



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi
Førsteamanuensis Jan Kåre Bøe

Modulsystem for båtsektoren

Modular system for the boat sector

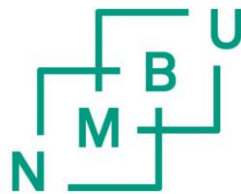
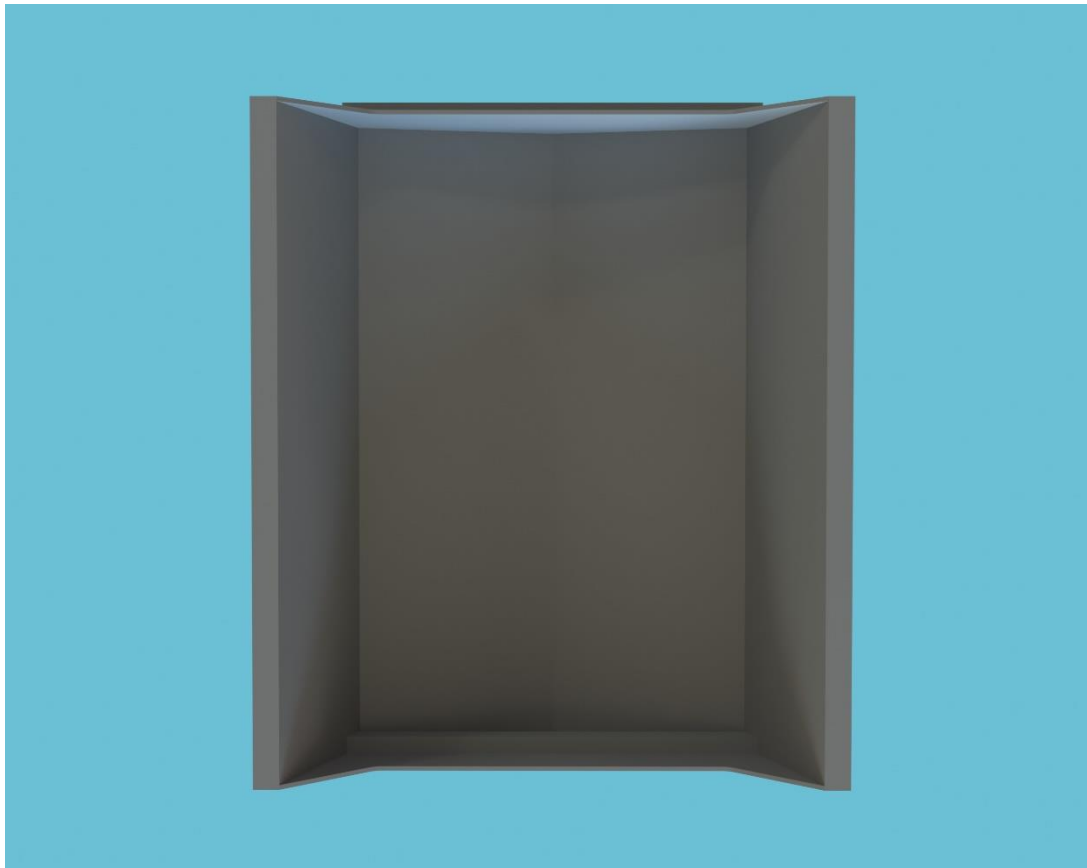
Mathias Rognlie Glomnes

Maskin, prosess -og produktutvikling
Fakultet for realfag og teknologi

Modulsystem for båtsektoren

av

Mathias Rognlie Glomnes



Masterarbeide i

Maskin, prosess- og produktutvikling

Fakultet for realfag og teknologi

NMBU, våren 2018

FORORD

Rapporten er skrevet i forbindelse med masterprogrammet i Maskin, prosess og produktutvikling, som er den siste obligatoriske delen av mitt 5-årige studie ved fakultetet for realfag og teknologi ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet. Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng, og er skrevet våren 2018.

Konstruksjon og design er fagområder som interesserer meg, så jeg ønsket derfor å ha en oppgave som kombinerer tekniske løsninger med formgivning. Ved bruk av mindre båter har jeg med tiden sett at det hadde vært praktisk med en jolle som var delt i flere seksjoner, som kunne gjort det enklere for brukeren å transportere og oppbevare mindre båter.

Bakgrunnen for oppgaven er et ønske om å forenkle transport og oppbevaring av mindre båter som for eksempel joller og landstedbåter. Modulisering ved hjelp av flere seksjonselementer som kan settes sammen for å få en komplett båt, kan bidra til enklere transport, oppbevaring og eventuelt forenkle produksjon. Hovedvekten er lagt på utvikling av løsning for innfestingen som holder sammen de ulike modulene.

Jeg vil rette en stor takk til førsteamanuensis Jan Kåre Bøe for god veiledning og støtte underveis. Jeg vil også takke førsteamanuensis Carlos Bringas Salas for all hjelp i forbindelse med ekstern konsepttesting, og min venn Terje Sofienberg for all støtte og for deling av nyttige erfaringer forbundet med båter.

I tillegg vil jeg rette en stor takk til foreldrene mine; Hilde Marie Rognlie og Magne Glomnes, og til søsteren min Maja Rognlie Glomnes for all støtte underveis i prosessen. Jeg vil takke broren min Andreas Rognlie Glomnes for nyttige tilbakemeldinger og diskusjoner knyttet til funksjon og design. Jeg vil også takke kjæresten min Annie Karine Dahl Tomter for all støtte og hjelp underveis.

Ås, mai 2018

.....
Mathias Rognlie Glomnes

SAMMENDRAG

Bakgrunn og motivasjon til valg av oppgave er basert på egne erfaringer og tanker knyttet til mulig forenkling av håndtering, transport og lagring av mindre båter som for eksempel joller og landstedbåter. Målet ble dermed å utvikle et modulsystem der flere mindre moduler settes sammen og danner en komplett båt, der hver modul er en vanntett enhet. Grunnprinsippet er at flere mindre båter (moduler) til sammen danner en komplett båt.

Et viktig delmål knyttet til modulsystemet er at det skal være intuitivt og enkelt for brukeren å montere og demontere modulene. Det skal heller ikke være behov for noen form for verktøy ved montering og demontering av modulsystem.

Det ble utarbeidet 3 ulike funksjonsalternativer knyttet til valg av løsning for toftemodul, og 3 ulike alternativer forbundet med valg av løsning for nedre innfesting av moduler. Disse ble satt inn i tabeller, og det ble nevnt fordeler og ulemper i forbindelse med de ulike alternativene.

Metodikk benyttet for å selektere mellom ulike alternative løsninger er Pughs metode. Metoden går ut på å velge ut aktuelle kriterier med tilhørende vektning i prosent ut ifra hvor avgjørende kriteriet er i forbindelse med valg av løsning. Gjennom hele oppgaven har det vært brukt både integrert produktutvikling (IPD) og SCAMPER i forbindelse med utviklingsprosessen. Arbeidet i forbindelse med tidlig skalamodell i målestokk i 1:5 har vært sentral med hensyn på å kartlegge hvilke tekniske løsninger som lar seg gjennomføre i praksis. Selv om dette er en forenklet modell, har den hatt stor verdi med tanke på tidlig i prosessen å få frem hvordan produktet vil bli i virkeligheten, og få frem detaljer som ikke kom klart nok frem kun ved hjelp av håndtegnede skisser.

Modulsystemets prototype er tegnet i Solid Works med følgende standard: ISO 128. Etter hvert som detaljnivået økte gjennom utvikling av del-løsninger, var det svært nyttig å arbeide med CAD i Solid Works. Dette gjorde det betydelig enklere å se for seg det eventuelle sluttproduktet, og se umiddelbare feil eller mangler. Konstruksjonen er basert på forenklete statiske styrkeberegninger.

Deretter ble det laget realistiske fremstillinger av de ulike modulene og de 2 ulike båtversjonene. Det ble også laget en monteringsanvisning som illustrerer hvordan montering av moduler gjøres trinn for trinn.

Selv om trinnene i prosessdiagrammet er satt etter hverandre, har flere av trinnene blitt utført samtidig. Dette er på grunn av at en del av trinnene henger sammen med hverandre og dermed avhenger av hverandre. For eksempel geometrisk utforming og styrke henger tett sammen, og som derfor påvirker hverandre.

Resultatet av arbeidet er en CAD-tegning av prototype av et modulsystem for båtsektoren. Modulsystemet består av 4 ulike moduler: Baugmodul, sentermodul, aktermodul og toftemodul. Modulsystemet kan danne to ulike båt-versjoner; jolle og landstedbåt. Jolle-versjon består av baugmodul, aktermodul og 1 stk. toftemodul. Landstedbåtversjon består av baugmodul, sentermodul, aktermodul, og 2 stk. toftemoduler. Maksimal effekt på utenbordsmotor er 8 Hestekrefter for begge båt-versjoner. Modulene rotasjonsstøpes av High Density Polyethylene (HDPE), da dette er et robust materiale mot slag, og er i tillegg relativt rimelig. Polyetylen er 100 % resirkulerbart, og er derfor et miljøvennlig alternativ.

Baugmodulens ytre mål er: 137x130x51cm, og vekten er estimert til å bli 23 kg. Denne modulen utgjør baugpartiet på begge båt-versjoner. Sentermodulens ytre mål er: 150x130x51cm, og vekten er estimert til å bli 30 kg. Denne modulen utgjør det midt-partiet på landstedbåt, den benyttes kun på landstedbåt-versjon. Aktermodulens ytre mål er: 145x130x51cm, og vekten er estimert til å bli 27 kg. Denne modulen utgjør akterpartiet på begge båt-versjoner. Toftemodulens ytre mål er: 20x106x15cm, og vekten er estimert til å bli 6 kg.

Toftemodulen utgjør toftepartiet på begge båt-versjoner. Jolle-versjonen benytter 1 stk. toftemodul, og landstedbåt-versjon benytter 2 stk. Jollens ytre mål er: 282x130x51cm, og vekten er estimert til å bli 56 kg. Landstedbåtens ytre mål er: 432x130x51cm, og en vekt på 92 kg.

Videre arbeid blir i hovedsak å gjennomføre mer nøyaktige styrkeberegninger for å redusere materialforbruk og dermed også redusere vekt der dette lar seg gjøre uten at det går for mye på bekostning av konstruksjonens styrke. Det bør også bli gjort videre utvikling av modulsystemet i forbindelse med tilpasning til flere bruksområder. Likeledes vil det gjøres forbedring av design med hensyn på å gjøre produktet bedre egnet for produksjon.

Videre utvikling av modulsystem vil bli utvikling av et trallesystem som skal gjøre flytting og håndtering av moduler enklere, da modulene i utgangspunktet er tunge å bære. En skisse av komponent til trallesystem er lagt til under videre utvikling i rapporten. Trallesystemet skal utvikles slik at de blir så kompakte å lette i vekt som mulig, slik at de enkelt kan tas med i båten.

ABSTRACT

Background and motivation for the choice of assignment is based on own experiences and thoughts related to the possibilities regarding simplification of handling, transportation and storage of smaller boats such as dinghies. The goal was thus to develop a modular system where several smaller modules were assembled to create a complete boat, each module being a waterproof unit. The basic principle is that several smaller boats (modules) together creates a complete boat.

An important subset of the modular system is that it should be intuitive and easy for the user to mount and dismantle the modules. There should also be no need for any tools for mounting and dismantling the modular system.

Three different alternatives were chosen for the choice of solution for the bench module, and 3 different options associated with the choice of solution for lower mounting of the modules. These were placed in tables, and there were mentioned the upsides and the downsides related to the various alternatives.

Methodology used to select between different alternative solutions is Pugh's method. The method is to select the relevant criteria with the corresponding weighting as a percentage of the crucial criterion in the choice of solution. Long-term throughput, both integrated product development (IPD) and SCAMPER have been used in connection with the development process. The work in connection with the early model in 1: 5 scale has been important in mapping out what technical solutions can be implemented in reality. Although this is a simplified model, it has been of great value in view of the early process of revealing how the product will be in reality and obtaining details that were not clear enough only by hand drawn sketches.

The prototype module system is designed in Solid Works with the following standard: ISO 128. As the level of detail increased relative to the development of sub-solutions, it was very useful to work with CAD in Solid Works. This made it considerably easier to anticipate any end product and see immediate errors or omissions. The construction is based on simplified static strength calculations.

Then there were made realistic representations of the different modules and the 2 different boat versions. A mounting instruction was also made which illustrates how to mount the modules step by step.

Although the process steps in the process diagram are shown after each other, several of the steps have been performed simultaneously. This is because much depends on each other and therefore affect each other. For example, geometric design and strength is closely related, and therefore affect each other.

The result of the work is a CAD of the prototype of a modular system for the boat sector. The module system consists of 4 different modules: Bow module, center module, aft module and bench module. The modular system can form two different boat versions; short dinghy and long dinghy version. The short dinghy version consists of bow module, aft module and one bench module. The long dinghy version consists of bow module, center module, aft module, and two bench modules. Maximum power on outboard engine is 8 Horsepower for both versions. The modules are rotational molded by High Density Polyethylene (HDPE), as this is a robust

material against impact, and is also relatively reasonable. Polyethylene is 100% recyclable and is therefore an environmentally friendly alternative.

The outer dimensions of the bow module are: 137x130x51cm, and the weight is estimated to be 23 kg. This module is the bow section on both the short dinghy and the long dinghy. The outer dimensions of the center module are: 150x130x51cm, and the weight is estimated to be 30 kg. This module is the mid-section on the long dinghy version, it is only used on the long dinghy version. The outer dimensions of the aft module are: 145x130x51cm, and the weight is estimated to be 27 kg. This module is the aft section of both versions. The outer dimensions of the bench module are: 20x106x15cm, and the weight is estimated to be 6 kg. The bench module is the bench section on both versions. The short dinghy version uses 1 bench module, and the long dinghy version uses 2 bench modules. The short dinghy versions outer dimensions are: 282x130x51cm, and the weight is estimated to be 56 kg. The long dinghy versions outer dimensions are: 432x130x51cm, and a weight of 92 kg.

Further work is essentially to perform more accurate strength calculations to reduce material consumption and thus also reduce weight where this can be done without too much at the expense of the strength. There will also be further development of the modular system in connection with adaptation to multiple applications. Improvement of design will also be made to make the product more suitable for production.

Further development of modular systems will be the development of a trolley system that will make moving and handling simpler, as the modules are going to be quite heavy to carry. A sketch of the trolley component is added under further development in the report. The trolley system should be developed so that it becomes as compact and light as possible, so that the trolley component can easily be taken with you in the boat.

