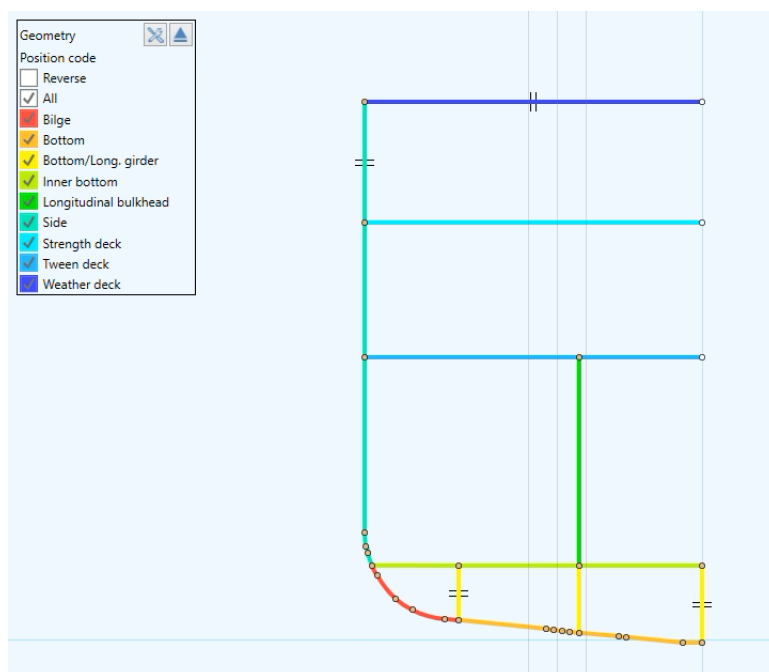
Vesttind sin notasjon Stern Trwaler har egne minimumstykkelser for for hver del av skipet. Dette gir økt slitestyrke og styrke blant annet i trålhekken. For skroget og strukturen vil minimumstykkelsen som står i DNV-RU-SHIP Pt.5 Ch.12[35]: Local scantling for notation Stern Trawlwer gjelde slik som vist i formel 5.5 eller minimumstykkelsen på 8.5mm [35].

The net thickness, in mm, of bottom and side shell plating up to a height 2 m above loaded waterline shall not be less than:

$$t = \min \left\{ (4 + 0.04L) \cdot \sqrt{k} + 0.5; 8.5 \right\} \quad (5.5)$$

5.6.1 Korrosjonstillegg

Minimumstykkelseskravet tar ikke hensyn til korrosjon og dette kommer som et eget tillegg. Korrosjonstillegget tar høyde for framtidig korrosjon og brukes som en sikkerhet over tid. DNV sitt regelverket har korrosjonstillegg bassert på hvor utsatt et element er for korrosjon og bruker plassering for å bestemme korrosjonstillegg. Sentralt er da elementkoden til ulike elementer, slik at korrosjonstillegg blir riktig i henhold til definisjonen i regelverket. Dette er listet i tabell i Vedlegg J. Intensjonelle elementkoder er illustrert i figur 5.8



Figur 5.8: Intensjonell posisjonskode

5.7 Konstruksjonsmateriale

Vesttind er høyest sannsynlig konstruert av stål. Stål er et naturlig valg av materiale når man skal lage fiskebåter på grunn av material egenskaper, vekt, tilgjengelighet og kostnader. Det

er rimelig å anta at Vesttind er laget av høyfast stål(V36). Selv om høyfast stål er dyrere enn vanlig stål, kan man anta dette på grunn av stålet ikke står for den største kostanden i korte fiskebåter sammenlignet med kostandene for dyr utrustning slik som maskineri, systemer og utstyr.

5.8 Isklasse

Vesttinds har klassenotasjonene: ICE-1C sitt skrog har isklasse ICE-1A*. ICE-1C setter krav til navigasjon, struktur og propulsjonssystem, men ICE-1A* setter strengere krav til styrken i skroget. Det betyr at skroget er designet i tråd med reglende DNV-RU-SHIP Pt.6 Ch.6 Cold climate for klassenotasjonen ICE-1A*. Isklassen til skroget gir strengere krav til tykkelser og styrke. Dette vil være spesielt viktig i arealet som er i vannlinjen. Kravene for en slik notasjon setter føringer om at skal være ekstra tykkelse på hudplatene en gitt avstand over og under høyeste og laveste dypgang. Det er dette området som blir kalt isbelte. For å dimensjonere isbeltet ble det først etablert med minimumstykkelser, før det ble optimalisert med en stringer inne i NH.

Tabell 5.1: Klasenotasjon ICE-1A*

Klassenotasjon	ICE-1A*
Formål og bruk	Skip ment for navigasjon i isbelagt farvann. Vanligvis i stand til å navigere under vanskelige isforhold uten assistanse fra isbrytere
Anvendesle	Konstruert i henhold til baltiske isregler (1A Super). Istykkelse opp til 1,0 meter

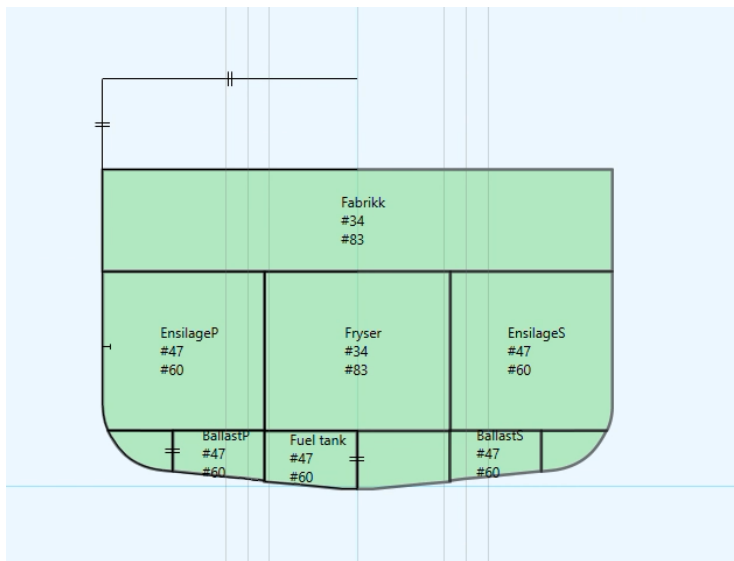
5.9 Tanker

Tverrsnittet som modelleres inneholder tre forskjellige tanker med ulikt innhold. Innholdet er definert slik at tanken får korrekt korrosjonstillegg. Tankene må være konstruert for å tåle det indre trykket ved fylling og eventuelt overfylling. Hvis en tank fylles helt opp vil trykket være størst i bunn slik som illustrert i figur 5.9b. Løftehøyden til tankene er satt til 760 mm over hoveddekk som i dette tilfellet er styrkedekket og samlet gir en lufterørshøyde på 9460mm. Hvis tanken overfylles vil trykket ved en bestemt høyde z i tanken kunne uttrykkes av formel 5.3. Formelen fra DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.4 bruker h_{air} som er lufterørshøyden og er en faktor i uttrykket[36].

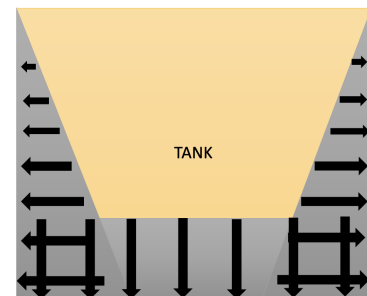
$$P_{ls-4} = \rho g(z_{\text{top}} - z + h_{\text{air}}) + P_{\text{drop-2}} \quad (5.1)$$

Hvor z_{top} er toppen av tanken, z er høyden hvor tanken starter, h_{air} er lufterørshøyden og $P_{\text{drop-2}}$ er bestemt av intensjonelt bruk se tabell i Vedlegg Q

Detaljert inndeling av skipet er illustrert i Vedlegg M.1a og M.1b og inndelingen til tversnittet er illustrert i Vedlegg 5.9a



(5.9a) Inndeling av tversnittet



(5.9b) Illustrasjon av hvordan trykket er inne i en gitt tank

For å sikre at ballasttanken kan fylles til sin maksimale kapasitet uten å påføre for høyt trykk er det viktig at tanken er dimensjonert og plassert hensiktsmessig i forhold til løftehøyde og trykket som kan oppstå. Dette kan bety at lufterøret må tillate at tanken fylles helt til toppen, samtidig som det hindrer overtrykk som kan være skadelig for strukturen i fartøyet og innenfor det tankene er dimensjoner for. Trykket følger prinsippene til Bernoulli som uttrykket i formel 5.2 og er uttrykket mer presist i formel 5.3 [37]

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (5.2)$$

$$P_{\text{bunn}} = P_{\text{atm}} + \rho g h_{\text{høyden til vannet over tankbunnen}} \quad (5.3)$$

For en ballast tank fylt ved vann og hvor hastigheten til væsken er neglisjerbar kan uttrykket forenkles lik trykket ved bunnen av tanken gitt i formel 5.3

5.10 Beregning av global langskipsstyrke

Global styrke beregnes som nevnt tidligere ved hjelp av Nauticus Hull som er programvare fra DNV. Nauticus hull analyserer den globale styrken ved å beregne spenninger basert på

fordelingen av vekter og endring i oppdriftsfordelingen [29]. NH gjør det mulig å ta med integrasjonen mellom alle elementene i beregningene.

Beregningene går gjennom trykk-og strekkspenninger i både hogging-og saggingkondisjoner før det analyseres. I tillegg beregnes og analyseres skroget for torsjon. Programmet gjør det mulig å beregne treghetsmoment til et modellert tverrsnitt opp i mot DNV sitt regelverk DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.4. Global langskipsstyrke skal i denne oppgaven ta utgangspunkt i DNV sine anbefalte verdier som vist i Vedlegg F.1 og E.1. De kritiske lastene som skal sjekkes kondisjonene der skipet er i maksmal hogging og sagging. De maksimale globale momentene blir da følgende [38]:

$$\text{Hogging} \quad M_{\text{tot,Hog}} = M_{\text{sw,Hog}} + M_{\text{w,Hog}} \quad (5.4)$$

$$\text{Sagging} \quad M_{\text{tot,Sag}} = M_{\text{sw,Sag}} + M_{\text{w,Sag}} \quad (5.5)$$

Tabell 5.2: Maksimale momenter midtskips

Bøyemomenter			
Hogging		Sagging	
Moment	kN/m	Moment	kN/m
Stille vann minimum	33 420	Stille vann minimum	-22 824
Bølge minimum	41 842	Bølge minimum	-48 410
Total	75 262		-71 234

5.10.1 Bulekontroll

Som et resultat av langskipsspenningene kan det oppstå buling. Dette kan kontrolleres for topp og bunn platene, hvor spenningene er størst. Hvis det oppstår buling vil det være behov for tykkere plater, smalere stiveravstand eller ekstra bulestivere i platefeltene for å få ned spenningen. Eulerspenningen kan brukes som den kritiske spenningen [39]. Av tidsmessige årsaker, blir det i videre benyttet DNV sine dataprogrammer NH og 3D-beam for bulekontroll.

$$\sigma_{\text{EULER}} = C \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{s}\right)^2 \quad (5.6)$$

5.11 Beregninger lokalstyrke

Plater og stivere blir dimensjonert i henhold til minimumstykkelsen og regelverket for section scantlings. Bærersystemet blir dimensjonert for å tilfredsstille DNV sine anbefalte minimumslaster. Bærersystemer blir utsatt for statisk og dynamisk last og har et minimums treghetsmoment fra DNV-RU Pt.3 Ch.6.Sec.6: 2 Primary supporting members vist i formel 5.7 [40].

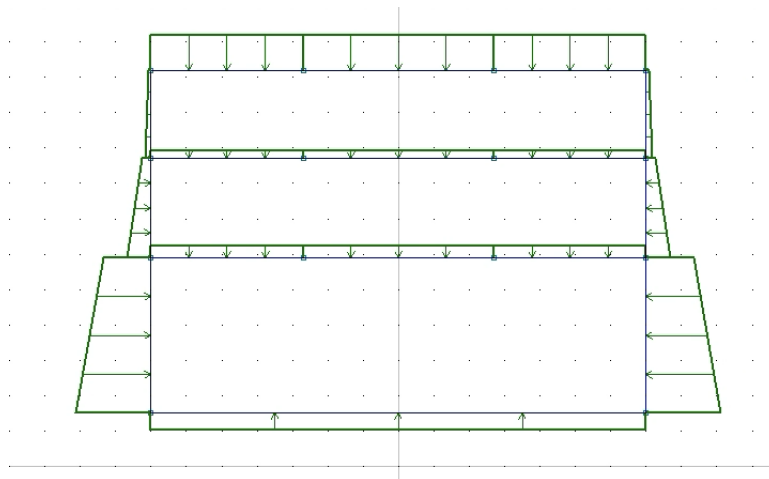
$$Z = 1000 \frac{|P| \cdot S \cdot (l_{bdg})^2}{f_{bdg} \cdot C_s \cdot R_{eH}} \quad (5.7)$$

Hvor P er last, S er bærerspenn i m, l_{bdg} er effektivt bøyespenn, f_{bdg} er bøyemomentfaktor hentes fra tabell i Vedlegg O.1, C_s er tillat spenningskoeffisient som i dette tilfellet er 0.85 og R_{eH} er flytegrensen til materialet.

Bjelkesystemet er etablert i henhold til tversnittet i spant #49 (#G). Rand betingelsene til bjelkene i ytre ramme er det samme som en fritt opplagt bjelke, mens bjelkene inne i rammen er fast innspent men fri til å rotere. Bjelkene har en lengde på 14 meter. I de øvre dekkene er det lagt inn noder med randbetingelser mot rotering i x og y retning for å simulere pilarene som støtte opp dekkene. Stiveravstanden i tanktopp er 0.6 meter, mens for øvrig struktur er spennet på 2.4 meter.

Bærersystemet blir utsatt for dynamiske- og statiske laster. De dynamiske lastene kommer fra bølgelaster og andre kondisjoner fra beregninger i NH. Designtrykk er vist i Vedlegg P. De statiske lastene er beregnet ut fra dekkslastene. Den resulterende design lasten kan da uttrykkes slik som i formel 5.8 [38].

$$P_{design} = P_{dynamisk} + P_{statisk} \quad (5.8)$$



Figur 5.10: Resulterende laster i 3D-Beam

Tabell 5.3: Design lastfordeling

Resulterende design laster	Start[kN/m]	Slutt[kN/m]	Last bredde[mm]
Skrogside plassering[mm]			
1500	43	43	600
1500-5700	-216	-137	2400
5700-8700	-69	-26	2400
8700-1200	-18	-7	2400
Dekk		Størrelse[kN/m]	Lastbredde [mm]
Tweendeck		-17	14000
Maindeck		-35	14000
Shelter deck		-23	14000
Forecastdeck		-102	14000

Tabell 5.4: Dekklast statistisk

Statiske dekk laster	Dekklast	Last[kN/m]
Tanktopp	2 t/m ²	12(Hvis last)
Tweendeck	1.5 t/m ²	35
Maindeck	1 t/m ²	23.5
Shelter deck	3 t/m ²	70.6

Startet med etablere et bærersystem, legge laster på og definere bjelkeprofiler basert på tykkelsen av dekkplatene og sideplatene. Når bjelken ikke var tilstrekkelig og fikk for høy spenning, ble det prøvd å øke tykkelsen på flensen. Dette er fordi endringer som blir gjort lengst vekk fra nøytraleksen vil gjøre størst endringen for treghetsmomentet. Dette er illustrert i formelen for annet-arealmoment, hvor man kan se at distansen fra nøytralaksen kvadreres [5.9](#)

$$I = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + A_1 \cdot d_1^2 + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + A_2 \cdot d_2^2 \quad (5.9)$$

5.12 Klassetegninger

Klassetegninger er tekniske tegninger som illustrerer detaljer for sturkuren i de forskjellige delene. Her skal det være enkelt å forstå størrelser og dimensjoner for strukturelementene som for eksempel plate, stiver og bærer. De tilhørende klassetegningene er basert på utregningen og topologivalgene som er blitt tatt. Informasjonen om hvert element skal være nevnt en gang, slik at man unngår duplikasjon av informasjon.