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING.....	5-10
1.1. Bakgrunn.....	5
1.2. Modulsystemer.....	5
1.3. Tidlig ide og konseptbeskrivelse.....	7
1.4. Markedsbehov og potensiale.....	9
1.5. Oppdragsbeskrivelse.....	10
1.6. Problemstillinger og teknologiske flaskehalsar.....	10
2. PROSJEKTPLAN.....	11-12
2.1. Prosjektmalsettinger.....	11
2.2. Tids og arbeidsplan med milepeler.....	11
2.3. Begrensninger for arbeidet.....	12
3. METODEBESKRIVELSE.....	13-24
3.1. Terminologi og begreper.....	13
3.2. Metodebruk og losningsverktoy.....	15
3.2.1. Integrated Product Development.....	15
3.2.2. Stuart Pughs metode.....	16
3.2.3. Alex Osborne SCAMPER.....	17
3.3. Kvalitetssikring.....	18
3.4. Prosesstrinn.....	19
3.5. Lineare og integrerte modulsystemer.....	20
3.6. Teori og teknologiutredning.....	21
3.6.1. Arkimedes` lov.....	21
3.6.2. Bernoullis prinsipp.....	21
3.6.3. Laminar og turbulent stromning.....	22
3.6.4. Motstand i vase.....	22
3.7. Konkurrerende losninger.....	23

4. PRODUKTSPEISIFISERING.....	25-26
4.1. Produktmålsetting.....	25
4.2. Rangering av viktige produkttegenskaper.....	25
4.3. Metriske grensespesifikasjoner, variasjonsbredde.....	25
4.4. Metriske grovspeisifiseringer for produkttypen.....	26
4.5. Tidlige kostnadsvurderinger.....	26
5. KONSEPTGENERERING.....	27-38
5.1. Funksjonsanalyse for produkttypen.....	27
5.2. Funksjonsalternativer med skisser.....	29
5.3. Tidligvurderinger.....	30
5.3.1. Statisk beregning av oppdriftskraft.....	30
5.3.2. Beregning av volumet til fortrengt væske.....	31
5.3.3. Statisk beregning av maksimal bøyespenning.....	32
5.4. Materialvalg.....	33
5.4.1. Valg av kriterier.....	34
5.4.2. Vekting av kriterier.....	34
5.4.3. Seleksjonsmatrise for valg av materiale.....	34
5.5. Form- og estetikkalternativer med skisser.....	35
5.5.1. Formspråk.....	35
5.5.2. Tidlig skalamodell i målestokk 1:5.....	36
6. EGENSCREENING OG KONSEPTVALG.....	39-44
6.1. Utvikling av seleksjonsmatrise.....	39
6.2. Egen konseptscreening.....	39
6.2.1. Valg av kriterier.....	39
6.2.2. Vekting av kriterier.....	40
6.2.3. Seleksjonsmatrise for valg av løsning for toftemodul.....	37
6.2.4. Seleksjonsmatrise for valg av løsning for innfesting.....	38
6.3. Foretrukne løsnings- og estetikkalternativer.....	38

7. EKSTERN KONSEPTTESTING.....	45-46
7.1. Målsettinger for testingen.....	45
7.2. Valg av testpopulasjon.....	45
7.3. Innhold og form på testskjemaer, kommunikasjonsform.....	45
7.4. Resultater og resultattolkning.....	46
7.4.1. Objektiv vurdering av konseptide.....	46
7.4.2. Kartlegging av ergonomisk toftehøyde.....	46
8. PRODUKTARKITEKTUR OG KONSEPTDESIGN.....	47-54
8.1. Sammenstilling.....	47
8.2. Design av hovedelementer.....	48
8.3. Modularisering og standardkomponenter.....	53
9. ROBUSTHET, VEDLIKEHOLD OG RESIRKULERING.....	55-56
9.1. Materialeegenskaper, overflatebehandling, styrke og vedlikehold.....	55
9.1.1. Materialeegenskaper.....	55
9.1.2. Overflatebehandling.....	56
9.2. Miljøkrav og resirkulering.....	56
10. FRAMSTILLING OG PRODUKSJONSKOSTNADER.....	57-62
10.1. Produksjonsmetoder.....	57
10.2. Kostnadskalkyle for prototype.....	58
10.3. Kostnadsanalyse for serieproduksjon.....	59
10.4. Konkurrentanalyse.....	61
11. MARKEDSPRESENTASJON.....	63-68
11.1. Rendrerte framstillinger.....	63
11.2. Tekniske beskrivelser.....	67
11.3. Videre utvikling.....	68
12. PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON.....	69-72
12.1. Konseptutviklingsarbeidet, forbedringspotensialer.....	69
12.2. Designrevisjon, produksjon, kostnadsreduksjon.....	72

13. KONKLUSJON.....	73-74
13.1. Resultater og anbefalinger.....	73
13.2. Videre arbeid.....	73
14. REFERANSER.....	75-79
14.1. Skriftlige kilder.....	75
14.2. Nettkilder.....	77
15. VEDLEGG.....	80-81
15.1. Vedlegg 1: Sammenstillingstegning med hovedmål.....	80
15.2. Vedlegg 2: Eksplosjonstegning med nummererte elementer i sekvens.....	81

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

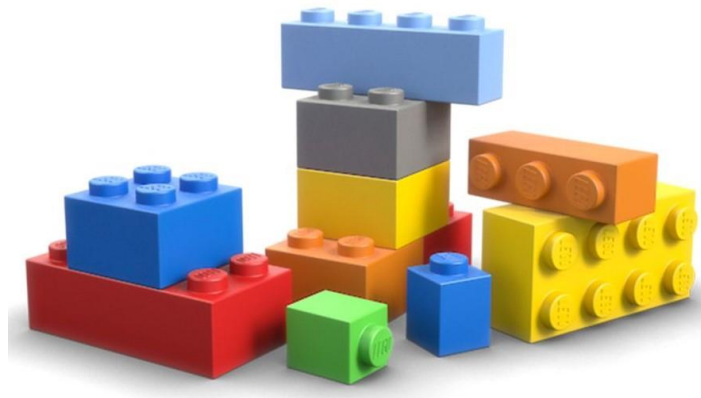
Ved bruk av mindre båter som for eksempel joller, kan det være en del utfordringer i forbindelse med frakting og oppbevaring. Et modulsystem bestående av mindre seksjonselementer som settes sammen for å få en komplett båt, kunne potensielt både forenklet frakting og oppbevaring.

Ved å ha flere mindre seksjoner gjør dette at man enklere kan unngå tunge løft ved handtering og flytting. Mindre seksjoner gjør det også mulig å frakte båter på bilhengere som ikke kun er laget for transport av båter. Dersom modulene utformes slik at de kan stables opp i hverandre, kan dette muliggjøre oppbevaring i garasje og eventuelt i mindre skjul. Dersom man ønsker å ha en båt som er relativ enkel å frakte, og som ikke tar like mye plass som en tradisjonell båt ved lagring, og som ikke er gummibåt, så kan en plastbåt delt i flere mindre seksjoner være et alternativ. Ved potensielle skader på ulike steder, kan man for eksempel kun kjøpe ny baugmodul dersom man har fått skade i dette området på båten.

Dersom man ønsker å ha både en jolle og en landstedbåt, men ikke har lyst til å bruke penger på to ulike båter, så kan dette løses ved å ha en sentermodul som legges til mellom jolla sin baug- og akter-modul dersom man ønsker å ha en landstedbåt. Bakgrunnen for prosjektet er hovedsakelig et ønske om en båt som er mer fleksibel i bruk, og i tillegg kan redusere kostnader i forbindelse med bruk og vedlikehold.

1.2. Modulsystemer

Modulsystemer har mange ulike bruksområder. Et modulsystem mange møter på tidlig i livet er Lego. Der man kan sette sammen legoklossene i ulike kombinasjoner og dermed lage forskjellige konstruksjoner og former. Man kan dermed enten bygge etter en oppskrift eller bygge selvdesignede konstruksjoner. Legoklossene (modulene) kan på denne måten bli til mange forskjellige gjenstander ved ulik sammensetning.



Figur 1.2.1: Legoklosser (1).

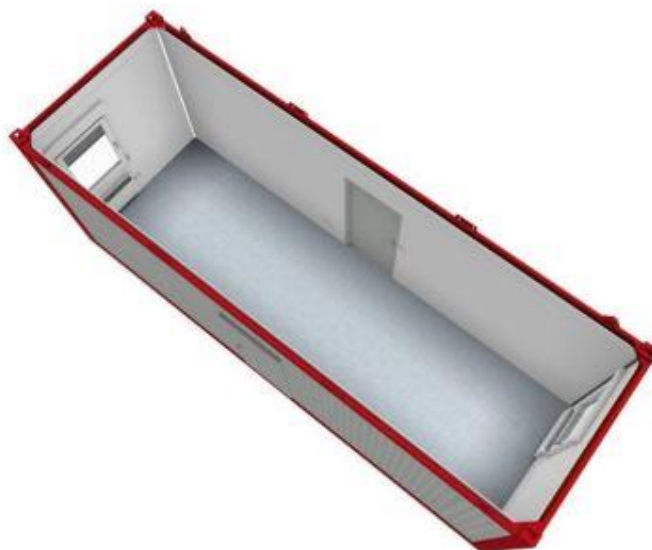
Et annet kjent modulsystem er benyttet i transportsektoren i form av Containere. Disse har standardiserte mål på samme måte som legoklosser og er tilpasset bredden til lastebiler med hensyn på transport på trailere og semitrailere samt togvogner. Modulbaserte beholdere som for eksempel Containere, gjør transport mer praktisk og systematisk da de er laget for å kunne stables oppå hverandre. Siden Containerne er standardiserte moduler gir dette høy grad av

tilgjengelighet ved anskaffelse da disse er standard «hyllevare». Containere har fått flere bruksområder med tiden, blant annet til hybelleiligheter og oppbevaring av utstyr for eksempel på byggeplasser.



Figur 1.2.2: Containere (2).

Brakker er enda et eksempel på modulsystem. På samme måte som Containere er disse laget for å kunne fraktes på lastebil og tog. På lik linje med Containere kan brakker stables oppå hverandre for å være plassbesparende ved bruk og ved transport.



Figur 1.2.3: Kontorbrakke (3).

Det benyttes også moduler ved bygging av store skip. Modulene kan dermed bygges innendørs i kontrollerte forhold, og deretter monteres sammen utendørs. Dette gjør byggeprosessen mer forutsigbar og standardiserer byggingen av skip.



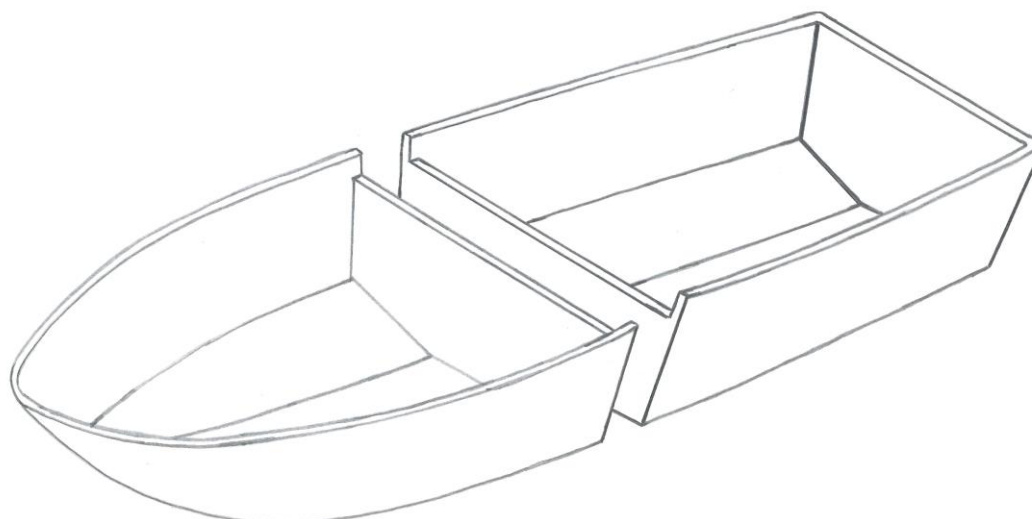
Figur 1.2.4: Skipsmoduler (4).

1.3. Tidlig ide og konseptbeskrivelse

Konseptbeskrivelsen tar for seg de overordnede funksjonene forbundet med konseptide, skissene vil derfor ha lav grad av detaljer på dette stadiet. Det er i utgangspunktet tenkt at to ulike versjoner av små-båter skal bestå av samme baugmodul og samme aktermodul, der det kun er landstedbåt som i tillegg består av en sentermodul som monteres mellom baugmodul og aktermodul. Nedenfor er en oversikt over moduler og plasseringsrekkefølge til de to ulike båtversjonene.

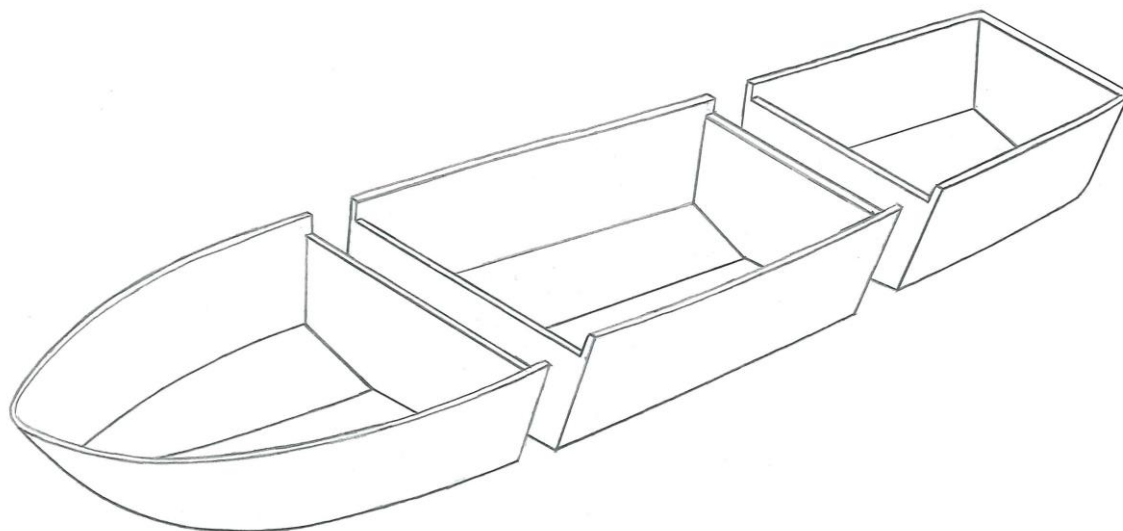
Versjon 1: Jolle: baugmodul og aktermodul.

Versjon 2: Landstedbåt: baugmodul, sentermodul og aktermodul.



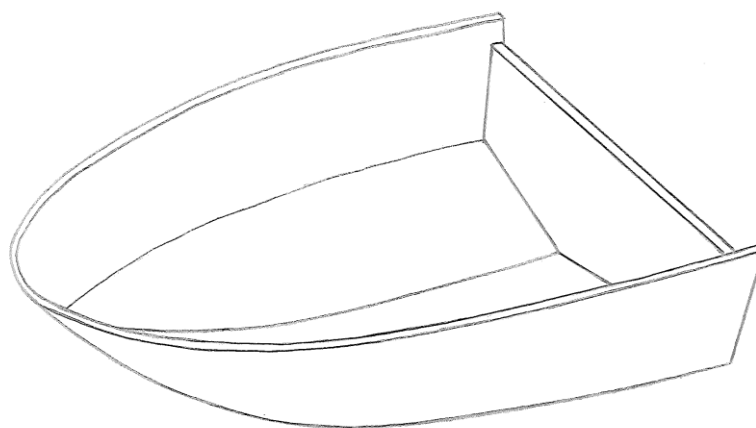
Figur 1.3.1: Jolle bestående av baugmodul og aktermodul. Skissen illustrerer de ulike modulenes basisform og plassering.

Nedenfor er en tidlig skisse av versjon 2, landstedbåt. Skissen illustrerer hvordan båten er delt opp i flere moduler, og hvordan de ulike modulene er plassert. Mer detaljerte løsninger knyttet til innfesting av moduler vil basere seg på basiskonseptet, illustrert på figur 1.3.2.

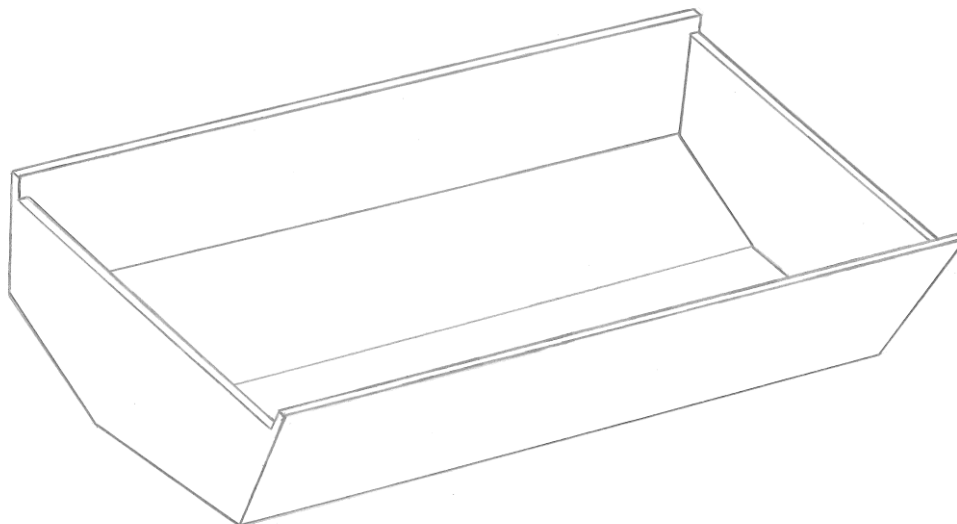


Figur 1.3.2: Landstedbåt bestående av baugmodul, sentermodul og aktermodul. Skissen illustrerer de ulike modulenes basisform og plassering.

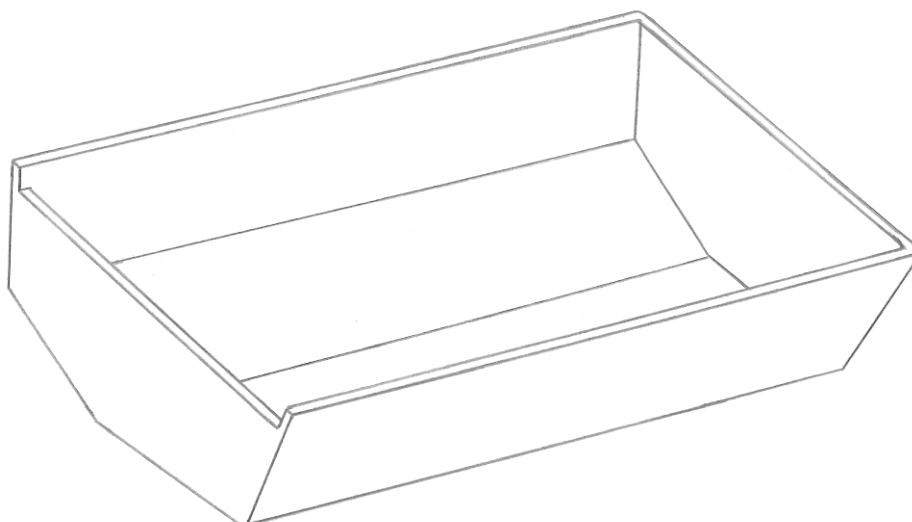
Tegninger av baugmodul, sentermodul og aktermodul er vist nedenfor. Disse skal først og fremst få frem basisformen til de ulike modulene. Mer detaljerte tegninger av modulene vil komme etter hvert som de tekniske løsningene blir utarbeidet.



Figur 1.3.3: Tidlig skisse av baugmodul, som illustrerer modulens basisform.



Figur 1.3.4: Tidlig skisse av sentermodul, som illustrerer modulens basisform.



Figur 1.3.5: Tidlig skisse av aktermodul, som illustrerer modulens basisform.

1.4. Markedsbehov og potensiale

Det er i utgangspunktet et relativt stort marked for mindre båter / joller, så dersom en modulbasert båt som er enklere å handtere og i tillegg er mer plassbesparende ved oppbevaring hadde vært på markedet, skulle i utgangspunktet et slikt produkt kunne ha relativt stort potensiale. For at produktet skal ha potensiale i markedet, er nok brukervennlighet helt avgjørende, det at montering og demontering av moduler går smertefritt er antagelig kritisk for at produktet skal slå an på markedet. Produktet har muligheten til å ha et konkurransefortrinn dersom salgspris ikke er høyere sammenlignet med tradisjonelle båter som ikke består av mindre seksjoner (moduler). Modulløsningen kan potensielt sett ha flere ulike fordeler sammenlignet med tradisjonelle løsninger, blant annet at modulene kan selges særskilt. Dette gjør det mulig å for eksempel kjøpe kun baug- og akter-modul, dersom kjøperen i utgangspunktet har behov for en jolle. Kunden kan senere kjøpe midt-modulen dersom det blir behov for en større og mer romslig båt. Ved eventuelle skader på modulbasert båt ved bruk, blir

det dermed også mulig å kun skaffe ny baug-modul dersom skaden på båten er i dette området. For at produktet skal være mest mulig plassbesparende, er det viktig at modulene kan stables oppi hverandre.

1.5. Oppdragsbeskrivelse

Prosjektet går ut på å utrede og utvikle et modulsystem for marine-sektoren. Hovedvekten blir lagt på innfestingen av modulene med utgangspunkt i jolle og landstedbåt. Det blir også lagt vekt på brukervennlighet i forbindelse med montering og demontering av de ulike modulene. Ett mål er at det ikke skal kreves noen verktøy eller spesielle ferdigheter for å montere sammen modulene. Oppgaven er å utvikle og designe 3 ulike moduler som kan monteres sammen for å få en komplett båt. Utgangspunktet for prosjektoppgaven er dermed å utvikle og designe en baugmodul, en midt-modul og en akter-modul. Modulene skal kunne stables oppi hverandre, og vekt per modul skal ligge på omtrent 25 kg. Utgangspunktet for valg av materiale vil kunne bli plasttypen Polyetylen, samme type plast som Pioner benytter når de rotasjonsstøper sine båter (5).

1.6. Problemstillinger og teknologiske flaskehals

Problemstillinger:

- Sikkerhetskrav: Integrerte flyteelementer.
- Ergonomisk design: Ergonomisk plassering av tofte.
- Funksjonalitet: Løsning for innfesting av moduler.
- Brukervennlighet: Enkel montering av moduler, uten bruk av verktøy.
- Vekt: Design som gir lav egenvekt for enkel håndtering og transport.
- Robusthet: Slagseighet, motstandsevne mot slag/støt ved bruk.
- Kostnader: Investeringer, arbeidstimer og material.
- Produksjon: Finne egnet produksjonsmetode.

Teknologiske flaskehals:

- Aktuelle patenter: Relevante tekniske løsninger som er beskyttet av gyldige patenter.
- Materialutvalg: Begrenset utvalg egnet for produksjon av båter.
- Materialeegenskaper: Flytspenning, bruddspenning, E-modul, massetetthet og slagseighet.
- CAD tegneprogram: Begrenset antall funksjoner og forenklinger i tegneprogram.
- Produksjonsmetode: Begrensninger knyttet til ulike produksjonsmetoder.
- Forenklete beregningsmetoder: Forenklinger knyttet til styrkeberegninger som dermed gir begrenset nøyaktighet.
- Standardkomponenter.

Det er lagt ned en del arbeid i forbindelse med patentsøk, dette for å kartlegge hvilke tekniske løsninger modulsystemet må unngå å benytte. Patentsøkene er utført i Google Patents: <https://patents.google.com/>. Det er lagt til linker til relevante patenter knyttet til modulsystemer for båtsektoren i litteraturlisten under nettkilder.

2. PROSJEKTPLAN

2.1. Prosjektmålsettinger

Det har blitt utarbeidet hovedmål og delmål for å tydelig få frem hvilke aspekter ved prosjektet som blir sett på som de viktigste, og som vil bli mest vektlagt under prosjektperioden.

Hovedmål:

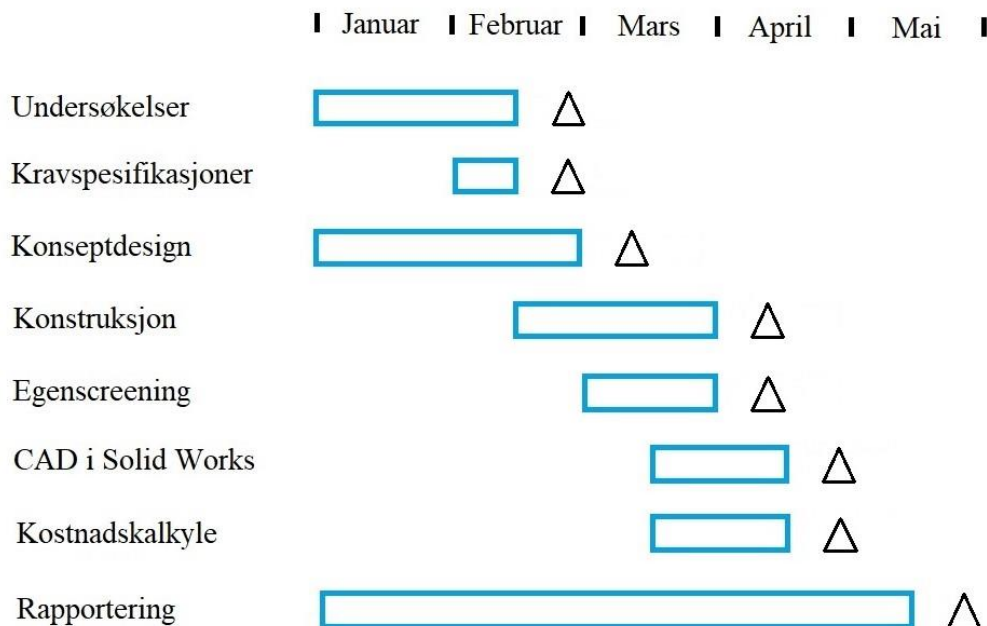
«Å utrede og utvikle et modulsystem for båtsektoren som muliggjør enklere transport og oppbevaring av mindre båter, samt ivareta sikkerhetsmessige aspekter».

Delmål:

- Undersøkelser, patentsøk og konkurrerende løsninger.
- Kravspesifikasjoner, lengde og bredde.
- Konseptdesign, konseptets grunndesign.
- Konstruksjon, grunnlagsberegninger og tekniske løsninger.
- Analyser, egenscreening og ekstern konsepttesting.
- CAD i Solid Works, produktarkitektur.
- Kostnads kalkyle.
- Rapportering.

2.2. Tids og arbeidsplan med milepeler

Det er utarbeidet en arbeidsplan for å redusere mulighetene for å havne i en tidsklemme. Arbeidsplanen skal dermed gjøre prosjektperioden mer forutsigbar og håndgripelig.



Figur 2.2.1: Tids og arbeidsplan med milepeler, der milepelene er merket med et trekantsymbol i slutten av hver arbeidsoppgave.

Tabell 2.2.1: Milepeler med tilhørende dato for når de skal være utført.

Milepel (M)	Beskrivelse	Dato
M1	Undersøkelser	14.02.2018
M2	Kravspesifikasjoner	14.02.2018
M3	Konseptdesign	28.02.2018
M4	Konstruksjon	31.03.2018
M5	Analyser	31.03.2018
M6	CAD i Solid Works	15.04.2018
M7	Kostnads kalkyle	15.04.2018
M8	Rapportering	15.05.2018

2.3. Begrensninger for arbeidet

Begrenset tid (i utgangspunktet 900 timer) fører til betydelige begrensninger knyttet til arbeidet. Erfaringsmessig er det mangel på tid som er den største begrensningen. Begrensede kunnskaper og ferdigheter utgjør også en stor del. Denne begrensningen er sterkt koblet til begrenset tid, da det tar tid å lære seg nye ting. Siden målet i hovedsak går ut på å utvikle et brukervennlig og funksjonelt modulsystem med potensiale til å bli et reelt produkt, må en del områder bli satt opp som begrensninger som igjen blir videre arbeid etter endt gradsarbeid. Hovedfokuset gjennom denne oppgaven er knyttet til de funksjonelle løsningene ved modulsystemet, derfor er det flere aspekter ved utviklingen av modulsystemet som må nedprioriteres. Nedenfor er en oversikt over begrensninger knyttet til denne oppgaven:

- Styrkeberegninger vil kun bli utført i de mest belastede områdene.
- Designarbeidet vil i hovedsak bli gjennomført med utgangspunkt i at form følger funksjon.
- Designarbeidet vil bli basert på tradisjonell design knyttet til småbåter.
- Det vil ikke bli gjort strømmingssimulering for å optimere design.
- Designarbeidet vil ikke omfatte tegning av flyteelementer.
- Eventuell nedskalert modell vil være svært forenklet med hensyn på utforming.
- Det vil kun bli gjort en begrenset analyse knyttet til materialvalg.
- Det vil kun bli gjennomført en begrenset konkurrentanalyse med fokus på veldig lignende eksisterende produkter.
- Tilleggsutstyr vil ikke bli tegnet eller bli gjort rede for i oppgaven.
- Det vil ikke bli gjennomført utmattingsberegninger.
- Det vil kun bli gjort forenklete håndberegninger knyttet til dimensjonering.
- Kostnads kalkylene vil kun bli basert på estimerte verdier.
- Det vil ikke bli gjennomført en Life Cycle Assessment av materiale som blir valgt.
- Det vil kun bli gjort empiriske forsøk i forbindelse med ergonomisk utforming.

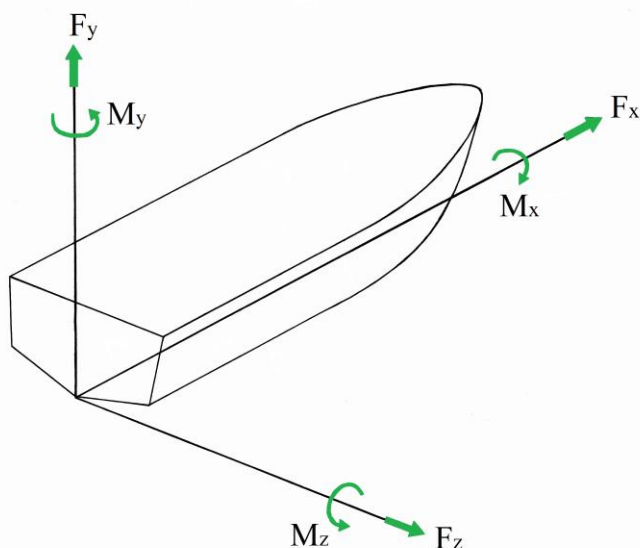
3. METODEBESKRIVELSE

3.1. Terminologi og begreper

Det er en del begreper forbundet med maritime fartøy. Nedenfor er en oversikt over maritime begreper med tilhørende betydning. Disse begrepene vil bli benyttet videre gjennom oppgaven.

Tabell 3.1.1: Sentrale begreper knyttet til maritime fartøy med tilhørende betydning.

Begrep	Betydning
Baug	Forparten på maritime fartøy
Akter	Bakparten på maritime fartøy
Styrbord	Fartøyets høyre side sett fra akterenden
Babord	Fartøyets venstre side sett fra akterenden
Tofte	Tverrgående benk i maritime fartøy



Figur 3.1.1: Koordinatsystem med definerte positive retninger for krefter (positiv retning ut fra origo), F og momenter, M (positiv dreieretning med klokka, sett fra origo).

x-aksen representerer båtens lengde, z-aksen representerer båtens bredde, og y-aksen står i vertikal retning. Dette er på grunn av at y-aksen i en del tilfeller representerer høyde.

Origo er der x-aksen, y-aksen og z-aksen krysser hverandre.

F_x , F_y og F_z har alle positiv kraft-retning i retning ut fra origo.

M_x , M_y og M_z har alle positiv dreieretning med klokka, sett fra origo.

Videre er en oversikt over aktuelle symboler, og sentrale formler som blir benyttet senere i oppgaven.

Tabellen nedenfor gir en oversikt over symboler benyttet i rapporten med tilhørende betydning og enhet.

Tabell 3.1.2 Symbol, betydning og enhet.

Symbol	Betydning	SI-enhet
F	Kraft, generelt	N
F _o	Oppdriftskraft	N
A	Tverrsnittsareal	mm ²
σ	Spenning	MPa
V	Volum	m ³
ρ	Massetetthet	kg/m ³
m	Masse	kg
I	Annet arealmoment	mm ⁴
G	Tyngdekraft	N
P	Trykk	MPa

Tabell 3.1.3: Formler benyttet i oppgaven.