6 Vektestimering

Vektestimering er en essensiell del av skipsdesignprosessen [41]. Et godt og optimalisert vektestimater kan positivt påvirke stabiliteten, tyngdepunktet og kostnader. Dette er faktorer som reder og verft vil vite før de starter et prosjekt. For å få bedre oversikt deles skipet inn i forskjellige seksjoner [41]. Naturlig inndeling kan være skott, men i denne oppgaven skal det lages vektestimater for stålvekten til den innsatte delen. Areal og tyngdepunkt ble mål i AutoCad og Rhino.

Det ble etablerte to kvantitative vektestimeringer for den innsatte delen. Kvantitative estimeringsmetoder er der hver individuelle del av skipet blir inkludert og vektestimert. Metoden er tidkrevende da hver del blir tellt opp så detaljert det lar seg gjøre. Dette kan også kalles ”work breakdown structure” [42].

Den første gjennomførte vektestimeringen belager seg på mer generelle og empiriske vektestimater. Der brukes en erfaringsbasert platetykkelse for de forskjellige områdene og faktorer slik at vekten av sveiser, kabler og stivere blir inkludert. Faktorer og antagelse baserer seg på litteraturen til Schneekluth og Bertram [41]. Dette ble gjort for den innsatte delen.

Den andre vektestimeringen ble etablert etter tversnittet i NH. Stålvekten til av platene ble delt inn i fire hoveddeler; Ytre del av skroget, tanktopplater, sidepanelplater og dekkplater. På grunn av en hydrodynamisk utforming ble dataverktøyet Rhino 7 benyttet for å få mer presise målinger og beregninger av arealet til platene i skroget eksempel på dette er vist i Vedlegg L. Tverrskips- og langskips-stivere ble inkludert i vektestimateret. Derav ble det ikke tatt hensyn til vekten av stivere i faktorene. Stålplater er vanskelig å konstruere med millimeter presisjon og vil være tykkere enn den oppgitt tykkelsen. For å ta hensyn til større tykkelse enn forventet og sveis, blir det brukt en stålvekt på 0.8 tonn per kubikk og lagt til 25 % stålvekt av den totalt estimerte vekte . Detaljert vektestimater er i Vedlegg U

Valgte å ikke gå videre med det første vektestimateret da det kun var vekten av stålstrukturen det skulle dannes vektestimater for. Sammenlignet da det andre estimateret som baserte seg på tversnittet med stålvekter per meter fra NH illustrert i tabell 6.1. Det manuelt lagde estimater fikk 14% høyere stålvekt enn NH sine verdier. NH tar ikke hensyn til vekten av sveis eller avvik fra platetykkelse.

Tabell 6.1: Vektestimater sammendrag

	Total vekt
Manuelt estimat	120
NH verdier	105
Sammenligning	14%

6.1 Volumkoeffisient

Etableringen av en volum(vekt)koeffisient vil gi en indikasjon på hvordan vekten er i forhold volumet av den innsatte delen. Volumet av den innsatte delen er 2100 kubikkmeter. Denne koeffisienten kan brukes for lignende framtidige prosjekter som ønsker å få en indikasjon på forventer stålvekt. Endelig koeffisient for forlengingen av Vesttind blir da [6.1](#), omtrent 60 kg per kubikkmeter. Detaljert utregning er i Vedlegg [R](#)

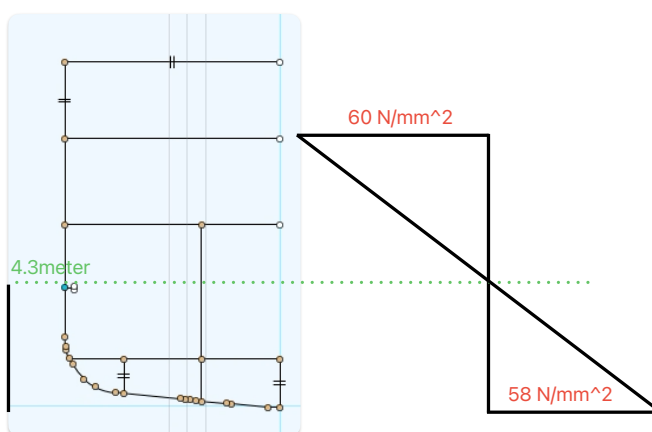
$$C_{\text{volum}} = 0.06$$

7 Resultat

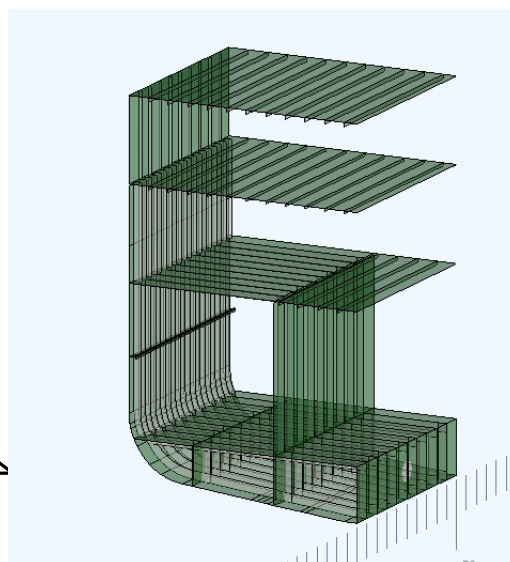
Strukturdesignet av den innsatte delen baserer seg på regelverket til DNV for skipets klassenotasjoner. Konstruksjonsmaterialet for alle strukturelementene er høyfast stål(V36) med en høyere flytegrense enn vanlig stål. Tverrsnittet som ble etablert er designet konservativt, da den tar hensyn kritiske elementer som for eksempel ensilasje tanker og spenningskygger.

7.1 Endelig strukturdesign

Den innsatte delen ble valgt tverrskipsavstivet med noe lang skipsavstiving der det er hensiktsmessig. Dette resulterte i en bærer avstand på 2400mm, avstand mellom langskipsstiveren på 600 mm, avstand mellom tverrskipsstiveren på 600mm og avstand på 300mm mellom tverrskipsstiverene i isbeltet med stinger.



Figur 7.1: Illustrasjon av nøytralaksen og spenninger til tverrsnittet



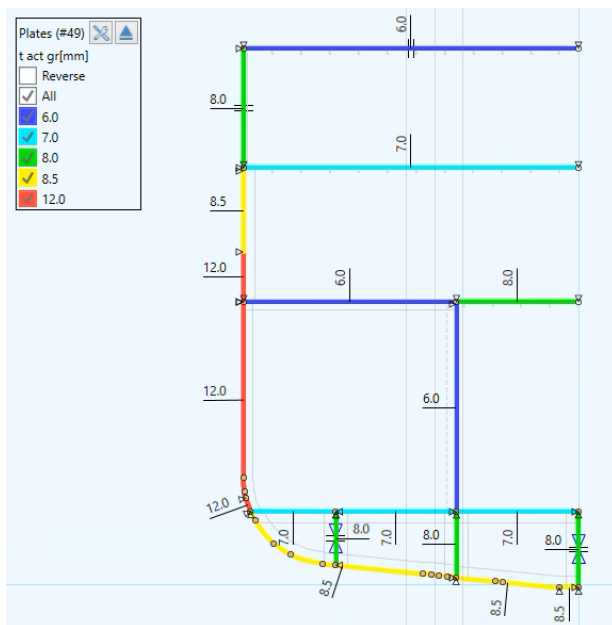
Figur 7.2: Illustrasjon av tverrsnittet i 3D fra NH

Plater

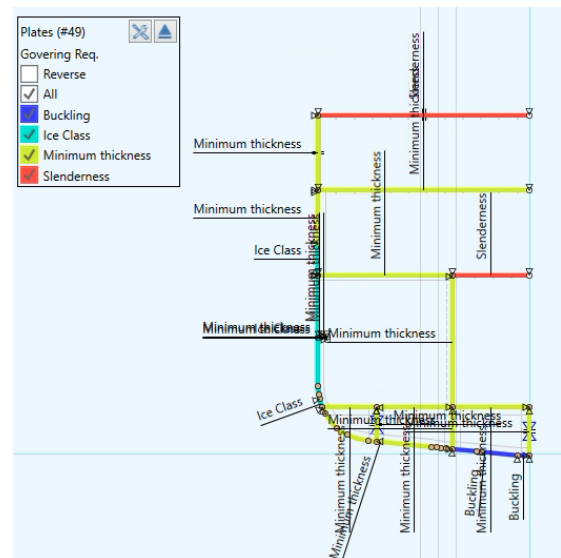
Endelig platetykkelser for tverrsnittet er vist i figur 7.3 og listet i tabell 7.1. Platene er dimensjonert etter regelverket hvor det minimustykkelse, isklasse, Stern Trawler, slenderness og buling som er dimensjonerende. Dette er visualisert i figur 7.4

Tabell 7.1: Platetykkelser

Plater			
Posisjon	t_{minimum} [mm]	t_{final} [mm]	Dimensjonerende
Dekk			
Tanktop inner	6.5	7	Minimumstykkelse
Tanktop middel	7	7	Minimumstykkelse
Tanktop outer	7	7	Minimumstykkelse
Main inner	6	8	Slenderness
Main outer	6	6	Minimumstykkelse
Forecastle	6.5	7	Minimumstykkelse
Shelterdeck	5.5	6	Slenderness
Sides			
Buttom inner	7	8	Minimumstykkelse
Buttom middel	7.5	8	Minimumstykkelse
Buttom outer	7.5	8	Minimumstykkelse
Ensilasje	5.5	6	Minimumstykkelse
Shell			
Bunn inner	7.5	8.5	Buling
Bunn outer	8	8.5	Buling
Icebelt-Main	12	12	Is klasse
Icebelt- Shelter deck	12	12	Is klasse
Shelter deck	8.5	8.5	Stern Trawler
Forecastle deck	7.5	8	Slenderness



Figur 7.3: Endelige platetykkelser



Figur 7.4: Dimensjonerende for plate.
Merk: Stern Tralwer er ikke med på grunn av begrensninger i NH

Stivere

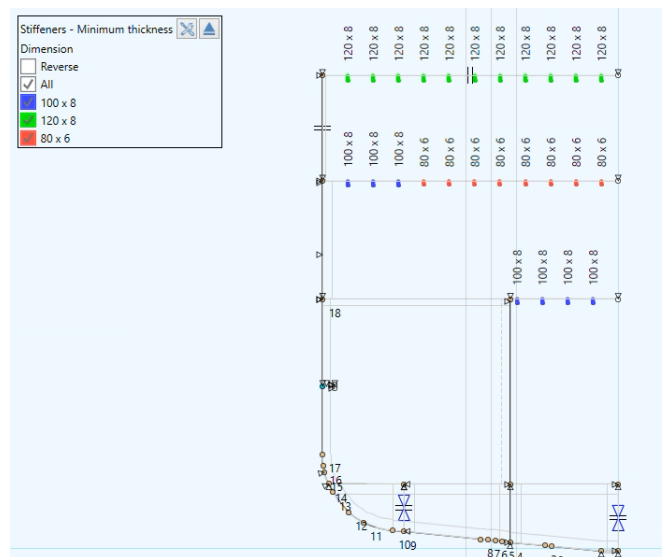
Tverrskipstiverene er av typen HB- Bulb og har en stiveravstand på 600mm, med unntak av isbeltet hvor det er en stiveravstand på 300mm.

Tabell 7.2: Tverrskipstivere

Posisjon	HP-bulb [mm]
Ensilage sides	200x9.0
Ensilage top	160x9.0
Shelter deck	240x11
Forecastle deck	80x8.0

Langskipsstivere

Langskipsstiverene er en HPbulb profil og har en avstand mellom seg på 600 mm. Det som er dimensjonerende for alle langskipsstiverene er minimumstykkelse.



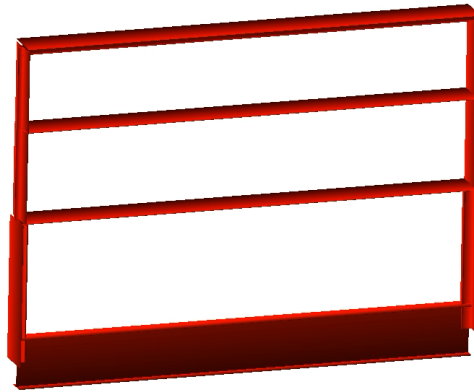
Figur 7.5: Dimensjonen til langskipsstiveren

Tabell 7.3: Oversikt over langskipsstiverene

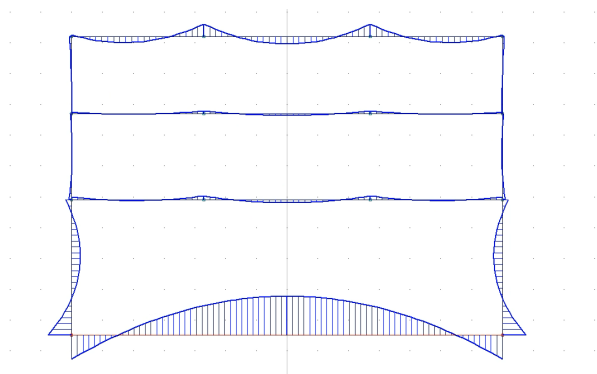
Posisjon	HP-bulb [mm]	Dimensjonerende
Freacastle deck	120x8.0	Yielding og minimumstykkelse
Shelter deck	100x8.0, 80x6.0	Yielding og minimumstykkelse
Main deck	100x8.0	Minimumstykkelse
Stringer	W:200x15/F:100x12	Is-trykk

Bærer

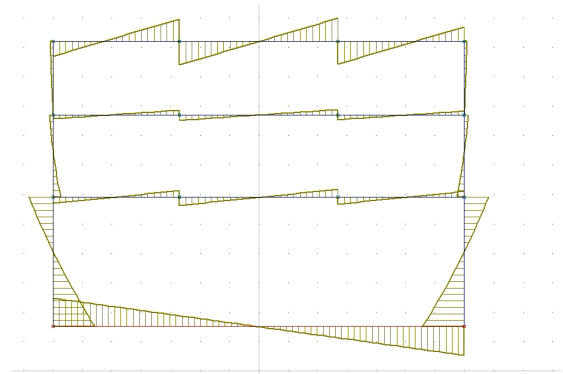
Bærersystemet er designet med bærereavstand på 2400mm. Dekksbærerene har lik dimensjon over hele spennet på 14 meter. Sidebærerene er dimensjonert slik at dimensjonen øker nedover. Dette er for å forhindre spenningskonsentrasjoner og opprettholde struktur som tåler skjærkrefter og moment. Alle bjelkene tilfredsstilte kraven til buling i 3D-beam.