Betydning	Formel	Indeks
Arkimedes sin lov.	$F_o = V \cdot \rho \cdot g$	5.3.2
Arkimedes sin lov løst med hensyn på volum til fortrenget væske.	$V = \frac{F_o}{\rho \cdot g}$	5.3.2
Beregning av tyngdepunktets høyde.	$TP = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$	5.3.3
Steiners formel.	$I_{xi} = I_{x0i} + A_i \cdot y_{0i}^2$	5.3.3
Andre arealmoment for rektangel.	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$	5.3.3
Det totale andre arealmoment for tverrsnitt.	$I_x = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3}$	5.3.3
Momentberegning	$M = F \cdot L$	5.3.3
Bøyepening	$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y$	5.3.3

Tabell 3.1.3 Formler benyttet i oppgaven, fortsettelse.

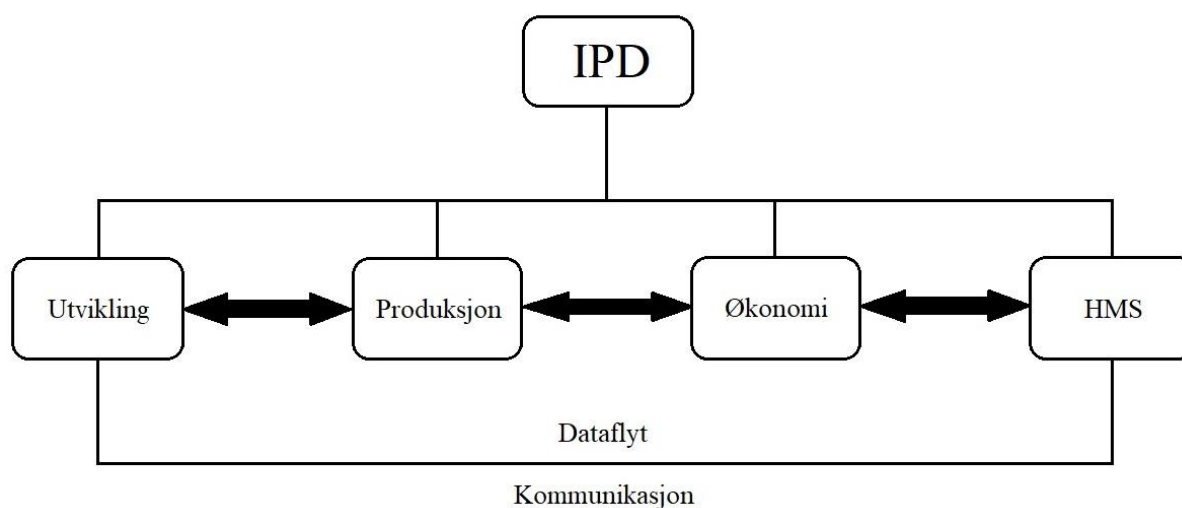
Betydning	Formel	Indeks
Total enhetskostnad ved antall produserte enheter, x	$\text{TEK} = \frac{\text{VK}}{x} + \frac{\text{FK}}{x}$	10.3.

Tabell 3.1.4: Prefikser med tilhørende symbol og størrelse.

Symbol	Betydning	Størrelse
M	Mega	10^6
k	Kilo	10^3
m	Milli	10^{-3}

3.2. Metodebruk og løsningsverktøy

3.2.1. Integrated Product Development (NO: Integreert produktutvikling)



Figur 3.2.1: Illustrasjon av integrert produktutvikling.

Integreert produkt-utvikling handler i hovedsak at produktet produsenten produserer har spesifikasjoner og egenskaper som samsvarer med kundens behov (6). For å kunne utvikle et produkt som blir suksessfullt på markedet, må man ha en forståelse av hvordan produktet blir mottatt av forbrukeren. Med tiden har det blitt mer og mer krevende å følge med i tiden, grunnet at utviklingen generelt går raskere og raskere. Ved bruk av en strukturert og analytisk utviklingsmetode, er det nok enklere å få ekstern økonomisk støtte.

I startfasen av utviklingen av et produkt kan det være svært nyttig å kartlegge hva behovene/kravene til potensielle forbrukere er for å forsikre seg at det er et reelt marked for et slikt produkt, og at produktet som helhet er best mulig tilpasset gjennomsnittet sine preferanser. Leverandører kan med fordel involveres tidlig i utviklingsfasen, da de på mange måter gir rammene for hva som lar seg gjennomføre med hensyn på design, egenskaper og spesifikasjoner.

Det er derfor viktig å ha tilgang på verktøy som kan omstilles hurtig, da det er kritisk for produsenter å ha evnen til å endre og tilpasse produktene til det forbrukerne har behov for til enhver tid. Det kan for eksempel være svært nyttig å tegne produktet i CAD (Computer-Aided Design), slik at man får en konsekvent og realistisk 3D-tegning av det aktuelle produktet. Noen av fordelene med å benytte CAD, er blant annet at man hele tiden underveis kan oppdatere tegningene for å optimalisere design og konstruksjon. CAD er også svært nyttig på den måten at man kan gjennomføre styrkeberegninger med FEM-analyse som gir en oversikt over de mest belastede områdene, slik at man eventuelt kan gjøre forsterkninger i konstruksjonen der dette er nødvendig. På denne måten kan produsent, leverandør og utviklere bli enige om tekniske løsninger og design med utgangspunkt i forbrukernes behov og produsentenes preferanser, i forbindelse med produksjon og produksjonsmetoder.

Det kan også være svært nyttig å simulere hvordan selve produksjonen skal foregå, slik at man eventuelt kan kartlegge eventuelle svakheter med design med hensyn på valgt konstruksjonsmetode og gjøre endringer slik at design samsvarer bedre med ønsket produksjonsmetode.

Integrert produkt-utvikling gjør utviklingsprosessen mer strømlinjeformet og sluttproduktet er mest mulig tilpasset kravene til forbruker, og at produktets design lar seg produsere med den aktuelle produksjonsmetoden. Det å ha tilgang på verktøy som er fleksible og enkelt lar seg omstille, er avgjørende for å kunne gjøre de nødvendige endringene i løpet av kortest mulig tid. For at utviklingsprosessen skal gå mest mulig effektivt, er det viktig at kommunikasjonen er god mellom samtlige aktører, slik at utveksling av ideer og mulige forbedringer er en kontinuerlig prosess.

Kombinasjonen av fleksible utviklingsverktøy og god kartlegging av forbrukernes behov/krav skal ideelt sett redusere utviklingskostnader og i tillegg sikre at forbrukerne får et produkt som tilfredsstillende kravene som stilles.

3.2.2. Stuart Pughs metode

Pughs metode er en systematisk og kvantitativ metode som systematiserer beslutningsprosesser (7). Metoden går ut på å velge noen kriterier man mener er sentrale i forbindelse med valg av beste alternativ. De ulike valgalternativene og de ulike kriteriene settes inn i en valgmatrise der alternativene vanligvis settes i hver sin kolonne, og kriteriene settes i hver sin rad. I den første delen av beslutningsprosessen velger man alternativ kun med basis i valgte kriterier. Senere i beslutningsprosessen tillegges kriteriene vektning i prosent. Kriteriene blir vektet etter grad av viktighet, der for eksempel kriterie 1 blir vektet høyt og kriterie 2 blir vektet lavt. Deretter blir alternativet som får høyest poengsum blir valgt. For at denne metoden skal føre frem til gode valg, avhenger det av at det er valgt egnede kriterier og fornuftig vektning. Metoden avhenger også av at brukeren har relevant kompetanse knyttet til de ulike alternativene og hvilke egenskaper som er mest avgjørende for at produktet skal bli best mulig. En av styrkende til denne beslutningsmetoden er at den er enkel å lære seg og at den er ryddig og oversiktlig å formidle til andre. Dette er en metode som er en del brukt da den er takknemlig å lære seg og er en logisk og oversiktlig beslutningsprosess. Metoden fører til økt bevisstgjøring rundt valgkriterier og vektlegging av disse.

3.2.3. Alex Osborne SCAMPER

SCAMPER er en produktutviklingsmetode der man kan bruke ulike tilnæringer med hensyn på å utvikle et produkt eller en tjeneste (8).

Tabell 3.2.1: Norsk tolkning av de ulike trinnene i SCAMPER.

Engelsk	Norsk tolkning
Substitute	Erstatte
Combine	Kombinere
Adapt	Tilpasse
Modify	Modifisere
Put to another use	Bruke på annen måte
Eliminate	Eliminere
Reverse/ rearrange	Reversere/ Omordne

Substitute går ut på å erstatte en eksisterende løsning med en ny løsning med lignende egenskaper. For eksempel at briller blir erstattet med linser.

Combine går ut på å kombinere flere produkter i ett enkelt produkt for eksempel slik som Leatherman har gjort i forbindelse med sine flerfunksjonelle verktøy.

Adapt går ut på å tilpasse et produkt slik at det kan brukes i en ny sammenheng, for eksempel applikasjoner på mobiltelefoner der man kan utføre oppgaver man tidligere måtte gjøre på en Bærbar eller stasjoner PC.

Modify går ut på å modifisere en eksisterende løsning, for eksempel redesigne et bilkarosseri slik at bilens design er tilpasset dagens marked.

Put to another use kan for eksempel være å teste produktet i en ny setting/annet marked som kan være utestet med et slikt produkt.

Eliminate går ut på å fjerne/reducere antall komponenter, det kan både være for å senke produksjonskostnader og øke robustheten til produktet.

Reverse / rearrange går ut på å endre rekkefølge i en prosess eller endre strukturen i et produkt, noen spisesteder tar for eksempel betalt før man får maten og på andre spisesteder får man regningen til slutt og betaler etter man har fått maten.

I likhet med integrert produktutvikling, bør også SCAMPER brukes kontinuerlig for å kunne holde følge med utviklingen og dermed overleve fremover i tid.

Tabell 3.2.2: Programvare som benyttes.

Type arbeid	Programvare	Versjon
CAD	Solid Works	2017
Figurer	Paint	2017
Rapportering	Microsoft Word	2017

3.3. Kvalitetssikring

For å forsikre seg om at produktet oppfyller ulike krav og standarder, må produktet som helhet kvalitetssikres. Dette gjøres ved å kvalitetssikre de ulike fagområdene knyttet til utvikling av produktet. Det kan for eksempel være aktuelt å kvalitetssikre produktet med hensyn på klemfare ved overganger mellom moduler.

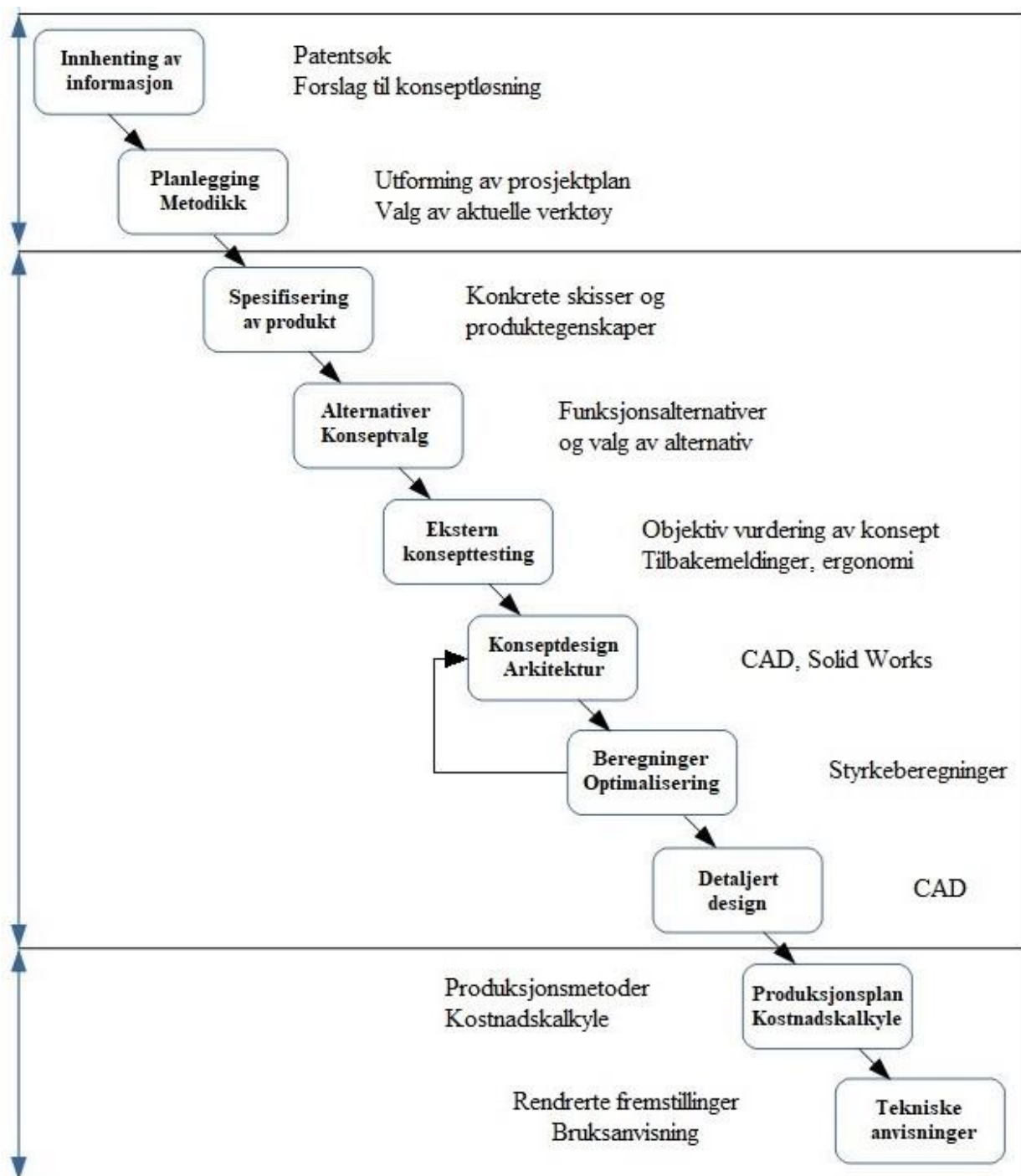
Tabell 3.3.1: Aktuelle standarder for ulike typer arbeid.

Type arbeid	Aktuelle standarder
CAD	ISO 128
Styrkeberegninger	Euro Code 3
Utmattingsberegninger	Tekniske tabeller
Generell kvalitetssikring	ISO 9000
Produktutvikling og konstruksjon	ISO 900

Tabell 3.3.2: Aktuell litteratur for ulike fagområder.

Fagområde	Aktuell litteratur
Produksjon	Making It, Chris Lefteri
Materialegenskaper	Materials And Environment
Produktutvikling	Total Design, Stuart Pugh

3.4. Prosesstrinn

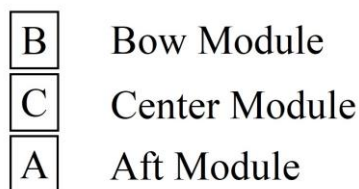


Figur 3.4: Illustrasjon av ulike faser med tilhørende prosesstrinn.

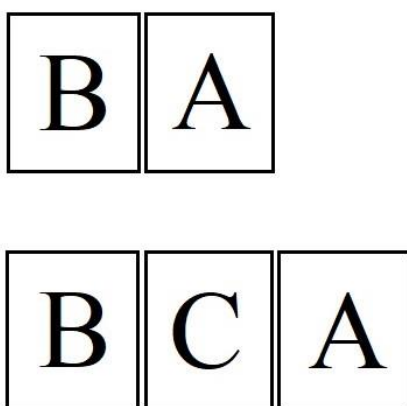
Pil som er rettet bakover er lagt til da dette gir et mer realistisk bilde på prosessen, der beregninger kan føre til nødvendige tilpasninger med hensyn på geometrisk utforming. Det ble tegnet en tilbakevendt pil fra beregninger tilbake til konseptdesign og produktarkitektur da det er her dette antagelig blir mest aktuelt å måtte ta et skritt tilbake for at design skal oppfylle de konstruksjonsmessige kravene. Selv om prosesstrinnene er plassert etter hverandre, så kommer nok noen av dem å bli utført delvis parallelt.

3.5. Lineære og integrerte modulsystemer

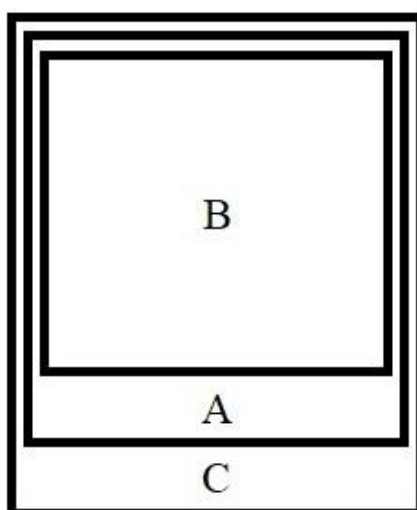
Modulsystemet Marine Module er i hovedsak et lineært modulsystem, der modulene kan settes sammen med ulikt antall moduler (9).



Figur 3.5.1: Illustrasjon av det lineære modulsystemet, der modulene er plassert lineært, etter hverandre.



Figur 3.5.2: Prinsipiell sammenstilling av de to påtenkte båtversjonene. De to øverste modulene representerer jolleversjon, og de tre nederste modulene representerer landstedbåtversjon.

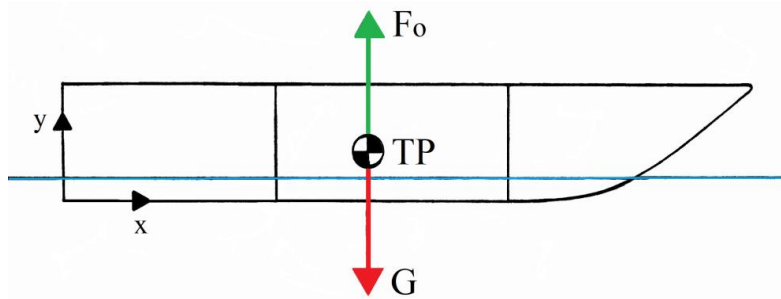


Figur 3.5.3: Ved stabling av moduler går modulsystemet fra å være lineært til integrert, da modulene er plassert i hverandre (integrert) i stedet for etter hverandre (lineært).

3.6. Teori og teknologiutredning

3.6.1 Arkimedes` lov (Hydrostatikk)

Arkimedes` lov sier at en gjenstand som er helt eller delvis nedsenket i en væske får en oppdrift lik tyngden av den væskemengden som gjenstanden fortrenger (10).



Figur 3.5: Arkimedes prinsipp der grønn pil er oppdriftskraft [N], og båtskrogets volum under vannlinjen er lik volumet til fortrengt væske.

3.6.2 Bernoullis prinsipp (Hydrodynamikk)

Bernoullis prinsipp går ut på at væsketrykket reduseres ved en økning av væskens hastighet (11).

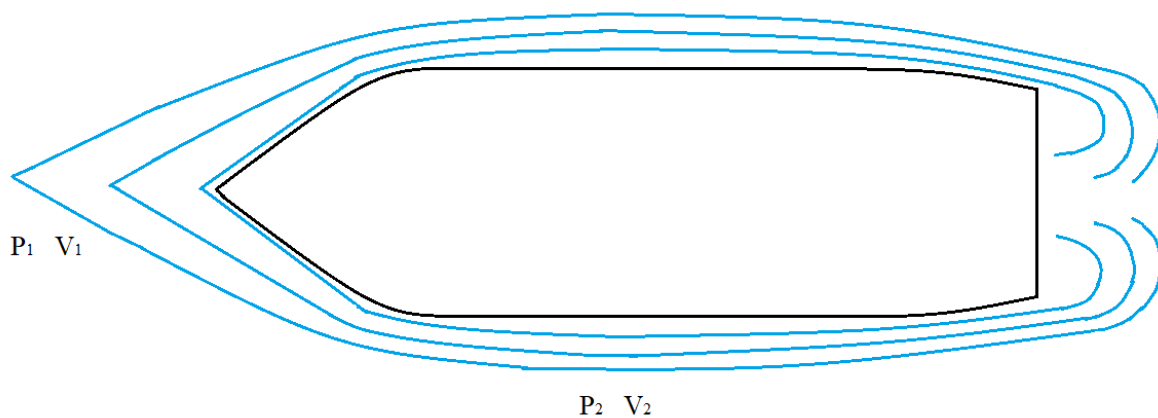
Energi per volumenhet før = Energi per volumenhet etter

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

P = Trykk-energi

$\frac{1}{2} \rho v^2$ = Kinetisk energi per volumenhet

$\rho g h$ = Potensiell energi per volumenhet



Figur 3.6: Illustrasjon av Bernoullieffekt der trykket i væsken reduseres når væskehastigheten øker. Hastighet v_2 er høyere enn v_1 , dermed er trykket P_2 lavere enn P_1 .

3.6.3. Laminær og turbulent strømning

For å avgjøre om det er laminær eller turbulent strømning, benyttes Reynolds` tall. Reynolds tall, R er et forholdstall, der initiell kraft divideres på viskositetskraften til den aktuelle væsken (12).

$$R = \frac{\text{inertia force}}{\text{viscous force}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$R < 2300 \Rightarrow$ laminær strømning

$R > 4000 \Rightarrow$ turbulent strømning

R = Reynolds tall, enhetsløs

ρ = Væskens massetetthet [kg/m^3]

v = Strømningshastighet [m/s]

D = Rørdiameter

μ = Væskens viskositet

3.6.4. Motstand i væske

Når båten beveger seg, må den overvinne en motstandskraft, F_D fra vannet. Denne kraften er gitt av 4 ulike faktorer vist i oversikten nedenfor. Motstandskoeffisient er en konstant gitt av båtskrogets utforming (13).

$$F_D = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot C_D \cdot A$$

F_D = Kraft, motstand i væske [N]

ρ = Væskens massetetthet [kg/m^3]

v = Strømningshastighet [m/s]

C_D = Motstandskoeffisient, gitt av objektets utforming

A = Objektets tverrsnittsareal [m^2]

Båtskrogets motstandskoeffisient vil antagelig være på omtrent 0,42 da dette er motstandskoeffisienten til en halvkule som har en avrundet ende, og en avkappet ende. Båten vil få betydelig mindre motstand fra vannet ved eventuell planing. Da vil det også være mindre andel av tverrsnittsarealet som er i vannet.

Motstanden båten har i vannet vil også avhenge av hvor mye båten er lastet, og hvordan den er lastet med hensyn på tyngdepunktets plassering. Båtskroget skal designes slik at det er egnet for planing. Modulene vil derfor bli utformet i en v-form på undersiden, både for å være sjødyktig mot bølger og for å gi stabile egenskaper ved planing.

3.7. Konkurrerende løsninger

Nesting Dinghy



Figur 3.7.1: NN10-III Nesting Dinghy (14).

Pris montert: \$ 2,699.00

Pris byggesett: \$ 2,499.00

Spesifikasjoner (14):

Totallänge, montert: 3100 mm

Maksimal bredde: 1300 mm

Totallänge, demontert: 1700 mm

Totalhøyde, demontert: 510 mm

Totalvekt, montert: 44 kg

Vekt, baug-modul: 17 kg

Vekt, akter-modul: 27 kg

Lastekapasitet: 273 kg

Konstruksjon: Glassfiber

Motorkapasitet: 2-4 hestekrefter



Figur 3.7.2: NN10-III Nesting Dinghy (14).

Nestaway 14ft Nesting Trio



Figur 3.7.2: Nestaway 14ft Nesting Trio (15).

Spesifikasjoner (15):

Total lengde, montert: 4250 mm

Maksimal bredde: 1070 mm

Total lengde, demontert: 1620 mm

Totalvekt, montert: 65 kg

Vekt, baug-modul: 14 kg

Vekt, senter-modul: 30 kg

Vekt, akter-modul: 21 kg

Lastekapasitet: 300 kg

Konstruksjon: Glassfiber/treverk

Motorkapasitet: 3,5 hestekrefter



Figur 3.7.3: Nestaway 14ft Nesting Trio (15).

4. PRODUKTSPEISIFISERING

4.1. Produktmålsetting

Hovedmålet i forbindelse med produktet er at frakting og oppbevaring av mindre båter skal bli betydelig enklere for brukeren. Det er også viktig at prisen blir omtrent den samme som for tradisjonelle båter, slik at den har en pris som gjør den konkurransedyktig. For at produktet skal bli brukervennlig er det viktig at det ikke kreves noen form for verktøy ved montering og demontering av modulene. Nedenfor er en liste over delmål knyttet til utvikling av modulsystemet:

- Innfesting av moduler uten bruk av bolter som krever verktøy.
- Ergonomisk sittestilling, toftehøyde fra båtgvulv: mellom 20 og 40 cm.
- Minste modullengde: 130 cm.
- Maksimal vekt per modul: 30 kg.
- Maksimal modul-lengde: 150 cm.
- Konstruksjon av robust og rimelig materiale, som også er vedlikeholdsvennlig.

4.2. Rangering av viktige produkttegenskaper

Produkttegenskaper i prioritert rekkefølge:

- Montering og demontering skal ikke kreve noen form for verktøy.
- Ergonomisk design.
- Minimum lastekapasitet per modul: 100 kg.
- Maksimal vekt per modul: 30 kg.
- Største mål ved lagring: L= 150 cm, b = 135 cm, h = 65 cm.
- Material: Robust, rimelig og resirkulerbart.

4.3. Metriske grensespesifikasjoner, variasjonsbredde

Gjennomsnittlige verdier basert på konkurrentenes spesifikasjoner:

Tabell 4.1 Gjennomsnittlige spesifikasjoner.

Beskrivelse	Nesting Dinghy	14ft Nesting Trio	Gjennomsnitt
Total lengde	3100mm	4250mm	3675mm
Lengde demontert	1700mm	1620mm	1660mm
Bredde	1300mm	1070mm	1185mm
Lastekapasitet	273kg	300kg	286,5kg

Produktets metriske grovspekifikasjoner blir basert både på Nesting Dinghy sine mål, og på 14 ft Nesting Trio sine mål. I utgangspunktet baseres jolleversjon på målene til Nesting Dinghy, og landstedbåtversjon baseres på målene fra 14 ft Nesting Trio, men bredden blir satt til 1300 mm for både jolle-versjon og landstedbåt-versjon.

4.4. Metriske grovspesifiseringer for produkttypen

De metriske grovspesifiseringene er basert på både Nesting Dinghy, og 14 ft Nesting Trio`s spesifikasjoner. Lengden til jolleversjon er satt til 2800 mm, dette for at baugmodul og aktermodul skal ha en lengde mindre enn 1500 mm.

Lengde, landstedbåt-versjon: 4300 mm.

Bredde, landstedbåt-versjon: 1300 mm.

Lastekapasitet, landstedbåt-versjon: 300 kg.

Lengde, jolle-versjon: 2800 mm.

Bredde, jolle-versjon: 1300 mm.

Lastekapasitet, jolle-versjon: 200 kg.

Lengde demontert, begge båtversjoner: 1500 mm.

4.5. Tidlige kostnadsvurderinger

Ved utvikling av et produkt som skal være konkurransedyktig på markedet, er det helt avgjørende å holde kostnadene på et minimum. Dette innebærer blant annet at produktet har en design og en type materiale som lar seg produsere på en effektiv måte. Det er også viktig å holde antall komponenter på et minimum, da dette i utgangspunktet også holder produksjonstid og materialkostnader nede.

Ved tilvirkning av eventuell fysisk prototype, vil den bli laget i målestokk 1:5, da dette er en veldig egnet størrelse i dette tilfellet. Dette gjør det mulig å teste hvordan løsningen for montering og demontering av modulene fungerer i praksis, og man kan danne et helhetsinntrykk av konseptet. Det vil også bli benyttet rimelige materialer som er enkle å bearbeide ved tilvirkning av prototype, dette for å holde materialkostnadene og arbeidskostnadene nede. En nedskalert prototype kan både være svært nyttig med hensyn på å formidle konseptideen til andre, og i tillegg gi en god pekepinn i forhold til hvilke løsninger som egner seg i praksis.

Erfaringsmessig er det arbeidstimene og ikke materialkostnadene som fører til de største kostnadene ved utvikling og tilvirkning av prototype, det er derfor viktig å prøve å benytte de verktøyene som er mest mulig relevante for denne type utviklingsprosjekter. Ved å for eksempel bruke CAD (Computer- Aided Drawing), kan man oppdatere tegningen underveis og dermed slippe å starte helt på nytt igjen hver gang man skal gjøre en endring på konstruksjonen. Dette gir også muligheten til å gjennomføre styrke beregninger og strømmingssimuleringer som sikrer et optimalt design med hensyn på styrkeegenskaper og bruksegenskaper.

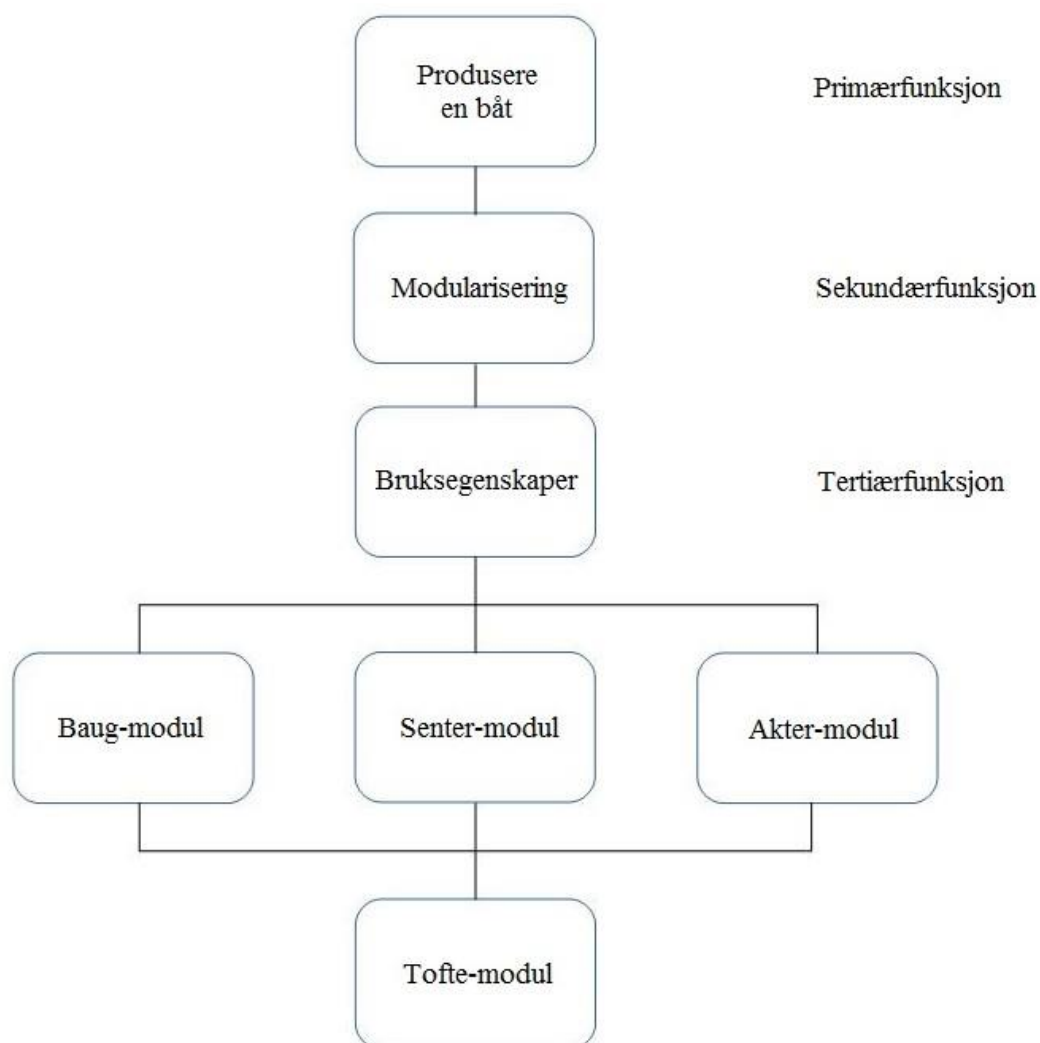
Ved å velge materiale og tilvirkningsmetode tidlig i prosessen, får man tidligst mulig rammene for hvilken design og konstruksjon som lar seg produsere i praksis. Dette kan være med på å forhindre unødvendige feil eller mangler som i utgangspunktet kunne ha vært unngått. Det kan også med fordel kartlegges hvilke preferanser potensielle forbrukere / kunder har i forhold til funksjoner og spesifikasjoner.