Figur 7.6: Bærersystemet for en ramme i 3D-Beam



Figur 7.7: Opptredende moment i bærerstruktur



Figur 7.8: Opptredende skjærkrefter i bærerstruktur

Tabell 7.4: Bjelkeprofiler

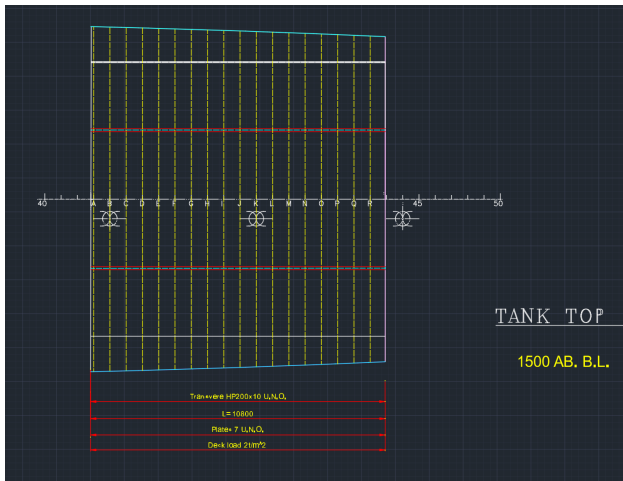
Bjærerprofiler						
Posisjon	Top flens		Steg		Bunn flens	
	h[mm]	t[mm]	h[mm]	t[mm]	h[mm]	t[mm]
Dobbelbunn	600	8.5	1500	8	600	9
Side sjø	2400	12	300	12	200	20
Main deck	2400	8	200	12	150	12
Main side	2400	18	150	10	100	10
Shelter deck	2400	7	150	10	100	12
Shelter side	2400	8	150	10	100	12
Forecastle deck	2400	6	250	10	150	15

Klassetegninger

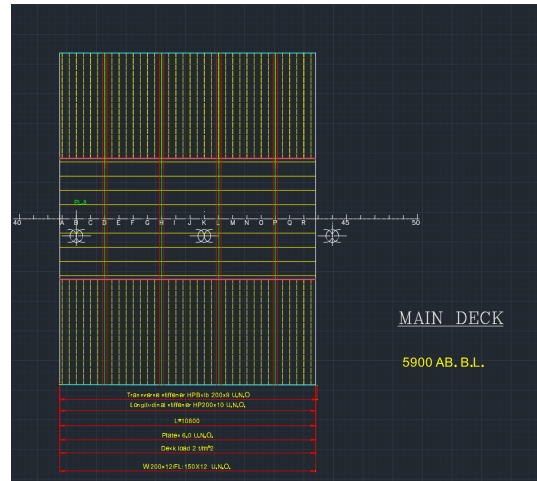
Klassetegningen skal vise all nødvendig informasjon om strukturen for den innsatte delen. Dimensjonen eller informasjonen om et strukturelement skal være nevnt én gang på klassetegningen. Utklipp fra AutoCad av klassetegningen for de forskjellige dekkene er illustrert i figurer [7.9a](#) [7.9b](#) [7.9c](#) [7.9d](#) Fullstendig klassetegning er lagt ved i Vedlegg [T](#)

7.2 Endelig vekt

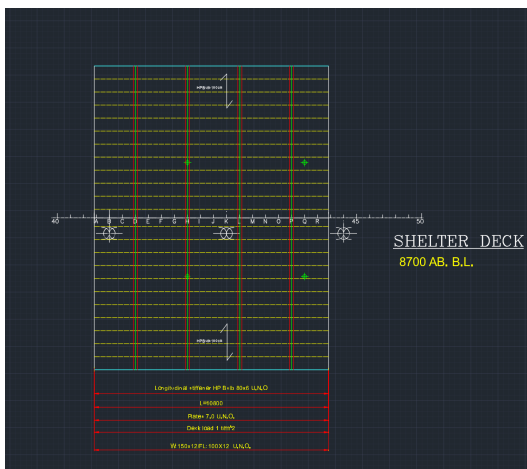
Etter vektoptimalisering og endring av dimensjoner ble vektestimatet oppdatert. Vektestimatet resulterte i stålvekt for hele den innsatte dele på 120 tonn^U, men en volum(vekt)koeffesient på $C_{\text{volum}} = 0.06$.



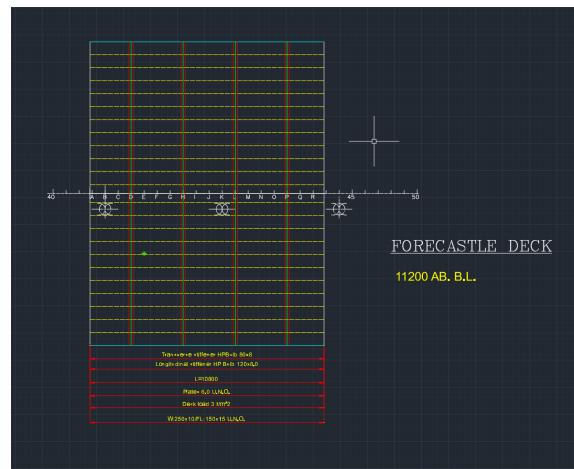
(7.9a) Oversikt tanktopp klassetegning



(7.9b) Oversikt Main deck klassetegning



(7.9c) Oversikt Shelter deck klassetegning



(7.9d) Oversikt Forecastle deck klassetegning

Figur 7.9: Klassetegninger av skipsdekkene

8 Diskusjon

I denne oppgaven ble tverrsnittet modellert og dimensjonert i henhold til kundekrav, GA og DNV sitt regelverk. Designet og hoveddimensjonene var satt av reder, noe som påvirker valget av designmetode. Designspiralen som er en del av skipsdesignprosessen måtte tilpasses denne typen oppgave.

8.1 Metode

Metoden som ble brukt tar utgangspunkt i designspiralen. Det som skiller designspiralen fra metoden som ble bruk er hvilke av stegene som er repetitive. Det kunne vært fordelaktiv å endre på topologien underveis for optimalisering, men på grunn av tidsdisposisjon ble dette ikke en del av de repetitive delene av metoden.

8.2 Hoveddimensjoner

Lengde og dypgang ble ikke vurdert endret da Vesttind sin forlengelse var designet på GA med ønsket lengde og dimensjoner. Dypgangene for ;design, minimum og maksimal, ble antatt å være det samme som før forlengingen da det ikke var noe ønsker om nye lastekondisjoner. Lastekondisjonene ble da etablert fra DNV sine anbefalte regelverdier og standarder. Minimumdypgangen ble antatt å være 3.0 meter basert på målinger gjort av GA. Spanteavstanden for hele skipet var i følge GA 600mm, og ble derfor et naturlig valg å fortsette med lik avstand.

8.3 Strukturdesign

Tverrsnittet som først ble modellert ,oppfylte kravene til tregghetsmoment og minimumstykkelse inkludert korrosjonstillegget. Påkjenninger og laster ble påført og alle de strukturelle elementene tilfredsstilte beregningene som ble simulert i NH. Dette tverrsnittet hadde en tverrskips- og langskipsavstiving på 600 mm.

Utviklingen av skipsstrukturen og vektoptimaliseringen utforsker flere viktige aspekter ved strukturdesignet av fartøyet. Hovedretningen for avstivning ble bestemt å være tverrskipsavstiving, mens styrkedekket som er det primære dekket for strukturell skipsstyrke ble bestemt avstivet langskips sammen med øvrige dekk. Dette designvalget ble tatt fordi det passet godt med utformingen av dekket og samtidig bidro til økt langskipsstyrke. I fryserommet ble det valgt å tverrskipsavstivet da dette kan gi økt utnyttelse av lagringsplass. Styrkedekket er holdt oppe av pilarer fra hoveddekket, som gir strukturell støtte på grunn av åpne og store dekk under.

Som en del av utviklingen av strukturdesignet ble ulike tverrskipsavstivninger inne i isbeltet

testet både 600 mm og 300 mm avstander. Dette ble utført på skrogsiden hvor isbeltet var definert og krever ekstra treghetsmoment. På grunn av isklassenotasjonen til skipet ble minimumstykkelsen på sideplatene 18,5 millimeter. Det er størst potensial for å redusere platedimensjonene og oppnå lavere stålvekt. Endringen av spanteavstand og reduksjon av stiverdimensjoner resulterte i en betydelig reduksjon i stålvekten på 200 kg per meter. Det nye kravet for platetykkelse i isbeltet var 12 mm.

For å minske dimensjonene på stiveren ble det også vurdert å legge inn en stringer. Stringer er en langsgående bjelke som reduserer platefeltet mellom stiverene og dermed reduserer kreftene som hver stiver må ta opp. Dimensjoneringen av stringeren ble gjennomført i henhold til regelverkets anbefalinger for isstringere og plassert midt på platen slik at platefeltet ble halvert og bidrar til spenningsfordeling. Dette førte til lavere dimensjoner på stiverne inne i ensilasjetanken og en ytterligere reduksjon i vekt på 150 kg per meter.

Integreringen av en stringer resulterte i en lavere nøytralakse i skrogbjelken. Dette ga utslag for stiveren i toppen av ensilasjetanken som fikk for stor spenning. På grunn av tidligere optimalisering var det ikke lenger tilstrekkelig treghetsmoment. For å kompensere for en liten overspenning, ble den effektive lengden på stiveren justert manuelt ved å legge inn braketter(150x150) i endene. Dette gjorde det mulig å reduserte regellengden fra 4050 til 4000 mm. Etter disse justeringene tilfredstilte alle elementene kravene til styrke og integritet.

Bærersystemet for sidene er designet slik at bærerene blir gradvis større nedover mot baseline. Dette er for å unngå spenningskonsentrasjoner og overføring av moment.

8.3.1 Fiskebåt

Fiskebåter ønsker å ha lavt tyngdepunkt av stålvekten på grunn av tungt utstyr på dekk som for eksempel kraner og vinsjer. Estimert tyngdepunkt(VCG) er 4.6 meter. Dette kan optimaliseres slik at man oppnår ønsket tyngdepunkt.

8.3.2 Plassering av rammer og platefelt

Tverrammen plasseres tverrskips i fartøyet med avstand på 4 spant og utgjør en viktig del av strukturen. Fartøyets bøyemoment er størst midtskips og trenger derav størst treghetsmoment der noe som er i tråd med skrogutformingen. Det ble ikke prøvd forskjellige avstander mellom webrammene, men dette kan være fordelaktig for vektoptimalisering og strukturoptimalisering. Dette er fordi platefeltet blir mindre på grunn av at trykket og kreftene fra platene blir som følge av kortere spenn mindre per webramme. For å oppfylle krav til minimumstykkelse og skrogstyrke kan det lønne seg å prøve med flere mulige topologier.

8.4 Vektestimater

Det er flere metoder for vektestimering og et eksempel på det er "top down" metoden. Der sammenlignes vekt og deplasement for lignende fartøy og gjør antagelser for vekt basert på empiri og erfaring. Dette er utfordrende da det kun gjaldt den innsatte delen av fartøyet. Vesttind har et isbelte noe som gjør sammenligninger med andre skip utfordrende.

En mulighet kunne vært å se på skip som er blitt forlenget og sammenlignet hvordan vekten økte i forhold til den gamle og nye lengde, men dette vil ikke gi et vektestimater. Det kunne derimot gitt en pekepinne på hvor stor deplasement økning man fikk. En slik sammenligning kan skape rom for feilkilder og er ikke pålitelig. Derav ble det mer pålitelig å bruke bottom up fordi man bygger opp estimatet fra et opptellingsperspektiv. Et estimater skal ikke være for detaljert, men heller ikke under spesifisert.

Vektestimater som baserte seg på empiri for den innsatte delen vil være lavere enn faktisk vekt. Dette er fordi metoden som ble bruk tar lite hensyn til isbeltet og tverrskipsavstiving[42].

Det ble prøvd å tatt hensyn til ved å lage et detaljert vektestimater for stålvekten og sammenligne stålvekten fra det kvalitative estimatet med det kvantitative estimatet. En svakhet med vektestimater er at det tar utgangspunkt i en homogenstruktur, noe som ikke stemmer. Det inkluderer heller ikke vekten av tverrbærere, stringer, brakett eller andre elementer enn det som er modellert i tverrsnittet.

Det ble etablert en volum(vekt)koeffesient for stålvekten til den innsatte delen. Denne koeffesienten gjelder kun for stålvekten av den innsatte delen og ikke for endringen av deplasement. Koeffesienten sier noe om sammenhengen av mye vekt det er per kubikkmeter og vil gi en indikasjon på hvor mye stålvekt som kan forventes.

8.5 Feilkilder

Strukturdesignet er i denne oppgaven forenklet. Metodiske begrensinger er en av de største feilkildene i oppgaven. Spesielt med hensyn til antagelser om homogen struktur, material, laster og valg av metode. Det er for eksempel ikke tatt med langskipsstiverene som pilarene er festet på eller som holder de øvre dekkene oppe. Valget av avstivingsavstand kunne vært undersøkt mer og det kunne eventuelt blitt laget vektestimater for begge avstivingsretningene. Dette hadde gjort en sammenligning av vekt og avstiving bedre.

Det er blitt gjort mange antagelser basert på GA. Forecastle dekk og tilhørende skuteseide ble ikke tatt med som en del av skipsstyrken, på grunn av dørene og åpningen som befinner seg i nærheten som danner spenningskygger.

Klassetegningene trenger videre utvikling. Stringer er for eksempel ikke med på klassetegningene .

8.6 Videre arbeid

For å viderearbeide funnene fra dette arbeider er det en rekke områder som kan utforskes nærmere. Strukturdesignet er ikke endelig og burde utarbeides mer. Forlengingen kan påvirkes av flere deler av regelverket og andre lover. Dette må undersøkes nærmere slik at man foretar en forlenging i henhold til regelverk. Utstyr som anker, brannsystemer og evakueringsplaner kan bli påvirket av en modifikasjon.

For å oppnå en lavere stålvekt ville det vært gunstig å utforske integreringen av mer enn en stringer. Flere is-stringere vil gjøre lastfordelingen av istrykket og andre laster lettere å fordele. Dette kan skape mindre dimensjoner og større utnyttelse av material.

Stabiliteten og manøvrerbarheten til skipet vil bli påvirket av en forlenging. Dette må undersøkes videre i arbeidet med forlengingen. Etablering av lastekondisjoner for det forlengede skipet vil være gunstig.

Et annet aspekt som bør utforskes er hvor vidt en forlenging er lønnsom. Dette kan inkludere en økonomisk analyse, miljømessig analyse og en livsløpsanalyse.