5. KONSEPTGENERERING

5.1. Funksjonsanalyse for produkttypen

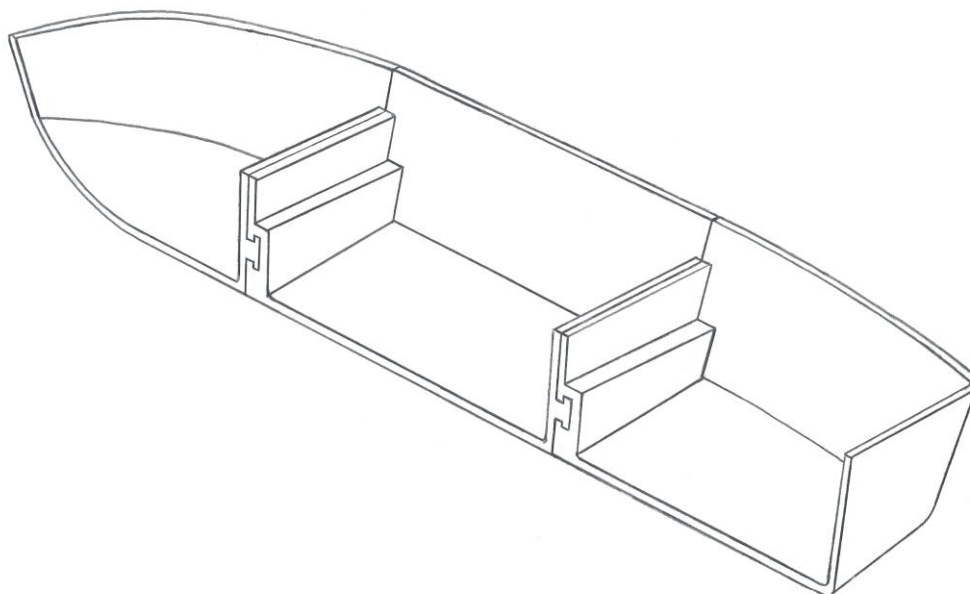
Nedenfor er en oversikt over valg som er tatt før kapittel 6. Seleksjonsmatrisen vil derfor ta for seg ulike alternativer som er innenfor forutsetningene som er oppgitt under.

- Modulsystem skal konstrueres for å kunne monteres/demonteres uten bruk av verktøy.
- Modulsystemet består av følgende moduler: baug-modul, senter-modul, akter-modul og 2 stk. tofte-moduler (5 moduler totalt).
- Baug, senter- og akter-modul er alle vanntette moduler som også flyter hver for seg (umontert).
- Modulene skal også kunne monteres når de flyter hver for seg i vannet.

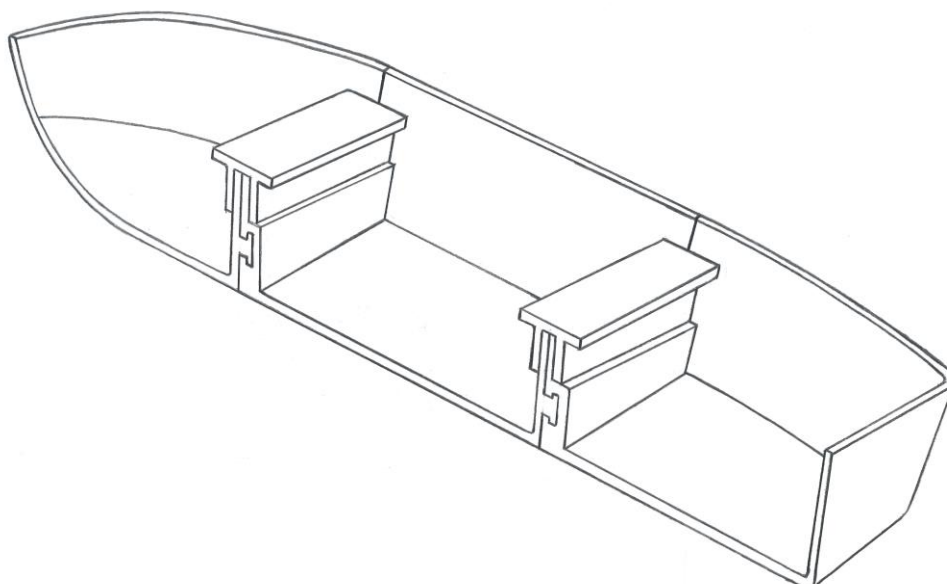


Figur 5.1.1: Funksjonstre som gir en oversikt over hvordan de ulike komponentene er koblet sammen med hverandre.

Nedenfor er noen snitt-tegninger av modulsystem, med og uten toftemoduler. Disse tegningene gir rammene for de ulike funksjonsalternativene i kapittel 5.2. Fokusområdene for funksjonsalternativene er i overgangen mellom baugmodul og sentermodul, og i overgangen mellom sentermodul og aktermodul.



Figur 5.1.2. Snitt-tegning av baugmodul, sentermodul og aktermodul monterte. Modulene sitter koblet sammen ved hjelp av horisontale slissespor. Slissesporene holder baug, senter, og aktermodul sammen i det nederste partiet av overgangene.

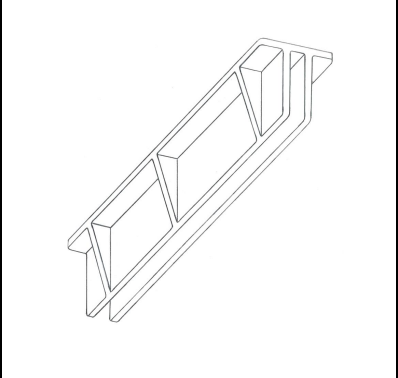
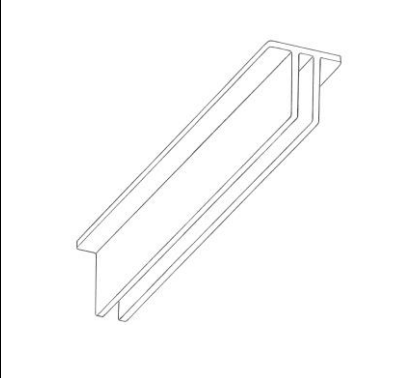
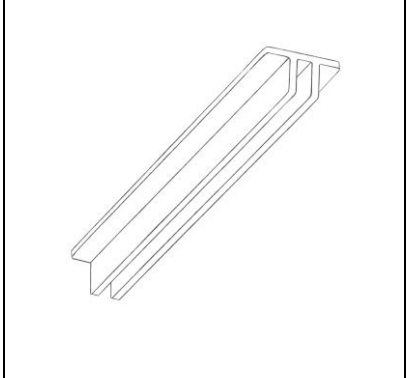


Figur 5.1.1. Snitt-tegning av baugmodul, sentermodul og aktermodul monterte med 2 stk. toftemoduler, der toftemodulene har som funksjon å holde baugmodul, senter, og aktermodul sammen i det øverste partiet av overgangene.

5.2. Funksjonsalternativer med skisser

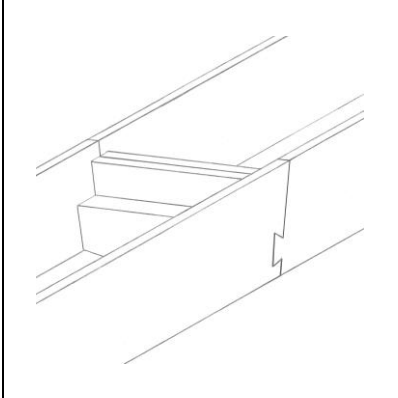
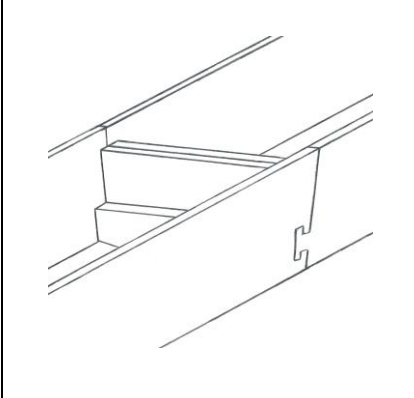
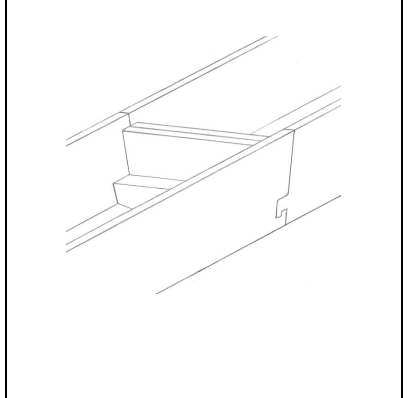
Nedenfor er ulike funksjonsalternativer forbundet med valg av konseptløsning for toftemodul og løsning for innfesting av moduler. Valg av funksjonsalternativ vil bli gjort i neste kapittel.

Tabell 5.2.1: 3 ulike alternativer av toftemodul.

		
<i>Figur 5.2.1: Toftemodul A.</i>	<i>Figur 5.2.2: Toftemodul B.</i>	<i>Figur 5.2.3: Toftemodul C.</i>

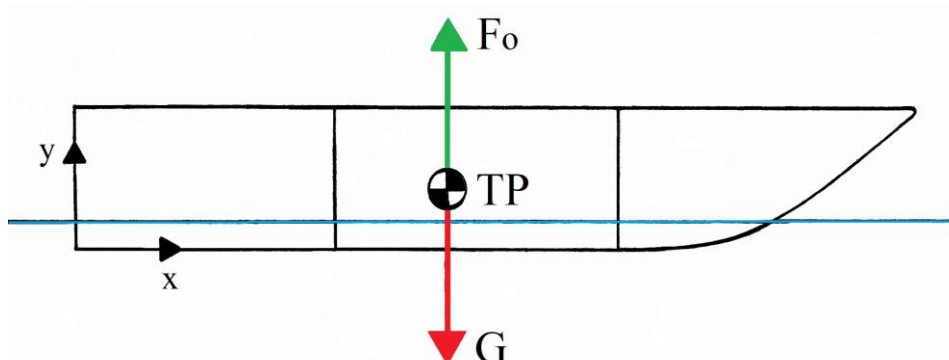
Toftemodul A har lange flenser og trekant-avstivere. Toftemodul A har derfor størst styrke, men det er også det alternativet som er mest kostbart å produsere. Toftemodul B er relativt rimelig å produsere, men har ikke samme styrke som toftemodul A. Toftemodul C er rimeligst å produsere, men har også minst styrke av de ulike alternativene.

Tabell 5.2.2: 3 ulike alternativer for innfesting av baugmodul, sentermodul og aktermodul.

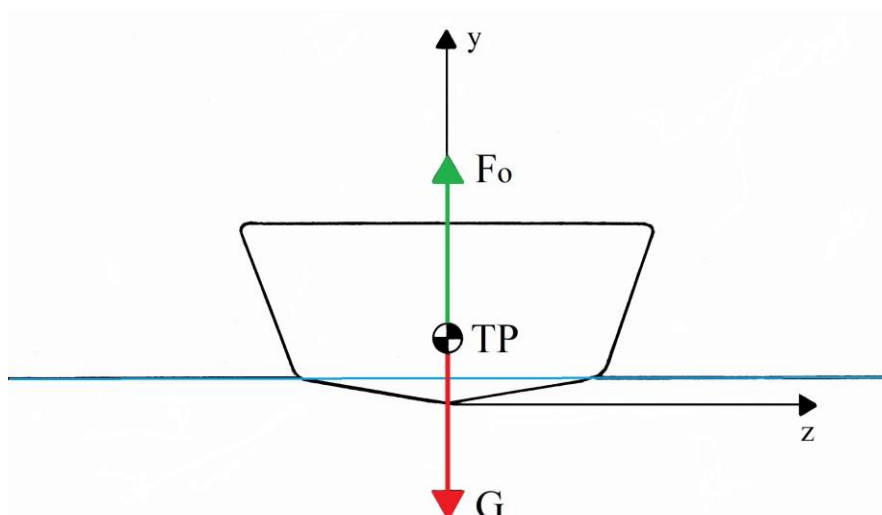
		
<i>Figur 5.2.4: Innfesting A.</i>	<i>Figur 5.2.5: Innfesting B.</i>	<i>Figur 5.2.6: Innfesting C.</i>

Innfesting A er enkel og rimelig å produsere, men de skarpe overgangene kan føre til spenningskonsentrasjoner, og dermed sprekkdannelse. Innfesting B er relativt rimelig å produsere, men har også mange skarpe overganger. Innfesting C er relativt rimelig å produsere, og har færre skarpe overganger, dette er mest sannsynlig det mest robuste alternativet.

5.3. Tidligvurderinger



Figur 5.3.1: Tyngdekraft (G) som følge av båtenes masse og nyttelast som angriper i tyngdepunktet (TP) virker nedover, og oppdriftskraften (F_o) angriper i oppdriftssenteret (i senter av den fortrenkte væskens volum).



Figur 5.3.2: Båt-tverrsnitt med oppdriftskraften (F_o) som virker oppover i positiv y -retning og angriper i senter av den fortrenkte væskens volum. Tyngdekraftens resultant virker nedover i negativ y -retning og angriper i båtenes tyngdepunkt (TP).

5.3.1. Statisk beregning av oppdriftskraft

Når båten ligger i ro, er summen av kreftene som virker på den lik null. Nødvendig oppdriftskraft beregnes ved å sette summen av kreftene som virker i y -retning lik null.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow \text{Finner verdien til oppdriftskraften, } F_o$$

Først beregnes tyngdekraften (G) som følge av båtenes egenvekt og båtenes maksimale nyttelast. Tyngdekraften G er lik masse (m) multiplisert med gravitasjonskonstanten (g), der $g = 9,81$ [N/kg].

$$G = m \cdot g$$

$$m_{\text{båt}} = 90\text{kg (massen til baug-modul, senter-modul, akter-modul og 2stk tofte-moduler)}$$

$m_{\text{nyttelast}} = 300\text{kg}$ (massen til maksimal nyttelast)

$m_{\text{tot}} = m_{\text{båt}} + m_{\text{nyttelast}}$ (totalmasse gitt av båtens egenvekt + nyttelast)

$$m_{\text{tot}} = 90\text{kg} + 300\text{kg} = 390\text{kg}$$

$$G = 390\text{kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 3825,9 \text{ N}$$

$\sum F_y = 0$: (positiv retning oppover)

$$F_o - G = 0$$

$$F_o = G$$

$$F_o = 3825,9 \text{ N}$$

Oppdriftskraften, F_o er på 3825,9 N ved en totalmasse på 390kg.

5.3.2. Beregning av volumet til fortrenget væske

Ved beregning av volum til den fortrengete væsken, benyttes Arkimedes sin lov.