9 Konklusjon

I denne oppgaven er det blitt etablert et strukturdesign for en innsatt del ved forlenging. Det blir også utforsket funksjon, systemer og komponenter ombord på en moderne frysetåler. Forlengingen av et fartøy er beskrevet av DNVs i Convention of Ships, som er en klasseveiledning. Der påpekes det at fartøy må gjennom en ny godkjenningssprosess etter dagens regelverk. Dette kan føre til komplikasjoner grunnet oppdateringer i regelverket eller økt krav til treghetsmoment som følge av økt moment.

Klassetegningene for Vesttind som ble produsert i denne oppgaven inneholder informasjon og visualisering av strukturen. Strukturdesignet som er presentert er ikke endelig og trenger videre utvikling. Dimensjonene for strukturdesignet av plater og stivere blir bestemt av kravene for minimumstykkelser, isbelte, buling, slenderness, flyt og Stern Trawler klassenotasjonen. Endelig stålvekt for den innsatte delen ble estimert til 120 tonn og fikk en tilhørende volum(vekt)koeffisient på 0.06.

Mulighetene for forlenging av fartøy generelt er nesten endeløst og en del av løsningen for å gjøre skip mer effektive og øke levealderen. Framtidig arbeid bør fokusere på videreutvikling av strukturdesignet og se nærmere på hvordan en forlenging påvirker hele fartøyet.

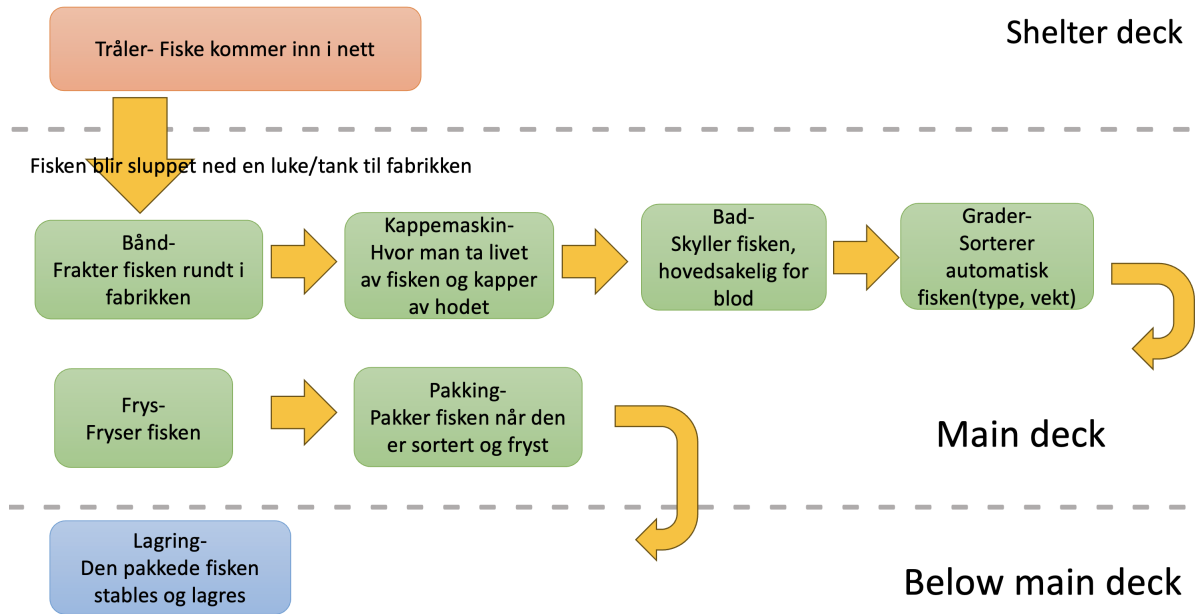
Litteraturliste

- [1] *Fremtidsmuligheter i maritime næringer*, Sintef. (9.10.2019), adresse: https://www.nho.no/siteassets/analyse/fremtidsmuligheter-i-maritime-naringer_sintef-ocean-2019.pdf.
- [2] Enova. *Årsrapport 2022, Maritim bransje*. (2022), adresse: <https://2022.enova.no/artikkel/maritim-transport-status>.
- [3] *Historisk beslutning om nullutslipp for internasjonal skipsfart*. Sist oppdatert 07.07.2023. Besøkt 18.04.2024. (2023), adresse: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/historisk-beslutning-om-nullutslipp-for-internasjonal-skipsfart/id2989641/>.
- [4] *Ny runde med sanksjoner innført mot Russland*. Sist oppdatert 19.03.2024. Besøkt 18.04.2024. (2024), adresse: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-runde-med-sanksjoner-innført-mot-russland/id3030266/>.
- [5] D. Gjørund, Muntlig informasjon fra Rosund Drift As, 2024.
- [6] *Et kvotesystem for økt verdiskaping — En fremtidsrettet fiskerinæring*. Sist oppdatert 21.06.2019. Besøkt 18.04.2024. (2019), adresse: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-32-20182019/id2661031/>.
- [7] *Verdt å vite om fiskekvoter*. Sist oppdatert 15.01.2024. Besøkt 18.04.2024. (2024), adresse: <https://nofima.no/fakta/verdt-a-vite-om-fiskekvoter/>.
- [8] DNV. *Rules and standars*. (2024), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/documents>.
- [9] DNV. *DNV Vessel Register*. (2024), adresse: <https://vesselregister.dnv.com/vesselregister/details/22094>.
- [10] J. J.Johnsen R.Larsen. *Trål*. (2024), adresse: <https://snl.no/tr%C3%A5l>.
- [11] Wärtsilä. *Wärtsilä 32*. (2024), adresse: <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/ms-engine/brochure-o-e-w32.pdf>.
- [12] Wärtsilä. *Wärtsilä Single Input Gear*. (2024), adresse: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gears/gears/wartsila-single-input-gear>.
- [13] Wartsila. *Wartsila 32 marine engine*. (2024), adresse: <https://mship.no/engines-equipment/278-waertsilae-12v32-d.html>.
- [14] W. Marine. *Wartsila Single Input Gear*. (2024), adresse: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gears/gears/wartsila-single-input-gear>.
- [15] Brunvoll. *Tunnel Thruster*. (2024), adresse: <https://www.brunvoll.no/products/tunnel-thruster>.
- [16] Mitsubishi Marine. *Marine Engine S16R-MPTA*. (2024), adresse: <https://engine-genset.mhi.com/marine-engines/s16r-mpta> (sjekket 19.05.2024).

- [17] Brunvoll. *Tunnel Thruster*. (2024), adresse: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.brunvoll.no%2Fproducts%2Ftunnel-thruster&psig=A0vVaw0hCVNU8f0KykNGZZ7Bns7u&ust=1714651976315000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCNCSksG27IUDFQAAAAAdAAAAABAE>.
- [18] M. TURBOCHARGER og E. E. B.V. *Marine Engine S16R-MPTA*. (2024), adresse: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fengine-genset.mhi.com%2Fmarine-engines%2Fs16r-mpta&psig=A0vVaw0jkneH14rFhuShBGZ2Pcwa&ust=1714652098061000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjhxqFwoTCMDt-fu27IUDFQAAAAAdAAAAABAE>.
- [19] *vinsj*. (2019), adresse: <https://snl.no/vinsj>.
- [20] J. Eidem, Muntlig informasjon fra Optimar, 2024.
- [21] D. AS. *Part 1 General regulations Chapter 1 General regulations*. (2023), adresse: <file:///Users/sandralundvangulsmag/Downloads/DNV-RU-SHIP%20Pt.1%20Ch.1.pdf>.
- [22] K. o. H. J. Johansen. *K12 Lærebok i lastbehandling*. (2019), adresse: <https://www.marfag.no/k12/1-skipets-dimensjon-og-form>.
- [23] *Ensilasje*. (), adresse: <https://optimar.no/ensilasj>.
- [24] *Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer - Kap. 4. Råstoff om bord i fiske- og føringsfartøy og i transportmidler og i oppdrettsanlegg - Lovdata*. (), adresse: https://lovdata.no/dokument/SF0/forskrift/1986-07-01-1428/KAPITTEL_4#%C2%A74-2 (sjekket 25.03.2024).
- [25] DNV. *Conversion of ships*. (2022), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/document/C232795B511C4547952DFA9E161F1BD2/4>.
- [26] H. Bøe. *Dekksoffiser*. Sjekket 12-02-2024. (2022), adresse: <https://www.marfag.no/k48/kap1>.
- [27] NTNU, Forelesning K02-Laster, klassekrav, ståltyper, Unknown. adresse: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1980688-dt-content-rid-55497590_1/xid-55497590_1.
- [28] Jørgen Amdahl, et al, *Havromsteknologi-Et hav av muligheter*, 2014. utg. NTNU Institutt for Marin teknikk & fagbokforlaget Vigmosted & Bjørke AS, Seksjon;Marine konstruksjoners styrke. adresse: <https://www.ntnu.no/documents/14574940/9a2e77f5-0b52-4c52-b9e5-26705f0d1b17> (sjekket 06.04.2024).
- [29] L.-E. Nygård, *K02-Laster, klassekrav, ståltyper*, PowerPoint-presentasjon forelesning K2 ved Classroom , NTNU Ålesund, 25. januar 2023.
- [30] *EN200 NAVAL ENGINEERING I*. Besøkt 20.04.2024. (2023), adresse: https://www.usna.edu/NAOE/_files/documents/Courses/EN400/02.06%20Chapter%206.pdf.
- [31] *TOPIC: SHELL CONSTRUCTION, BSW Ship Co Lecture Notes4*. Besøkt 20.04.2024. (n.d.), adresse: <https://pdfcoffee.com/lecture-notes-framing-system-pdf-free.html>.

-
- [32] A. J. Sollid, *Strukturdesign av skip*, PDF- BlackBoard, NTNU Ålesund, mars 2023.
- [33] H. Karl, *K01-Oversikt Styrke*, PowerPoint-presentasjon ved Classroom(B412), NTNU Ålesund, 18. januar 2023.
- [34] DNV. *Section 3 Minimum thicknesses*. (2023), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/document/213DA1E84A5F4FB6ADE7699F611F7E16/26>.
- [35] DNV. *4 Local scantlings for notation stern trawler*. (2022), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/document/D2CE197322344105853B59B888AF166A/19>.
- [36] DNV. *1 Pressures due to liquids*. (2023), adresse: https://standards.dnv.com/explorer/document/66A9AECABD3D4892AB13E34DF31AED86/27#subsec3_6451B0832D4D40DFA4ADE5E80AE599AA.
- [37] L. E. Helseth. *Bernoulliligningen*. (2021), adresse: <https://snl.no/Bernoulliligningen>.
- [38] DNV. *DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.4*. (2023), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/document/66A9AECABD3D4892AB13E34DF31AED86/27>.
- [39] NTNU, Formelhefte: Buling og Euler blackboard, Unknown. adresse: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1922866-dt-content-rid-54242456_1/xid-54242456_1.
- [40] DNV. *DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.6*. (2023), adresse: <https://standards.dnv.com/explorer/document/213DA1E84A5F4FB6ADE7699F611F7E16/26>.
- [41] H. S. V.Bertram, *5 Computation of weights and centres of mass*, i *Ship Design for Efficiency Economy*. Butterworth-Heinemann, 1998, s. 151–179.
- [42] R. Aasen, *P06B - Shipweight (Runar Aasen) NTNU March 2022*, Weight Control for Vessels and Offshore Constructions ved NTNU Ålesund, mars 2023.

Appendix A: Komponenter i fabrikktråler



Figur A.1: Illustrasjon av et eksempel på en moderne frysetrålere fabrikk

Appendix B: Tabell for a1 og b1

	Region			
	Bow		Midbody and stern	
	$k_1 \leq 12$	$k_1 > 12$	$k_1 \leq 12$	$k_1 > 12$
a_1	30	6	8	2
b_1	230	518	214	286

Figur B.1: Tabell for a_1 og b_1

Appendix C: Tabell for c1

Ice class	Region		
	Bow	Midbody	Stern
Ice(1A*F) and Ice(1A*)	1.0	1.0	0.75
Ice(1A)	1.0	0.85	0.65
Ice(1B)	1.0	0.70	0.45
Ice(1C)	1.0	0.50	0.25

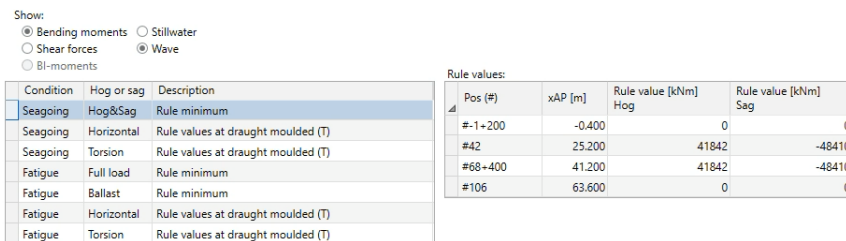
Figur C.1: Tabell for c_1

Appendix D: Tabell for l_a

Structure	Type of framing	l_a
Shell	transverse	frame spacing
	longitudinal	1.7 × frame spacing
Frames	transverse	frame spacing
	longitudinal	span of frame
Ice stringer		span of stringer
Web frame		2 × web frame spacing

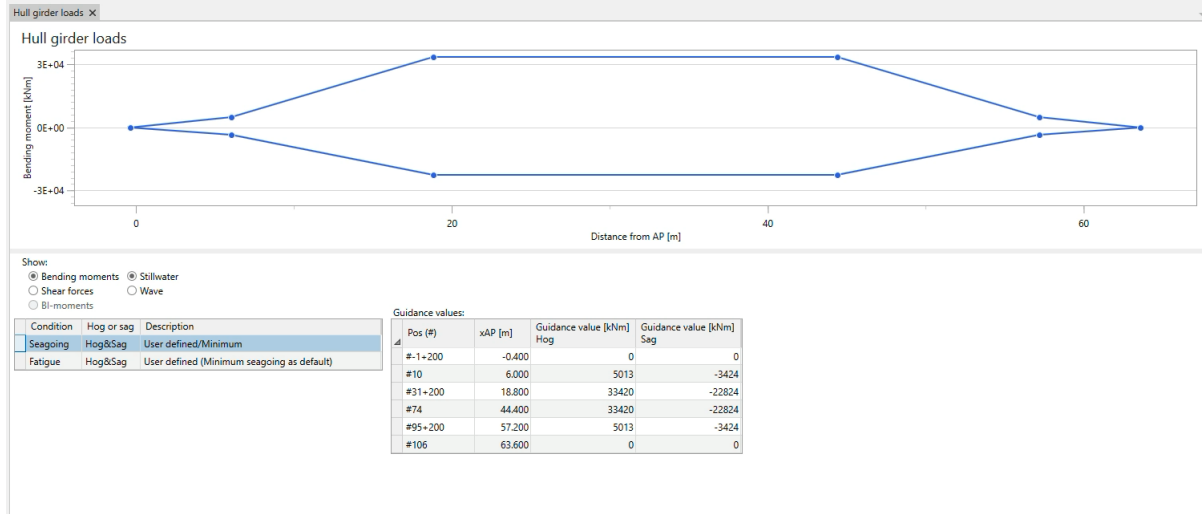
Figur D.1: Tabell for l_a

Appendix E: anbefalte minimumslaster for bølgemoment



Figur E.1: ”Anbefalte” minimumslaster for bøyemoment for bølger fra Nauticus Hull