Arkimedes' lov: $F_o = V \cdot \rho \cdot g$ (Likning 1)

F_o = Kraft, oppdrift

V = Volum, fortrenget væske

ρ = massetetthet, væske

g = gravitasjonskonstant 9,81 [N/kg]

Massetetthet, vann; $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

$F_o = 3825,9 \text{ [N]}$ (verdi fra statisk beregning av oppdriftskraft under 5.3.1)

Løser Arkimedes sin lov med hensyn på volum, fortrenget væske (V) og får følgende uttrykk:

$$V = \frac{F_o}{\rho \cdot g} \quad (\text{Likning 2})$$

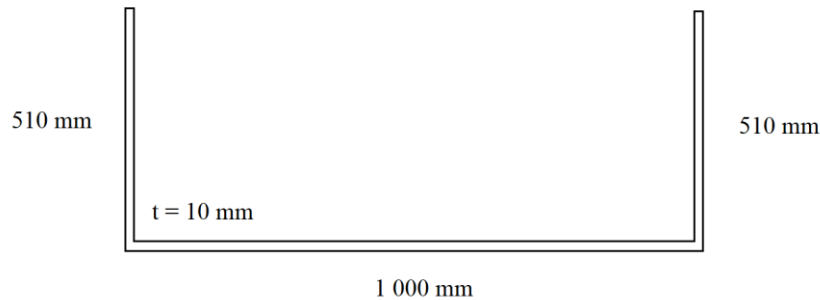
$$V = \frac{3825,9 \text{ N}}{1000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}}$$

$$V = 0,39 \text{ m}^3 = 390 \text{ dm}^3 = 390 \text{ L}$$

Båt med en totalmasse lik 390kg fortrenger 390 liter væske når den flyter i vann.

5.3.3. Statisk beregning av maksimal bøyespenning

Under er en statisk beregning av største bøyespenning (worst case scenario). Dette er en forenklet beregning der båt blir betraktet som en U-profil som er opplagret i hver sin ende med en avstand på 3 550 mm mellom opplagringene (16). U-profilen har følgende mål: Bredde: 1000 mm, høyde: 510 mm, tykkelse: 10 mm. Denne beregningen skal gi et estimat på bøyespenning som oppstår når båten ligger oppå hver sin bølge i hver sin ende.



Figur 5.3.3: Forenklet båt-tverrsnitt med mål benyttet i statisk beregning av bøyespenning.

Beregner først tyngdepunktshøyden, TP i mm:

$$TP = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (\text{Likning 3})$$

$$TP = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 5 + 10 \cdot 500 \cdot 260 + 10 \cdot 500 \cdot 260}{1000 \cdot 10 + 10 \cdot 500 + 10 \cdot 500}$$

$$\underline{TP = 132,5 \text{ mm}}$$

Beregner deretter andre arealmoment om x-akse med Steiners formel:

$$\text{Steiners formel: } I_{xi} = I_{x0i} + A_i \cdot y_{0i}^2 \quad (\text{Likning 4})$$

$$\text{Andre arealmoment, rektangel: } I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{Likning 5})$$

Totalt andre arealmoment:

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} \quad (\text{Likning 6})$$

$$I_x = \frac{1000 \cdot 10^3}{12} + 10\,000 \cdot (127,5)^2 + \frac{10 \cdot 500^3}{12} + 5\,000 \cdot (127,5)^2 + \frac{10 \cdot 500^3}{12} + 5\,000 \cdot (127,5)^2$$

$$\underline{I_x = 533,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

Største bøyemoment ved en totalvekt lik 390 kg, som angriper i tyngdepunkt:

$$M = F \cdot L \quad (\text{Likning 7})$$

$$M = 390 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 1900 \text{ mm}$$

$$\underline{M = 7,27 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}$$

Beregner maksimal bøyespennning i MPa:

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y \quad (\text{Likning 8})$$

$$y = 367,5 \text{ mm}$$

$$I = 533,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{7,27 \cdot 10^6}{533,4 \cdot 10^6} \cdot 367,5$$

Bøyespennning , $\sigma = 5,01 \text{ MPa}$

Bøyespennning, $\sigma = 5,01 \text{ MPa} < \text{Flytspennning, HDPE} = 28 \text{ MPa}$

Beregner dermed sikkerhetsfaktor mot flyt i material:

$$n_{\text{flyt}} = \frac{\sigma_{\text{flyt}}}{\sigma} = \frac{28 \text{ MPa}}{5,01 \text{ MPa}} = 5,58$$

Sikkerhetsfaktor med hensyn på flyt er dermed på 5,5.

Den største bøyespennningen er dermed lavere enn flytspennningen oppgitt for High Density Polyethylene. En veggtykkelse på 10 mm er dermed tilstrekkelig for å tåle en statisk belastning på 390 kg når landstedbåt ligger på 2 bølgetopper i hver sin ende av båtskrog. Videre dynamiske beregninger vil ikke bli prioritert, da sikkerhetsfaktoren mot flyt er på 5,5.

5.4. Materialvalg

Det er benyttet en seleksjonsmatrise med utgangspunkt i Pughs metode for valg av egnet produksjonsmateriale for modulsystemet. Nedenfor er en oversikt over poengskala med tilhørende beskrivelse.

Tabell 5.4.1: Poengskala med beskrivelse av de ulike poengverdiene.

Poeng	5	4	3	2	1
Beskrivelse	Svært bra	Bra	Middels	Dårlig	Svært dårlig

5.4.1 Valg av kriterier

Kriterie 1: Gjenvinning.

Gjenvinning er valgt som et kriterie i forbindelse med valg av egnet materiale da det blir stadig større fokus på bruk av resirkulerbare materialer.

Kriterie 2: Estetikk.

Estetikk er valgt som et kriterie i forbindelse med materialvalg da det utseendemessige bidrar til produktets totale kvalitet og helhetsinntrykk.

Kriterie 3: Styrke.

Styrke er valgt som et kriterie da tilstrekkelig styrke er en sentral egenskap knyttet til de rent konstruksjonsmessige aspektene ved produktet (17).

Kriterie 4: Robusthet.

Robusthet er valgt som et kriterie da motstandsevne mot slag/støt henger sammen med produktets holdbarhet.

5.4.2 Vekting av kriterier

Kriterie 1: Gjenvinning. Vekting: 40 %

Kriteriet gjenvinning er vektet høyt da det i samfunnet er stort fokus på resirkulerbare og bærekraftige materialer med lavt Co2 fotavtrykk.

Kriterie 2: Estetikk. Vekting: 20 %

Kriteriet estetikk er vektet relativt høyt da estetikken er en viktig faktor med hensyn på det totale helhetsinntrykket man får av produktet.

Kriterie 3: Styrke. Vekting: 20 %

Kriteriet styrke er vektet relativt høyt da materialets styrke er sentral for at produktet skal tilfredstille de konstruksjonsmessige kravene.

Kriterie 4: Robusthet. Vekting: 20 %

Kriteriet robusthet er vektet relativt høyt da produktets holdbarhet gjør produktet mer solid og motstandsdyktig mot sammenstøt med grunner eller harde gjenstander i vannet som i verste fall kan lage hull i båtskroget.

5.4.3 Seleksjonsmatrise for valg av materiale

Nedenfor er seleksjonsmatrisen for valg av materiale til modulsystem. De 3 ulike alternativene for material er nå satt inn i matrisen. De 4 valgkriteriene med tilhørende vekting er også satt inn. Vektet poeng er beregnet ved å multiplisere poeng med vekstfaktor. Ved for eksempel 40 % vekting og 5 poeng, så multipliseres 5 med 0,40 som dermed blir lik 2.

Tabell 5.4.2: Seleksjonsmatrise for valg av produksjonsmateriale, modulsystem.

Kriterier	Vekting	Aluminium		Glassfiber		Termoplast	
		Poeng	Vektet	Poeng	Vektet	Poeng	Vektet
Gjenvinning	40 %	5	2	2	0,8	5	2
Estetikk	20 %	3	0,6	5	1	4	0,8
Styrke	20 %	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Robusthet	20 %	4	0,8	2	0,4	5	1
Sum	100 %	Sum	4	Sum	3	Sum	4,4

Termoplast fikk den høyeste poengsummen (4,4 poeng) i seleksjonsmatrisen. Termoplast er dermed det best egnede materialet totalt sett i forhold til valgte kriterier og valgt vekting.

5.5. Form- og estetikkalternativer med skisser

Formen til et objekt består i hovedsak av de tre grunnformene; firkant, trekant og sirkel. En del produkter kombinerer disse grunnformene. Båter kan være et godt eksempel på dette, for eksempel en planende båt med v-bunn. V-bunnen tar på mange måter utgangspunkt i trekantformen, baugpartiet sett ovenfra har ofte en form som er buet der buen er et segment av en sirkel. Midtseksjonen sett ovenfra har i en del tilfeller firkant som den overordnede formen.

5.5.1. Formspråk

Former kan deles inn i to hovedkategorier; organisk og uorganisk (18). Organisk form har harmoniske linjer, som for eksempel fasonen til en bølge. Uorganisk form har ikke-harmoniske linjer, som for eksempel en firkant. Uorganisk form gir et mer industrielt uttrykk sammenlignet med organisk form, som har en mykere fremtoning. Produkter består både av form og funksjon. I en del tilfeller benyttes filosofien «form følger funksjon», med dette menes det at produktets funksjonalitet ikke skal gå på bekostning av produktets design. I forbindelse med designarbeidet av modulsystemet Marine Module, er utgangspunktet i hovedsak at form følger funksjon. Selv om funksjonalitet kommer i første rekke, regnes også designarbeidet som svært viktig for at produktet skal kunne være et konkurransedyktig produkt. Modulenes design vil bestå av både organisk og uorganisk form.

Et av målene er derfor å komme frem til et best mulig design, samtidig som funksjonaliteten ikke blir betydelig redusert som følge av design som ikke tar hensyn til de tekniske aspektene ved produktet. Siden helhetsinntrykket av et produkt påvirkes en del av designet, vil arbeidet med design optimaliseres i størst mulig grad etter at arbeidet med de tekniske løsningene er gjennomført. Førsteintrykket av et produkt dannes på mange måter av det estetiske. Det er derfor viktig at produktet har et design som appellerer mest mulig til eventuelle kjøpere av produktet.



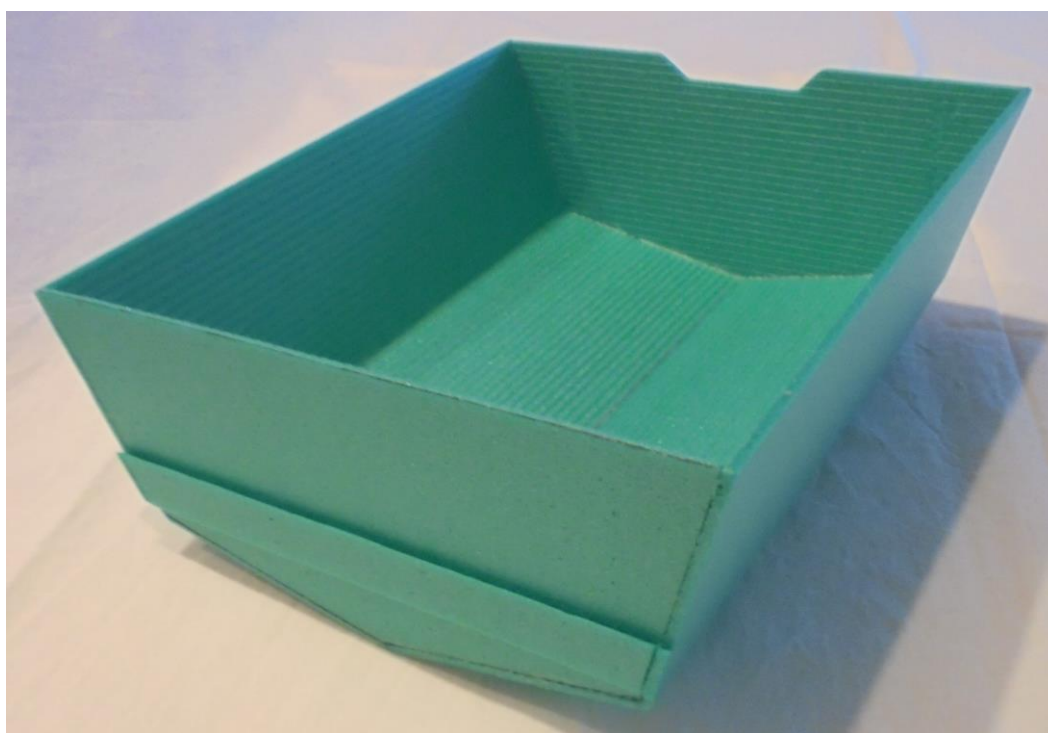
Figur 5.5.1: Båt-tverrsnitt med organisk form.



Figur 5.5.2: Båt-tverrsnitt med uorganisk form.

5.5.2. Tidlig skalamodell i målestokk 1:5

For enklere å kunne visualisere mulige tekniske løsninger, ble det laget forenklete modeller av de ulike modulene i målestokk 1:5. Modellene ble laget i målestokk 1:5, da dette er en størrelse som er stor nok til å få frem nødvendige detaljer samtidig som kostnadene forbundet med prototypen er lave. Materiale benyttet til prototype er Depron-plater (foam-plater) med en tykkelse på 3mm. Disse er opprinnelig beregnet som underlag for fliser, men egner seg godt til å lage små modeller da disse platene er rimelige og enkle å arbeide med. Depron-plater med en tykkelse på 3mm koster kun 50 NOK pr kvadratmeter, noe som gjør prototypen svært rimelig med hensyn på materialkostnader. Ved tilvirkning av prototype ble det gjort noen forenklinger, dette var hovedsaklig for å spare tid. Baugmodulen er krevende å bygge, så på grunn av begrenset tid, er denne modulen ikke blitt bygget, da det er tilstrekkelig å ha aktermodul og sentermodul samt toftemodul for å se for seg prinsippet for innfesting av modulene. De ulike modulene er derfor noe forenklet i form, men de har samme prinsipp for innfesting. Nedenfor er det noen bilder av prototypen med tilhørende moduler.

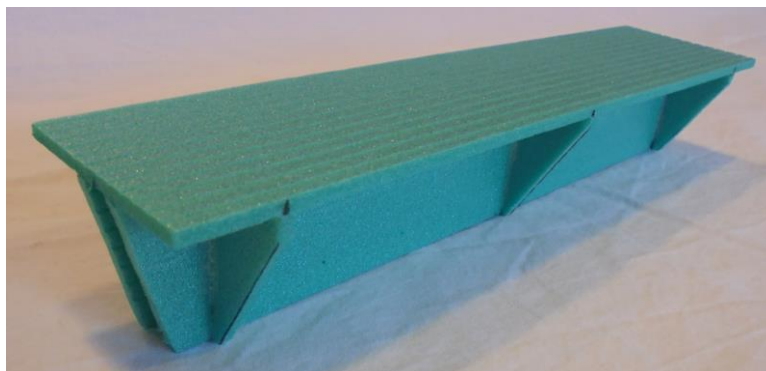


Figur 5.5.3: Prototype av aktermodul i målestokk 1:5 med horisontalt slissespor i front.



Figur 5.5.4: Prototype av sentermodul i målestokk 1:5 med horisontale slissespor bak og i front.

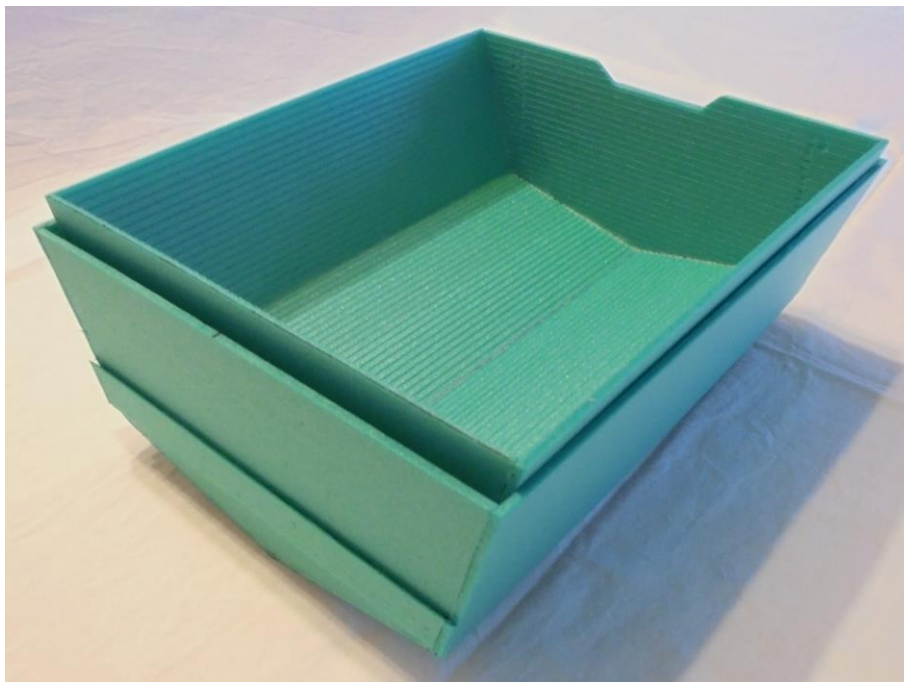
Under er et bilde av prototype av toftemodul med gjennomgående slissespor og 6 stk. avstivere, 3 på hver side av slissespor.