Appendix F: Anbefalte minimumslaster for stille vannsmoment



Figur F.1: ”Anbefalte” minimumslaster for bøyemoment i stille vann fra Nauticus Hull

Appendix G: Verdier i Ship data i NH

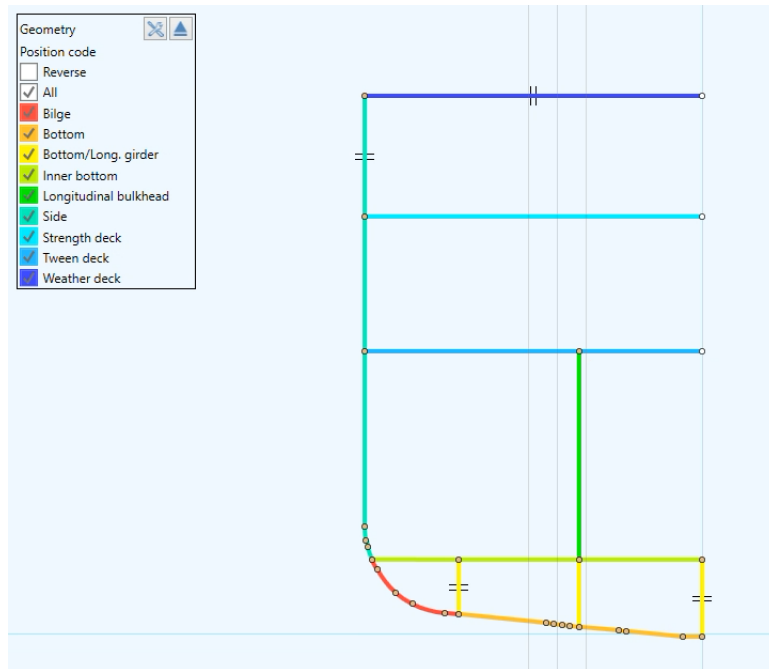
Ship data x

General ship data

Length between perpendiculars	L _{pp}	63.600 [m]
Rule length	L	64.000 [m] ...
Freeboard length	L _{LL}	64.000 [m]
X-position for forward end of waterline for freeboard length		64.000 [m]
Moulded breadth of ship	B	14.000 [m]
Moulded depth of ship	D	8.650 [m]
Height of freeboard deck		5.850 [m]
Scantling draught	T _{sc}	5.750 [m]
Design draught	T _{Design}	0.000 [m]
Ballast draught (minimum midship)	T _{BAL}	3.000 [m]
Heavy ballast draught	T _{BAL-H}	0.000 [m]
Design slamming draught at FP (any ballast tanks empty)	T _{F-e}	3.000 [m]
Design slamming draught at FP (all ballast tanks full)	T _{F-f}	3.000 [m]
Block coefficient at scantling draught	C _b	0.701 ...
Moulded displacement at scantling draught		3702 [t]
Maximum service speed	V	16.0 [knots]
Number of decks above 0.7 D from baseline		1
Height of bulkhead deck		0.000 [m]
Ship with high speed and/or large flare		<input type="checkbox"/>
Projected area of upper deck forward 0.2 L	A _{DK}	0.0 [m ²] ...
Area of waterplane forward 0.2 L at T _{sc}	A _{WP}	0.0 [m ²]
Vertical distance from summer load WL to deckline measured at F.E.	z _f	0.000 [m]
Area of waterplane at T _{sc}	A _W	0.0 [m ²]
The ship has a deadweight < 50 000 tonnes		<input checked="" type="checkbox"/>
Freeboard:		<input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> B-60 <input type="radio"/> B-100
Bilge keel		<input checked="" type="checkbox"/>

Figur G.1: Oppmålte verdier til Shipdata i Nauticus Hull

Appendix H: Definerte elementkoder



Figur H.1: Snittet deffinert med intensjonelte elementkoder

Appendix I: Minimumstykelser-Tabell for koeffisienter a og b

Table 3 Minimum net thickness for primary supporting members

Element	a	b
Bottom centreline girder below longitudinal bulkhead in cargo area if arranged	5.0	0.03
Bottom centreline girder outside cargo area in general for cargo ships		
Bottom centreline girder over full length of other ship types than cargo ships		
Bottom longitudinal girders in general	5.0	0.017
Floors in aft peak tanks including reduced floors or floors with large opening ⁴⁾	5.0	0.025 ¹⁾
Floors in general	5.0	0.015
PSM at tank boundaries, boundaries of holds intended for cargo in bulk, single strength deck and shell up to freeboard deck	4.5	0.015 ²⁾
PSM in deckhouses and superstructures and decks for vessels with more than 2 continuous decks above 0.7 D from baseline	4.5	0.01 ³⁾
PSM in general	4.5	0.01

1) $bL_2 \leq 5.0$
 2) $bL_2 \leq 2.5$ for stringers in double side next to dry space not intended for cargo in bulk
 3) $bL_2 \leq 2.0$
 4) See Ch.3 Sec.5 [4] for arrangement requirement of aft peak tank.

Figur I.1: Tabell for koeffisienter a og b

Appendix J: Korrosjonstillegg

Table 1 Corrosion addition for one side of a structural member

<i>Compartment type</i>	<i>Structural member</i>	<i>t_{c1} or t_{c2}</i>
Tanks for cargo oil and liquid chemicals	All members	1.0
Dry bulk, container and general cargo holds	Lower part ¹⁾ for vessels with Grab(3-X) notation	2.5
	Lower part ²⁾ for other vessels	1.0
	Other members	0.5
External surfaces	All members	0.5
Tanks for ballast water/sea water	All members	1.0
Tanks for potable water, fuel oil and lube oil	All members	0.0
Tanks for brine, urea, bilge water, drain storage and chain locker	All members	1.0
Other tanks ⁴⁾	All members	0.5
Accommodation spaces	All members	0.0
Void, dry spaces and compartment types not mentioned above ^{3), 6)}	Upper surface of decks or bottom plate of the compartment ⁵⁾	0.5
	Elsewhere	0.0
Stainless steel and aluminium (independent of compartment type)	All members	0.0

1) Lower part includes the bottom of hold and other structure within a height of 3.0 m above the bottom of hold, e.g. inner bottom. The bottom of hold is defined as the lowest horizontal boundaries of the hold.

2) Lower part includes the bottom of hold and other structure within a height of 1.5 m above the bottom of hold, e.g. inner bottom. The bottom of hold is defined as the lowest horizontal boundaries of the hold.

3) Applicable for the spaces containing membrane or independent cargo tanks of gas carriers. But membrane and independent tank themselves are not covered by this part of the rules, see [Pt.5 Ch.7](#).

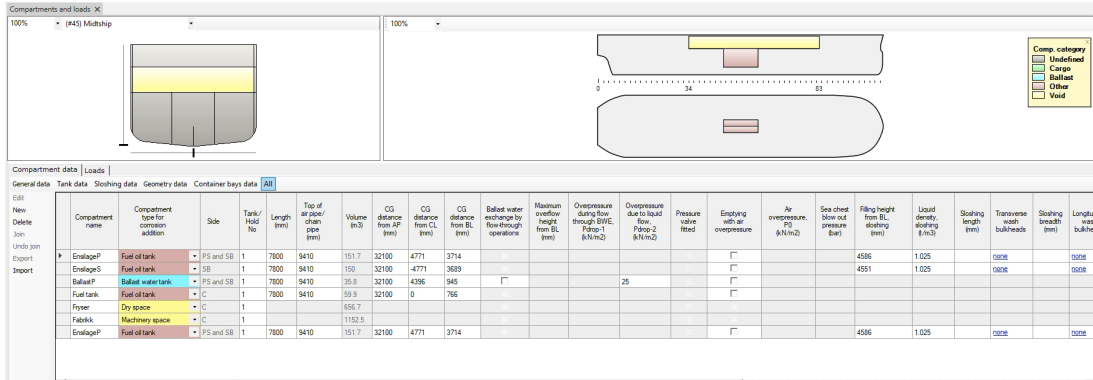
4) Applicable also for cargo tanks only intended to carry fresh water, fuel oil, lube oil, RSW, live fish, or mud.

5) Inclusive upper surface of horizontal stringers in double hull and double bulkhead constructions.

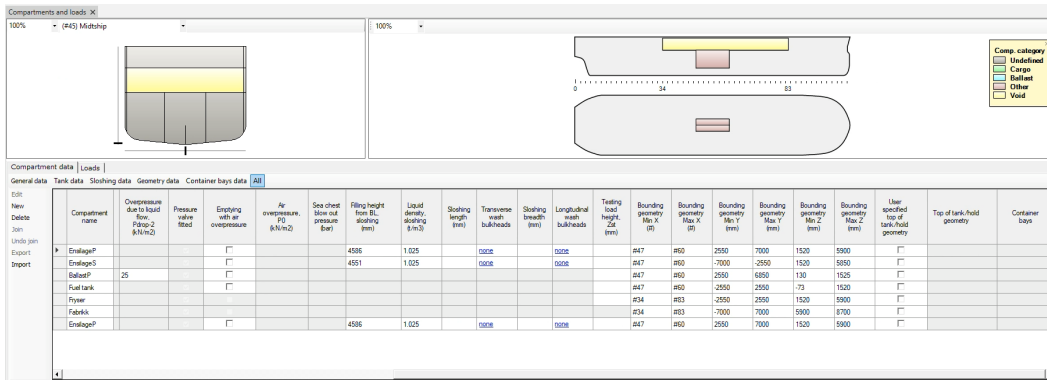
6) Also applicable for semi-enclosed compartments, e.g. open ro-ro spaces.

Figur J.1: DNV korrosjon stilleg tabell fra Pt.3.Ch3.Sc3

Appendix K: Definert inndeling

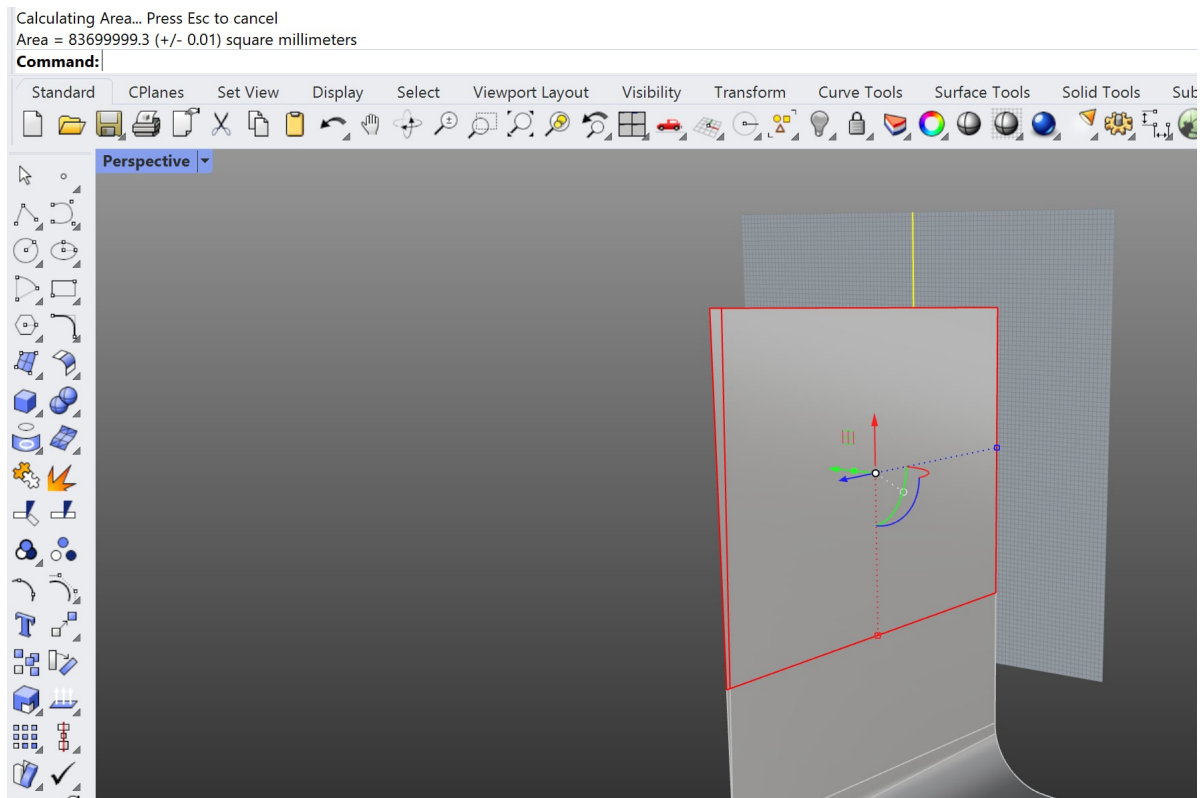


(K.1a) Inndelingen av skipet i NH



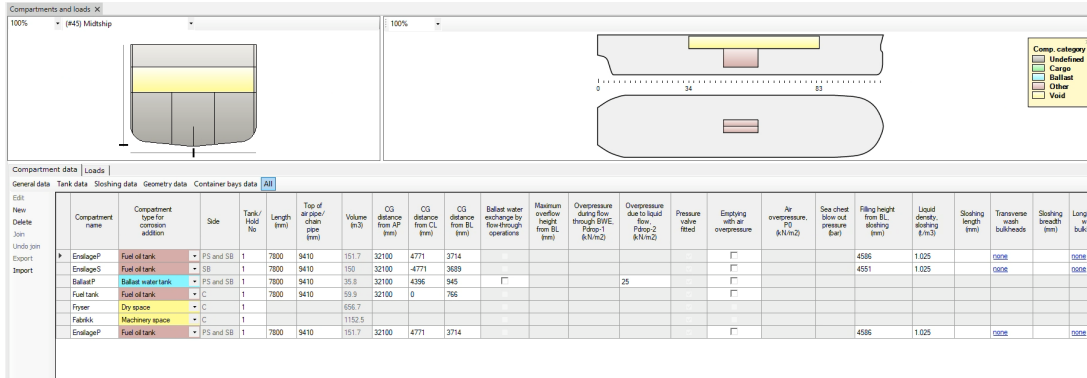
(K.1b) Inndelingen av skipet med x,y og z-koordinater

Appendix L: Arealmåling i Rhino

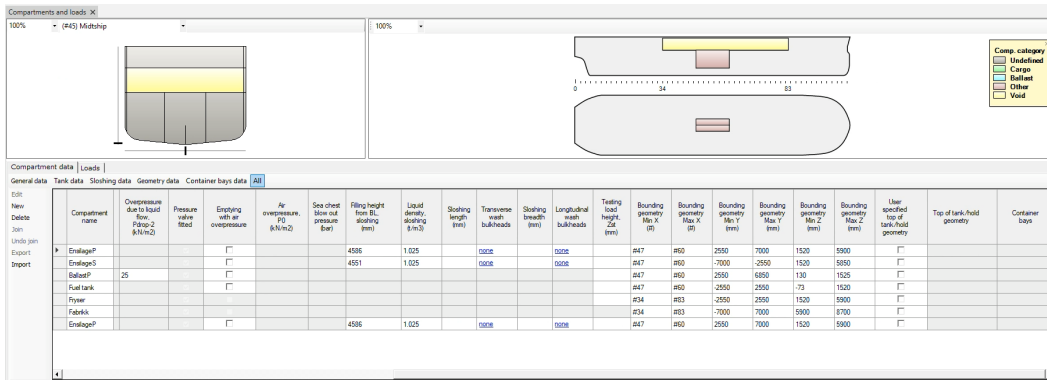


Figur L.1: Illustrasjon av en areal måling i Rhino

Appendix M: Inndeling av innsatt del

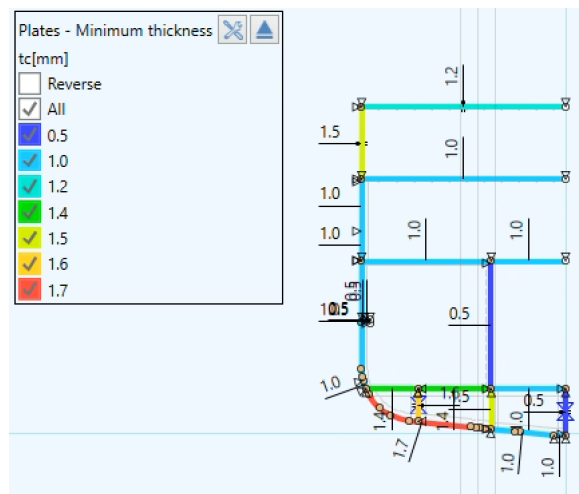


(M.1a) Inndelingen av skipet i NH



(M.1b) Inndelingen av skipet med x,y og z-koordinater

Appendix N: Korrosjonstillegg



Figur N.1: Minimums korrosjonstillegg

Appendix O: Tabell for $f_b d g$

Table 1 Definition of bending moment and shear force factors, f_{b1} and f_{b2}

Load and boundary condition			Bending moment and shear force distribution factors (based on load at mid span, where load varies)			
Load model	Position			1	2	3
	1 Support	2 Field	3 Support	f_{b1} f_{s1}	f_{b2} -	f_{b3} f_{s3}
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50
B				- 0.38	14.2 -	8.0 0.63
C				- 0.50	8.0 -	- 0.50
D				15.0 0.30	23.3 -	10.0 0.70

Figur O.1: Tabell for $f_b d g$

Appendix P: Designtrykk

Input:	#49	#49	#49	#49	#49
X-position, LCP [Frame No.]	#49	#49	#49	#49	#49
Y-position, LCP [mm]	0	7000	7000	7000	7000
Z-position, LCP [mm]	0	1500	5900	8700	11200
Select position for load application	Bottom	Side	Side	Side	Side
Select associated PSM (if applicable)	<----->	<----->	<----->	<----->	<----->
Select compartment 1	External	External	External	External	External
Select compartment 2	No compartment	No compartment	No compartment	No compartment	No compartment
Load scenario	-All-	-All-	-All-	-All-	-All-
Results:					
Information					P_SI
Design cases for Comp. 1	ExtremeSea_SD, SEA-1,...	ExtremeSea_SD, SEA-1,...	ExtremeSea_SD, SEA-1,...	ExtremeSea_SD, SEA-1,...	
Design pressure, P, for Comp.1 [kN/m ²]	71,7	88,9	57,0	28,9	11,0
Design cases for Comp. 2					
Design pressure, P, for Comp.2 [kN/m ²]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Max static+ dynamic design press. [kN/m ²]	71,7	88,9	57,0	28,9	11,0
Max static design press. [kN/m ²]	57,8	42,7	0,0	0,0	0,0

Figur P.1: Designtrykk NH

Appendix Q: Koeffisient trykk i tank

P_{drop-2} = overpressure in kN/m^2 , not to be taken less than:

- = 25 kN/m^2 in general for ballast water tanks
- = 0 kN/m^2 when tanks are not intended for overfilling during ballasting. In such case, means to be provided to avoid accidental overfilling, e.g. remote sounding for the ballast system or an electronic ballast system to adjust general draft and trim condition. The ballast system shall be designed in a way that overpressure does not exceed 25 kN/m^2
- = 25 kN/m^2 in general for fresh water tanks which will be filled until overflow through air pipe
- = 0 kN/m^2 when fresh water tanks are not intended for overfilling.

Figur Q.1: Trykk bestemt av bruk

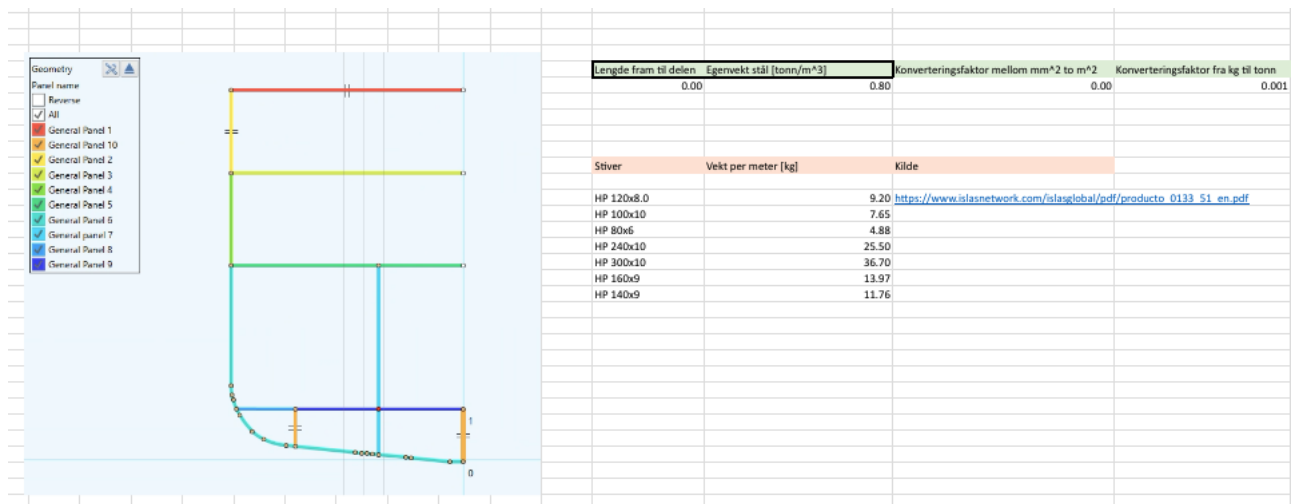
Appendix R: Volum(vekt)koeffisient

Etablering av volum vekt koeffisient

Areal[m ²] en side	Totalt areal[m ²]	Lengde[m]	Totalt volum[m ³]	Vekt[tonn]	Volum(vekt) koeffisient [tonn/m ³]
93	185.2	10.8	2001	120	0.06

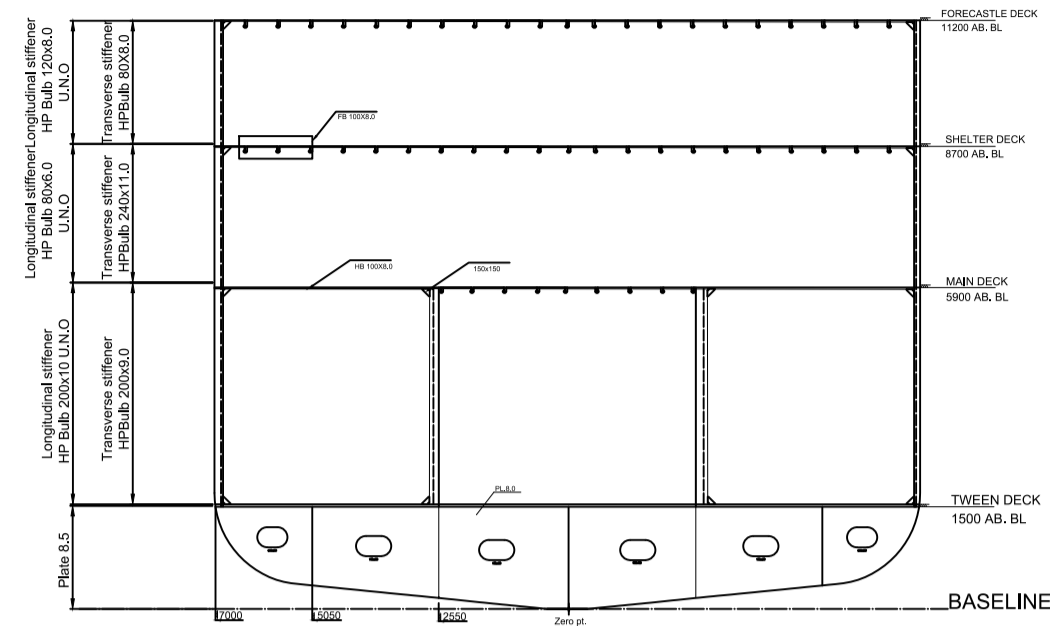
Figur R.1: Volum(vekt)koeffisient

Appendix S: Detaljer tilhørende vektestimat

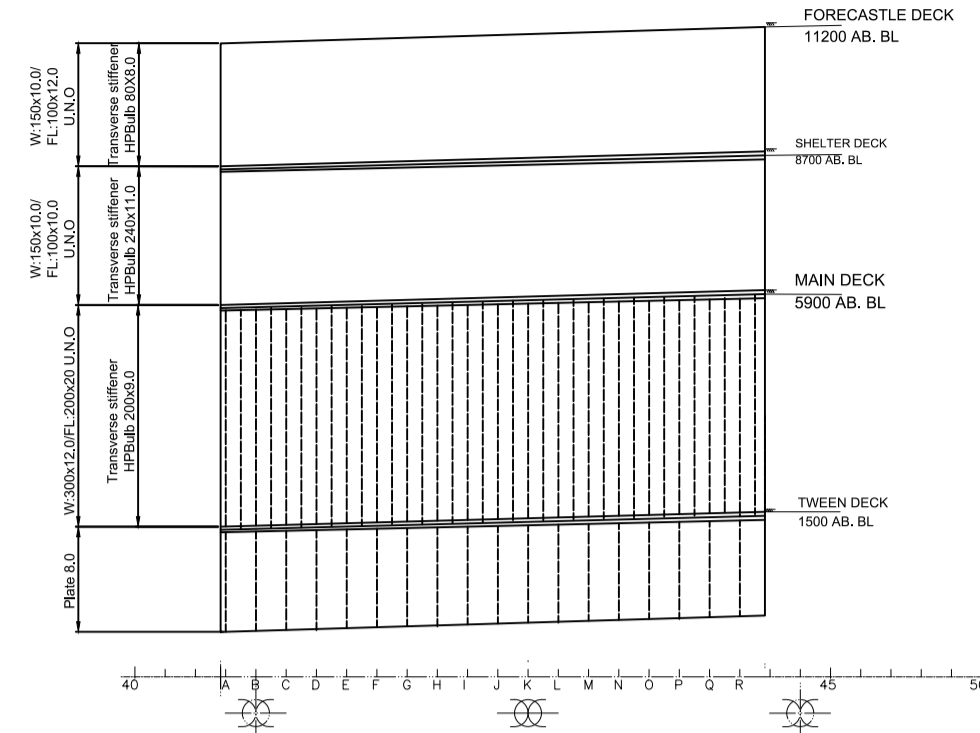


Figur S.1: Detaljer tilhørende vektestimat

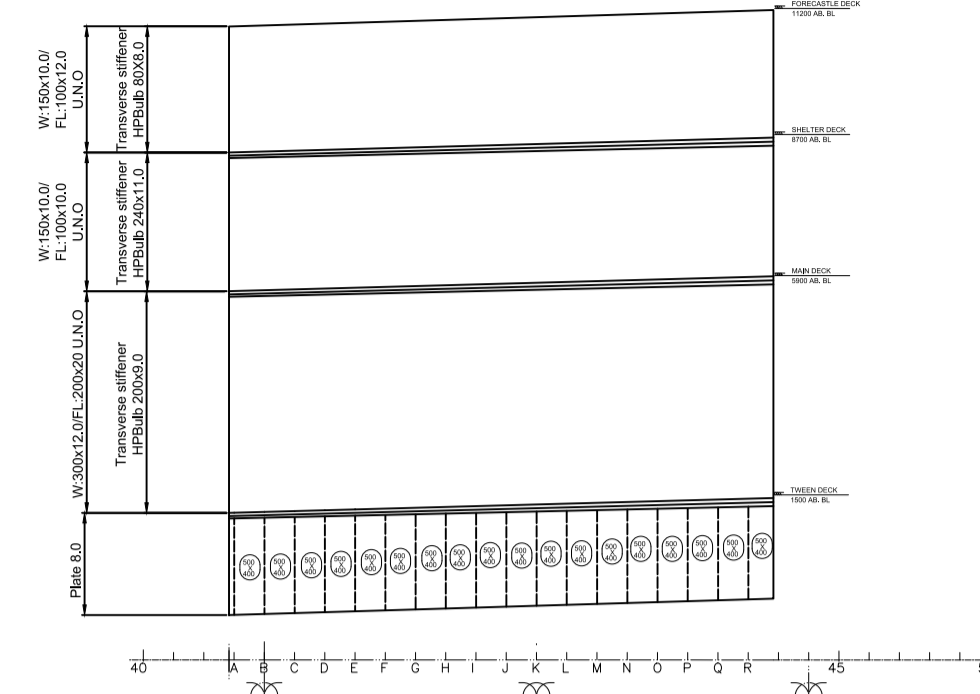
Appendix T: Klassetegninger



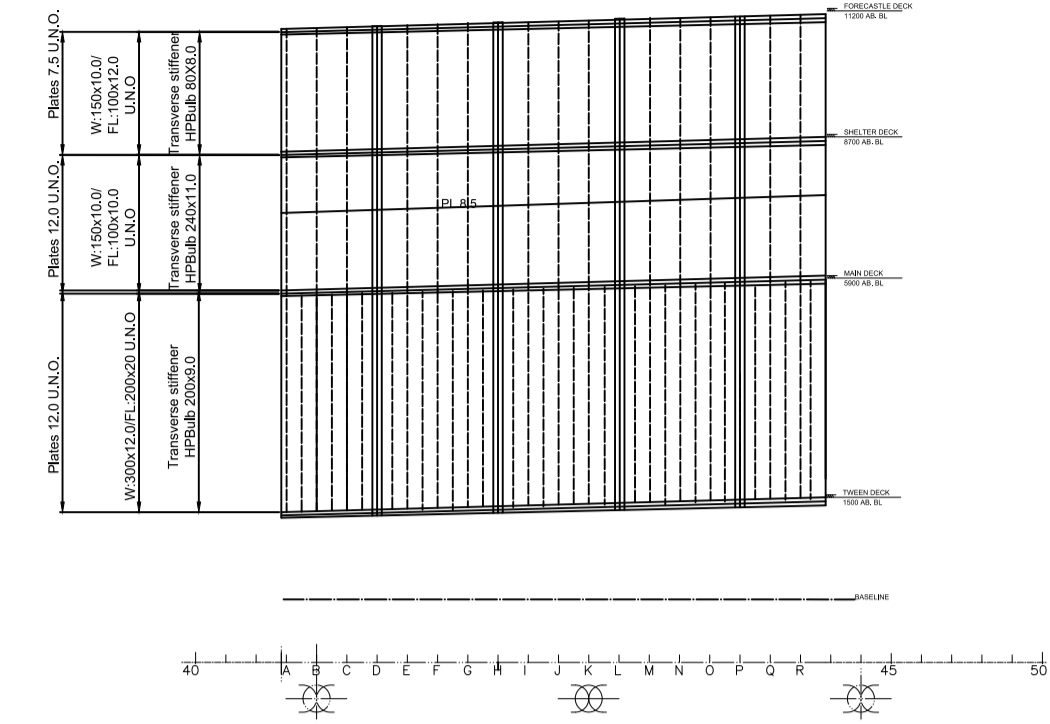
FRAME #/C.



LONGITUDINAL SECTION 5000 F.C.L.

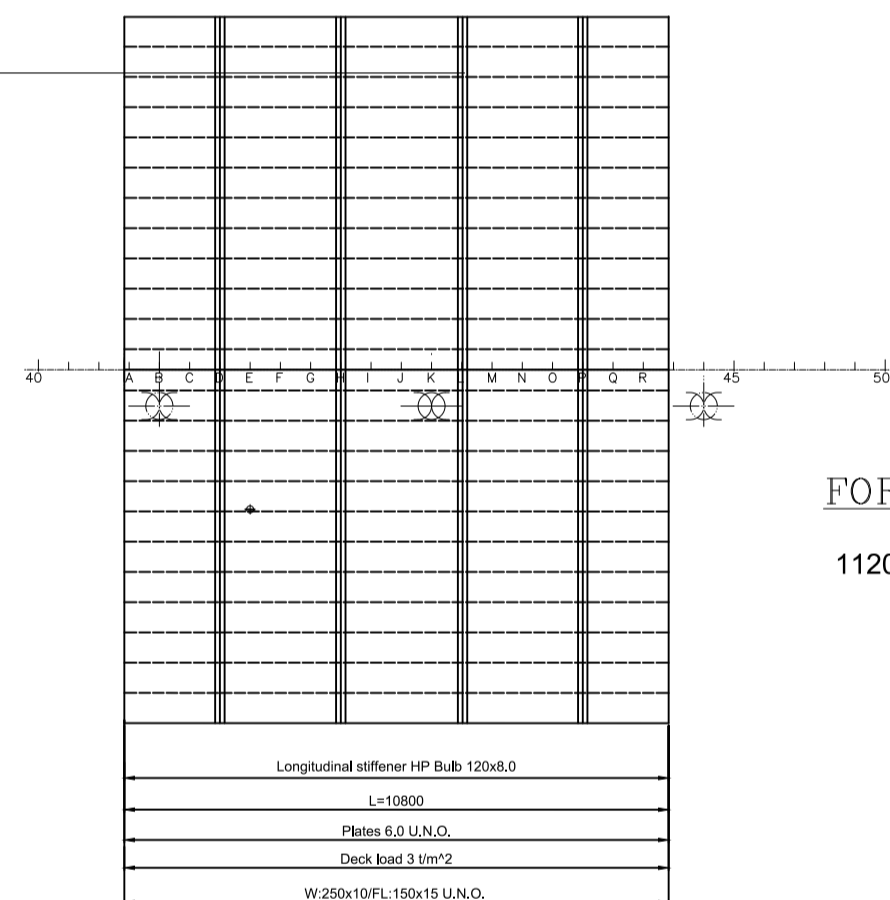


LONGITUDINAL SECTION IN F.C.L

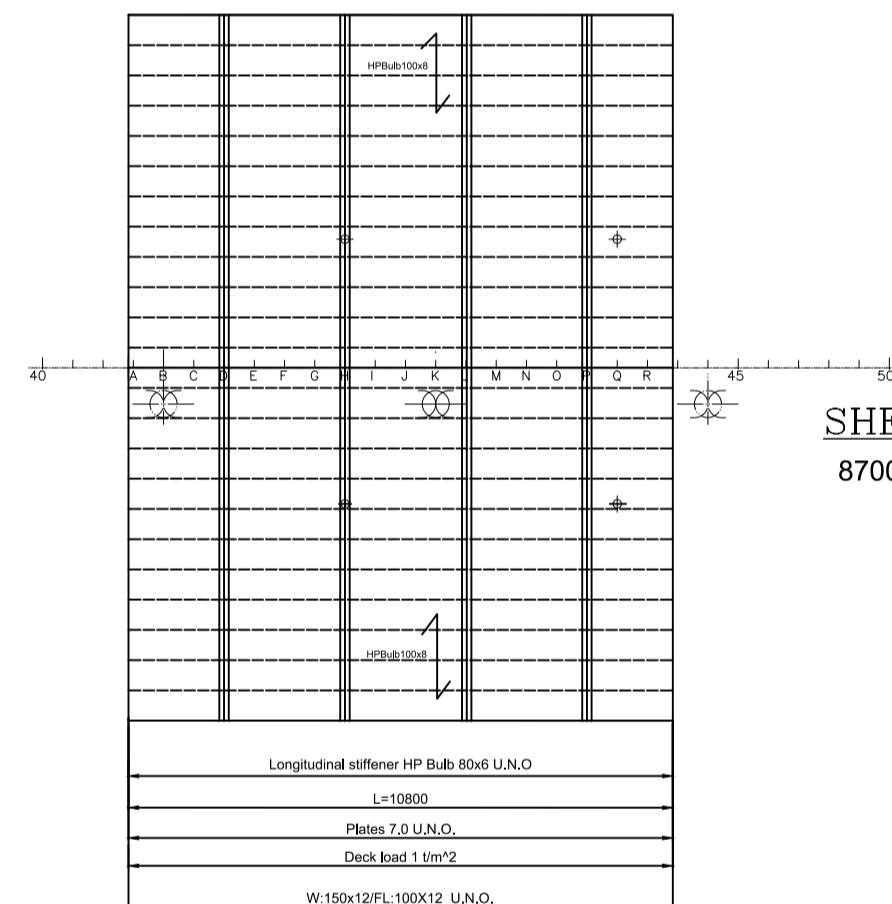


LONGITUDINAL SECTION IN 7000 F.C.L. SIDE

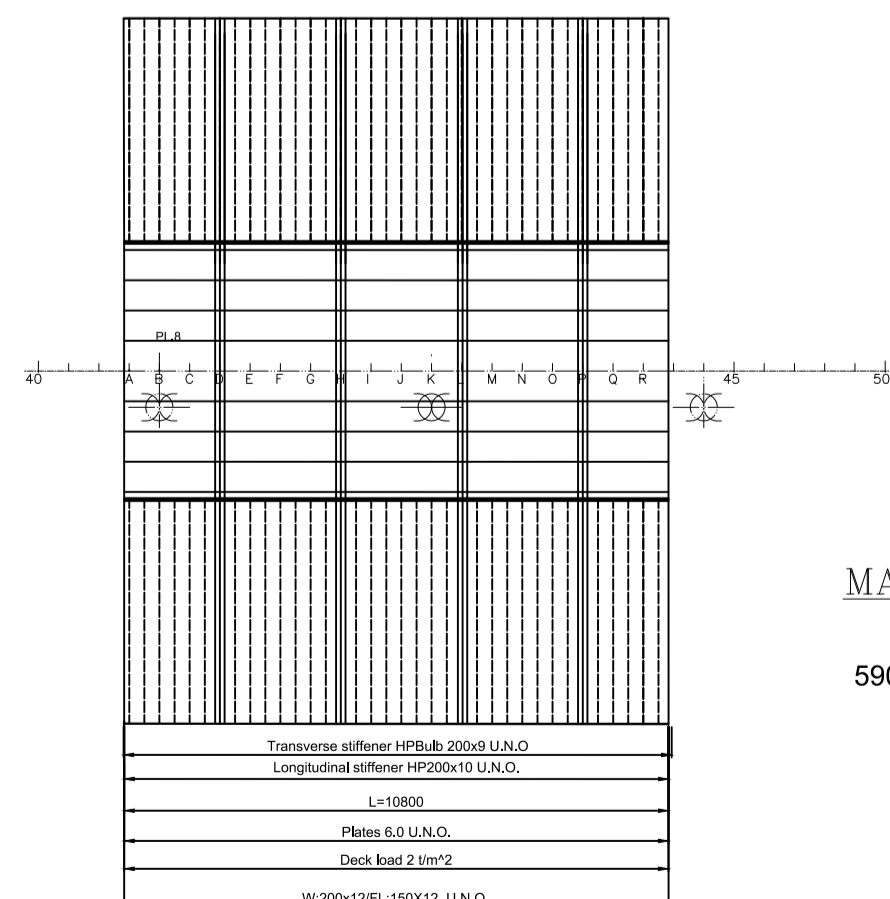
T-III



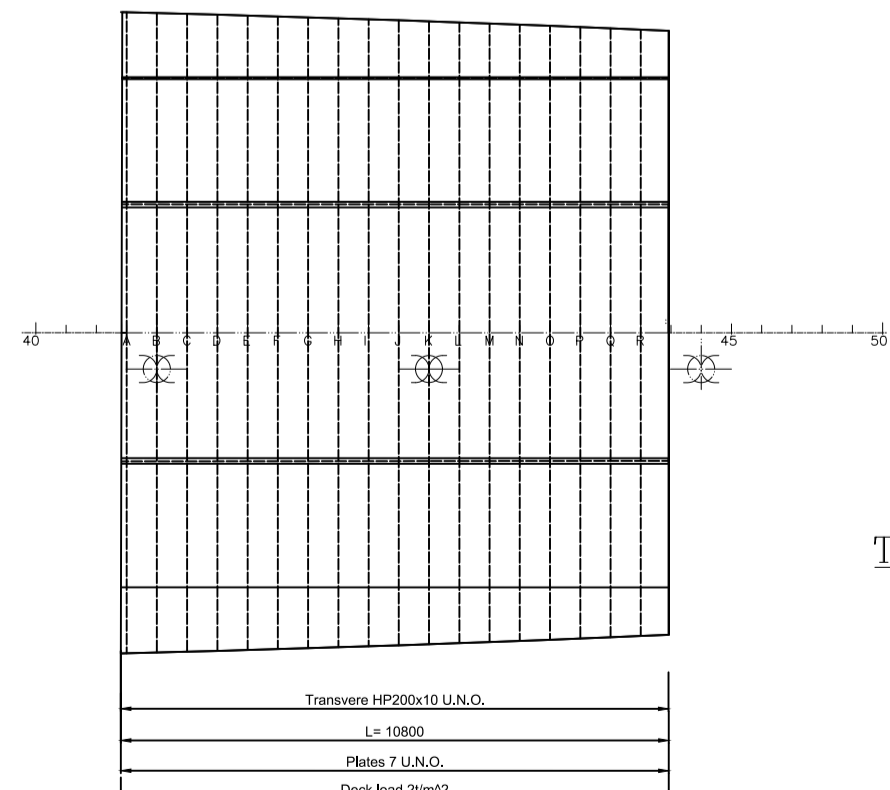
FORECASTLE DECK
11200 AB. B.L.



SHELTER DECK
8700 AB. B.L.



MAIN DECK
5900 AB. B.L.



TANK TOP
1500 AB. B.L.

MATERIAL GRADES WELDED CONNECTIONS			
Dato 21.05.2024	Konstr./Tegnet S.L. Ulsmåg	Tracet	Målestokk 1 : 150
Kontroll	Stand.kontr.	Godkjent	Prosjektsjansetode
Klassesetninger Vesttind(LLDH)			Erstalling for:
			Erstattet av:
Henvising			Beregning
Gruppe			Nr.5

NTNU
Skipsdesign

Appendix U: Vektestimater detaljert ark

Lettskips vektestimater steel hull

Prosjekt: Vektestimater forlenging bachelor
 Dato: 10.05.2024
 Author: Sandra Lundvane Utimåe

*LCG measured from the start of the new part

Navn	Material	Lengde[m]	Bredd[m]	Tykkelse[m ²]	Vekt [tonn]	LCG	AH linser	Prod linse	VGS	LCMC	VMCM	Comment	Factor
Steel Hull - Longest part													
General Panel 1	1.00	10.80	7.00	0.06	3.63	5.40	11.12	19.60	40.33				
General Panel 2	1.00	10.80	2.50	0.07	1.51	5.40	9.88	8.16	14.94				
General Panel 3	1.00	10.80	7.00	0.07	4.23	5.40	8.65	22.86	36.62				
General Panel 4	1.00	10.80	1.10	0.12	1.14	5.40	7.25	6.16	8.27				
General Panel 4 - top	1.00	10.80	0.09	1.20	5.40		6.55	6.74	8.18				
General Panel 5 - Inner	1.00	10.80	2.55	0.08	1.76	5.40	5.85	9.52	10.31				
General Panel 5 - Outer	1.00	10.80	4.45	0.06	2.31	5.40	5.85	12.46	13.50				
General Panel 7 - Encutlage													
General Panel 7 - Encutlage	1.00	10.80	4.33	0.06	2.24	5.40	3.56	12.12	7.98				
General Panel 7 - Button	1.00	10.80	1.39	0.07	0.84	5.40	0.70	4.54	0.58				
General Panel 8	1.00	10.80	1.78	0.07	1.08	5.40	1.52	5.82	1.64				
General Panel 9 - Inner	1.00	10.80	2.55	0.07	1.54	5.40	1.52	8.33	2.34				
General Panel 9 - Encutlage	1.00	10.80	2.52	0.07	1.52	5.40	1.52	8.22	2.31				
General Panel 10 - Midship	1.00	10.80	1.59	0.08	1.10	5.40	0.80	5.95	0.88				
General Panel 10 - Ballast	1.00	10.80	1.13	0.08	0.78	5.40	0.96	4.20	0.74				
General Panel 6 - Upper													
General Panel 6 - Upper	1.00	43796849.30		10.80	0.12	4.20	3.80	22.70	15.98	Measured i rhino			
General Panel 6 - Middle	1.00	54217128.00		10.80	0.12	5.20	0.40	28.11	2.08	Measured i rhino			
General Panel 6 - Lower	1.00	23348204.10		10.80	0.09	1.59	0.15	8.57	0.24	Measured i rhino			
General Panel 6 - Bottom	1.00	43796849.30		10.80	0.09	2.98	0.00	16.08	0.00	Measured i rhino			
Stivere HD													
Stivere HD	11.00	10.80		10.80	0.90	5.40	0.90	4.88	9.99				
Stivere ID	11.00	10.80		10.80	0.72	5.40	8.60	3.91	6.23				
Stivere TD	4.00	10.80		10.80	0.14	5.40	5.80	0.77	0.83				

Steel Hull - Transverse													
Area of panel													
TWSD	19				0.291	5.4	11.15	1.57	3.24				
TWTD					1.357	5.4	8.65	7.33	11.73				
TWET-top					3.028	5.4	1.8	16.30	11.47				
TWET-top					1.181	5.4	5.85	6.38	6.91				
TWET-side					0.967	5.4	3.75	5.22	3.63				
Dobbeltbunn													
	18.00	Area[m ²]	795721.00		0.08	0.58	5.4	0.90	3.14	0.52		Fyllingsfaktor 0.6	

LCG													
					48.1	5.4		4.6	202.6	221.5			

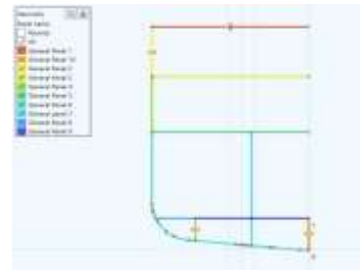
Formater detaljert													
Total plater												Vekt [tonn]	38.3
Total stivere lang													1.8
Total stivere tver													7.4
Totalt oppsett 2D-structure													60.1

NH verdier													
		Lengde[m]		Vekt per lengde[tonn/m]		Vekt [tonn]							
Plater		10.80	4.78	0.180	5.4	51.6							
Stivere		10.80			5.4	5.9							
Cum					5.4	58.6							

For sammenligning av stivert													
Vekt [tonn]													
Skrog estimat													202.2
Skrog NH													187.1

*LCG fra starten av aksert del													
Estimat	Vekt(t)	LCG[m]	LCG[m]										
09.04.2024	123.00	5.4	4.6										
10.05.2024	125.0	5.4	4.6										
18.05.2024	120.2	5.4	4.61										

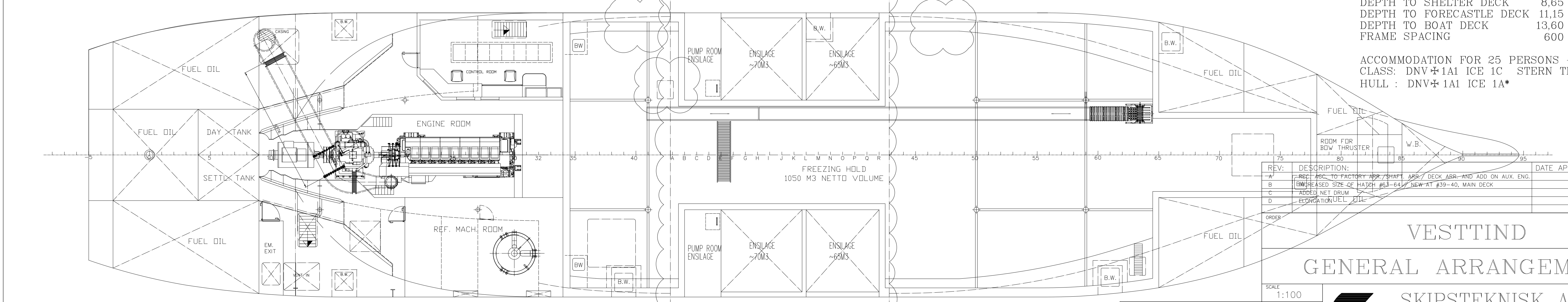
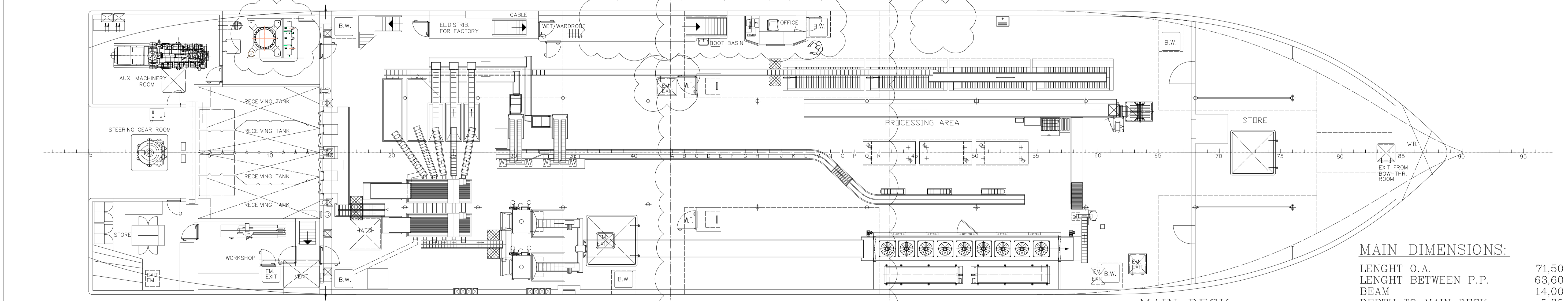
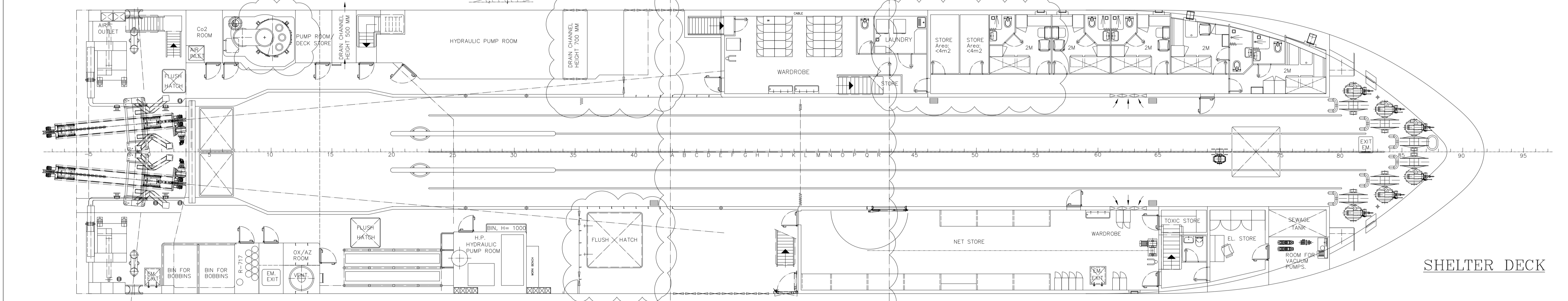
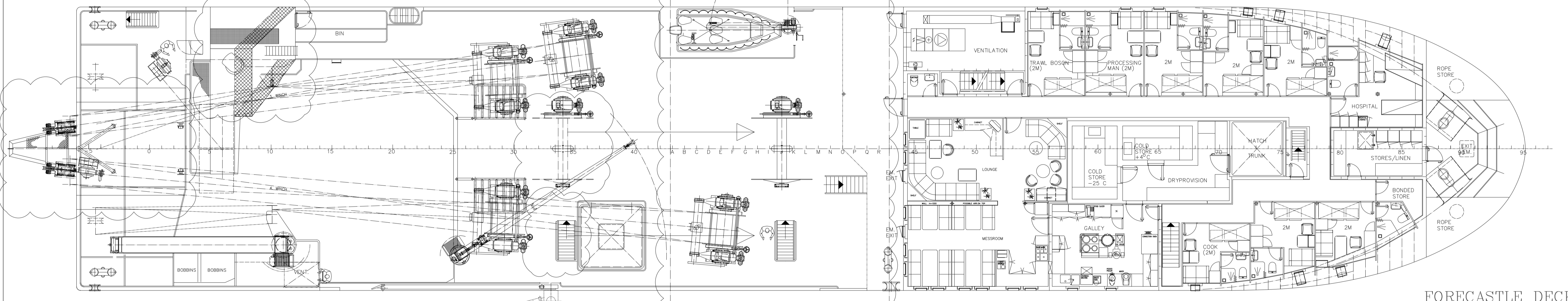
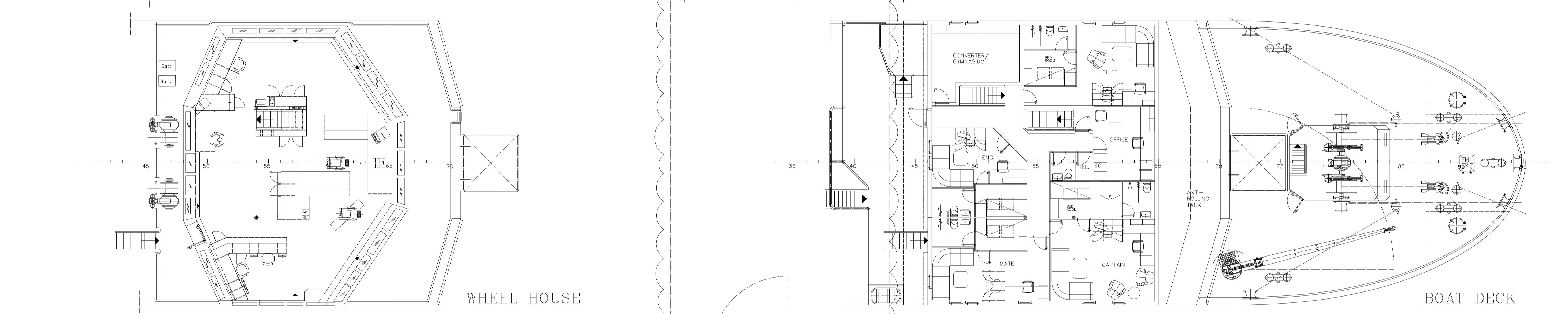
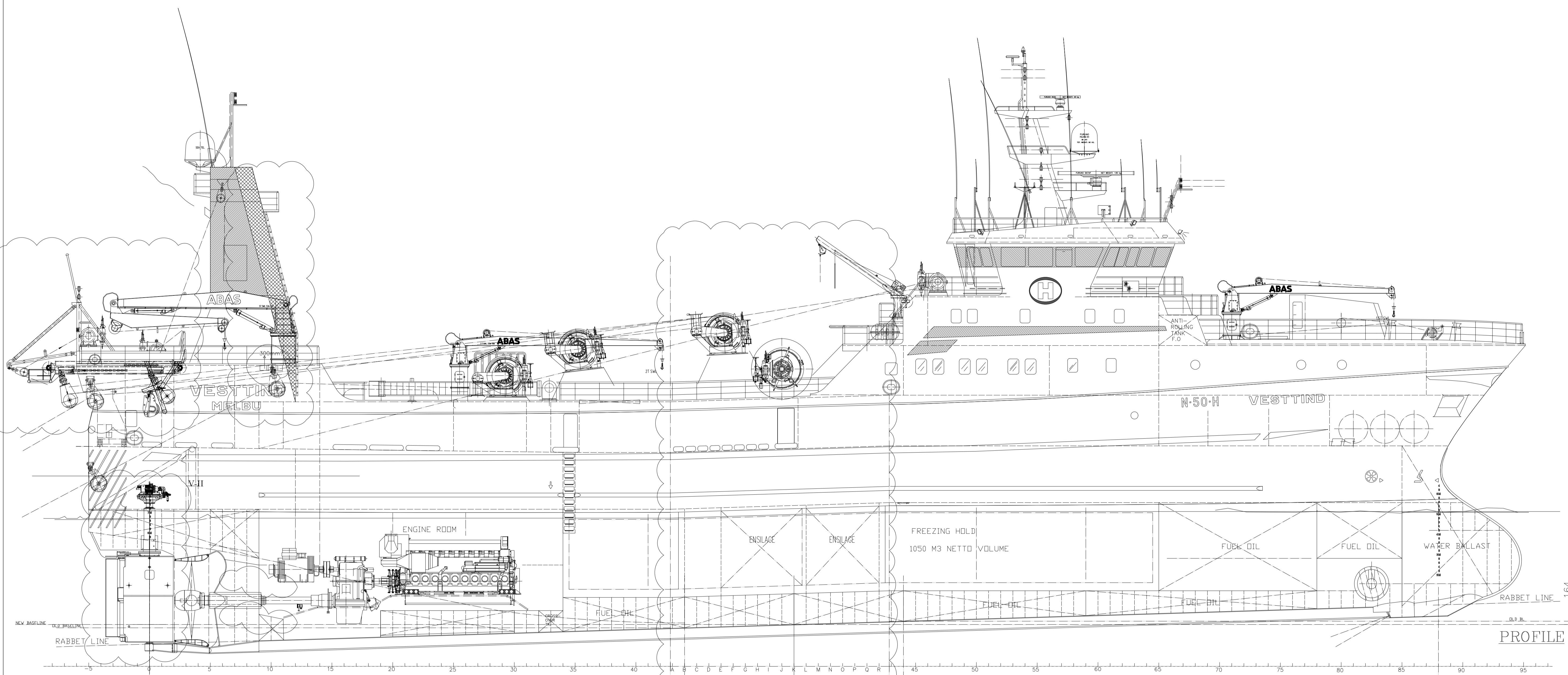
NH verdier													
		Lengde[m]		Vekt per lengde[tonn/m]		Vekt[tonn]							
09.02.2024		Plater	10.80	5.4	5.4	116.4							
		Stivere	10.80	0.31	4.5	4.5							
		Total				121.2							
10.05.2024		Plater	10.8	4.7	51.8								
		Stivere	10.8	0.133	2.0								
		Total			53.8								
18.05.2024		Plater	10.8	4.78	53.2								
		Stivere	10.8	0.18	3.9								
		Total			57.1								



Lengde [m]	Vekt [t]	LCG [m]	Konverteringsfaktor mellom mm ² to m ²	Konverteringsfaktor fra kg til tonn
0.00			0.80	0.000001

Stivere	Vekt per meter [kg]	Kiloe
HP 120x8.0	9.20	https://www.isisnetwork.com/isisglobal/odf/rodutscto_0133_51_en.pdf
HP 100x10	7.65	
HP 80x6	4.88	
HP 240x10	25.50	
HP 300x10	36.70	
HP 150x9	13.97	
HP 140x9	11.76	
HP 100x8.0	7.6	
HP 100x6.0	6.1	
FP 60x5	3.3	
HP 80x8	6.12	

Appendix V: GA Vesttind forlenget



MAIN DIMENSIONS:

LENGHT O.A.	71,50 m
LENGHT BETWEEN P.P.	63,60 m
BEAM	14,00 m
DEPTH TO MAIN DECK	5,85 m (old BL)
DEPTH TO SHELTER DECK	8,65 m (old BL)
DEPTH TO FORECASTLE DECK	11,15 m (old BL)
DEPTH TO BOAT DECK	13,60 m (old BL)
FRAME SPACING	600 mm

ACCOMMODATION FOR 25 PERSONS + HOSPITAL
 CLASS: DNV+1A1 ICE 1C STERN TRAWLER - EO
 HULL : DNV+1A1 ICE 1A*

REV.	DESCRIPTION	DATE	APPR.	DATE	REV.	SIGN.
A	REC. REC TO FACTORY APP. SHIP	04.01.99		07.07.99		BS
B	IMPROVED SHIP 42 HAZOP 63-64/ NEW ET 39-40, MAIN DECK			14.10.99		BN
C	IMPROVED NET DECK			20.05.00		WV
D	EDM/ATK/ELL/SHIP			03.03.2022		ST/MS

VESTTIND
GENERAL ARRANGEMENT

THIS SPECIFICATION/DRAWING IS OUR PROPERTY AND MUST NOT BE USED, REPRODUCED OR HANDED OVER TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR PERMISSION.