Figur 5.5.5: Prototype av toftemodul i målestokk 1:5 med gjennomgående slissespor.



Figur 5.5.6: Aktermodul, sentermodul og toftemodul montert sammen. Aktermodulen er først skjøvet sidelengs inn i sentermodulens horisontale slissespor, deretter er toftemodulen satt ned over skjøten for å holde aktermodul og sentermodul sammen sidelengs, og i lengderetning.



Figur 5.5.7: Aktermodul stablet i sentermodul for å ta mindre plass ved oppbevaring.

6. EGENSCREENING OG KONSEPTVALG

6.1. Utvikling av seleksjonsmatrise

Utgangspunktet for utvikling av seleksjonsmatrisene er Pughs metode, der det blir laget en liste med kriterier med tilhørende vektning i prosent. Dette er en oversiktlig og systematisk metode for beslutningstaking.

Nedenfor er poengskalaen som benyttes i seleksjonsmatrisene:

Poeng fra 1 til 5, der 5 har høyest verdi, og 1 har lavest verdi på poengskalaen.

Tabell 6.1.1: Poengskala med beskrivelse av de ulike poeng-verdiene.

Poeng	5	4	3	2	1
Beskrivelse	Svært bra	Bra	Middels	Dårlig	Svært dårlig

Seleksjonsmatrisen med utforming som vist nedenfor blir benyttet til valg av konseptløsning for toftemodul og for valg av konseptløsning for innfesting av baug, senter- og aktermodul. Matrisen nedenfor er på en generell form, og fungerer som mal for de to etterfølgende seleksjonsmatrisene i forbindelse med valg av løsning for toftemodul, og for løsning knyttet til innfesting av baug, senter og aktermodul.

Tabell 6.1.1 Seleksjonsmatrise på generell form.

Kriterier	Vekting	Alternativ A		Alternativ B		Alternativ C	
		Poeng	Vektet	Poeng	Vektet	Poeng	Vektet
Kriterie 1	Vekt 1						
Kriterie 2	Vekt 2						
Kriterie 3	Vekt 3						
Kriterie 4	Vekt 4						
Sum	100 %	Sum		Sum		Sum	

6.2. Egen konseptscreening

6.2.1 Valg av kriterier

Kriterie 1: Robusthet.

Robusthet er valgt som et kriterie da dette er en egenskap som både omhandler sikkerhetsmessige aspekter og toftemodulens holdbarhet.

Kriterie 2: Funksjonalitet.

Funksjonalitet er valgt som et kriterie da dette er en sentral egenskap for at toftemodulen skal fungere godt rent funksjonsmessig.

Kriterie 3: Egenvekt.

Egenvekt er valgt som et kriterie da egenvekt påvirker brukervennligheten til toftemodulen. Egenvekten tas derfor med som et valgkriterie.

Kriterie 4: Produksjon.

Produksjon er tatt med som et kriterie da produksjonskostnadene henger sammen med hvor produksjonsvennlig toftemodulen er.

6.2.2 Vekting av kriterier

Kriterie 1: Robusthet. Vekting: 50 %

Robusthet er vektet høyt da dette blir ansett som en viktig egenskap i forbindelse med valg av løsning for toftemodul.

Kriterie 2: Funksjonalitet. Vekting: 20 %

Funksjonalitet er vektet middels høyt da dette er en relativt viktig egenskap i forbindelse med valg av løsning for toftemodul.

Kriterie 3: Egenvekt. Vekting: 20 %

Egenvekt er vektet middels høyt da denne egenskapen henger tett sammen toftemodulens brukervennlighet og produksjonskostnader.

Kriterie 4: Produksjon. Vekting: 10 %

Kriteriet produksjon er vektet lavest da dette blir sett på mer som en mindre kritisk egenskap da alle alternativene for toftemodulene er relativt like å produsere.

6.2.3 Seleksjonsmatrise for valg av løsning for toftemodul

Nedenfor er seleksjonsmatrisen for valg av konseptløsning for toftemodul:

Tabell 6.1.2: Valg av konseptløsning for toftemodul.

Kriterier	Vekting	Toftemodul A		Toftemodul B		Toftemodul C	
		Poeng	Vektet	Poeng	Vektet	Poeng	Vektet
Robusthet	50 %	5	2,5	2	1	2	1
Funksjonalitet	20 %	4	0,8	4	0,8	3	0,6
Egenvekt	20 %	4	0,8	5	1	5	1
Produksjon	10 %	3	0,3	4	0,4	5	0,5
Sum	100 %	Sum	4,4	Sum	3,4	Sum	3,1

Valget havner dermed på Toftemodul A som konseptløsning, da dette alternativet fikk høyest poengsum (4,4 poeng) i seleksjonsmatrisen med valgte kriterier med tilhørende valgt vekting.

6.2.4 Seleksjonsmatrise for valg av løsning for innfesting

Nedenfor er seleksjonsmatrisen for valg av konseptløsning i forbindelse med innfesting av baugmodul, sentermodul og aktermodul.

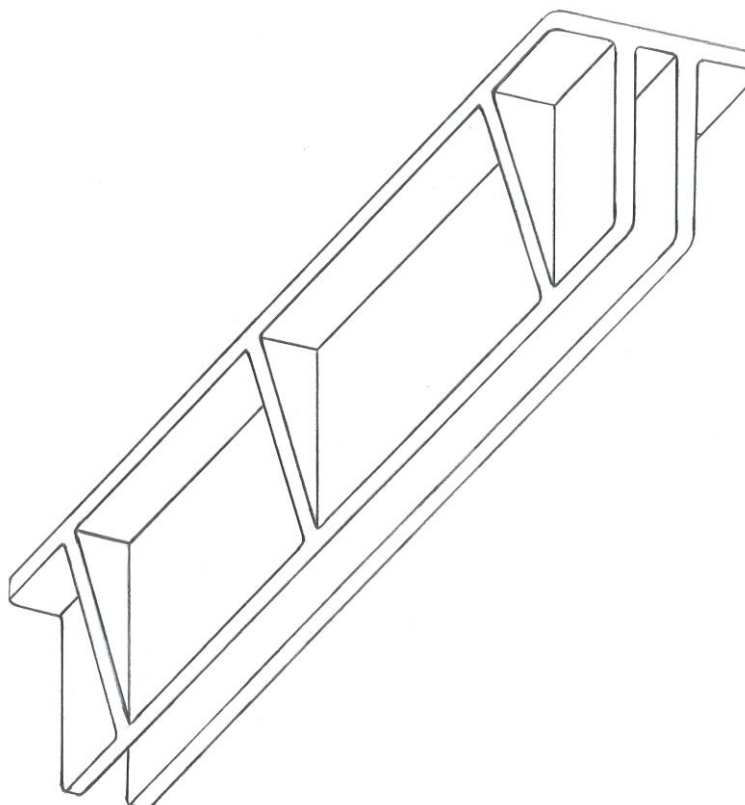
Tabell 6.2.4: Valg av konseptløsning for innfesting av baug, senter- og aktermodul.

Kriterier	Vekting	Innfesting A		Innfesting B		Innfesting C	
		Poeng	Vektet	Poeng	Vektet	Poeng	Vektet
Robusthet	50 %	3	1,5	3	1,5	4	2
Funksjonalitet	20 %	4	0,8	4	0,8	4	0,8
Estetikk	20 %	3	0,6	3	0,6	4	0,8
Produksjon	10 %	4	0,4	3	0,3	3	0,3
Sum	100 %	Sum	3,3	Sum	3,2	Sum	3,9

Valget havner dermed på innfesting C som konseptløsning, da dette alternativet fikk høyest poengsum (3,9 poeng) i seleksjonsmatrisen med valgte kriterier med tilhørende valgt vekting.

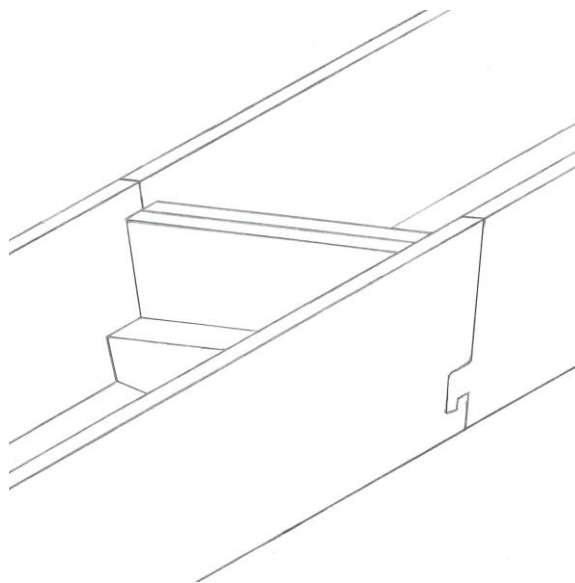
6.3. Foretrukne løsnings- og estetikkalternativer

Nedenfor er en oversikt over valgte løsninger som ble valgt med utgangspunkt i de respektive seleksjonsmatrisene i kapittel 6. Skissene er de samme som ble benyttet i kapittel 5.



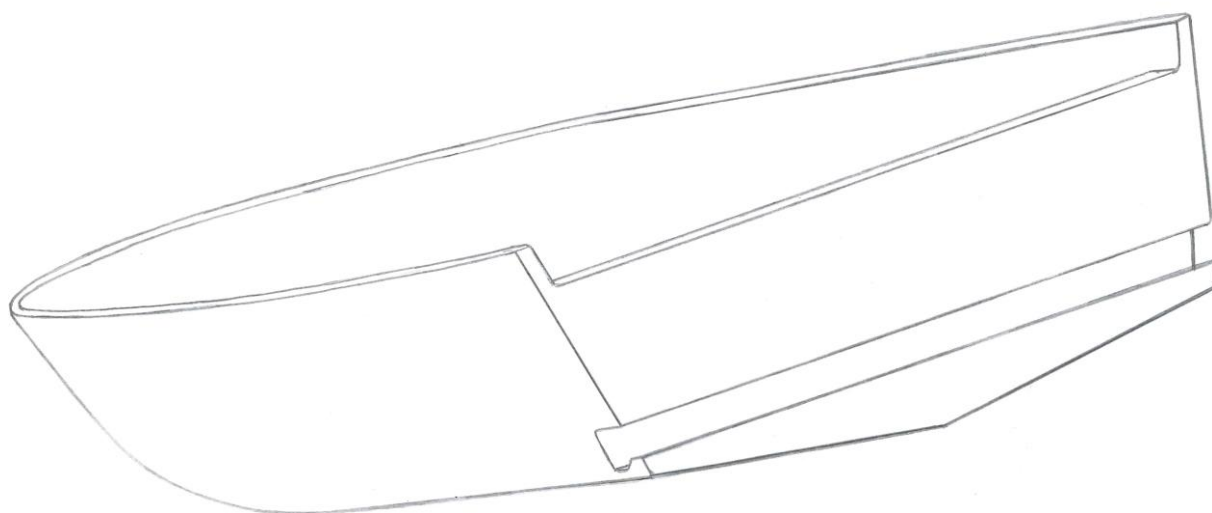
Figur 6.3.1: Skisse av valgt løsning for toftemodul, toftemodul A med lange flenser og avstivere.

Skisse av valgt løsning for innfesting av moduler er vist nedenfor. Videre er noen mer detaljerte skisser av baugmodul, sentermodul og aktermodul.

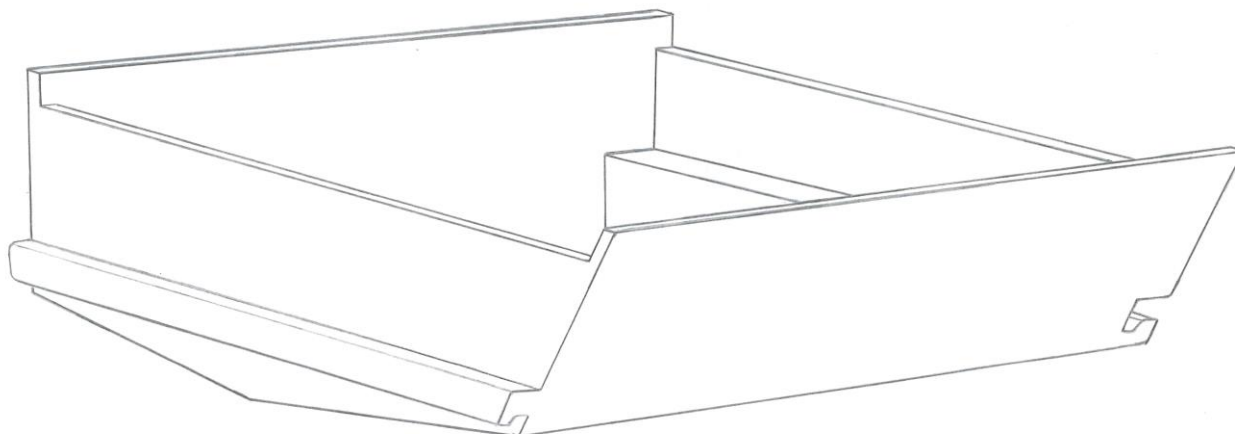


Figur 6.3.2: Skisse av valgt løsning for innfesting av baug, senter- og akter-modul, innfesting C med gjennomgående slissespor i samme profil slik som vist på figurens høyre side.

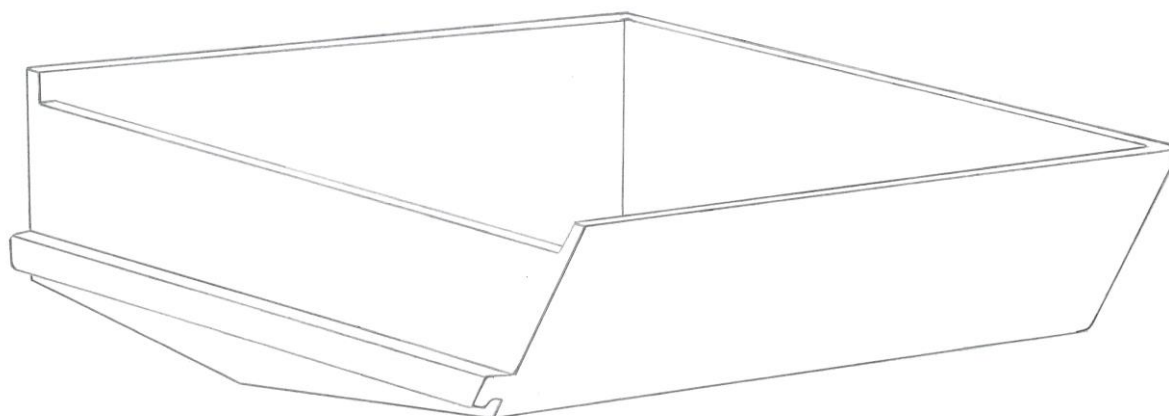
Valgte løsninger for innfesting på baug, senter, og akter-modul er illustrert med skisser nedenfor. Baug, senter- og akter-modul har horisontale gjennomgående slissespor i overgangen til neste modul. Modulene monteres sammen ved å skyve dem sidelengs sammen, deretter settes toftemodulen på vertikalt ned i overgangen mellom de ulike modulene for å holde den øvre delen av skjøten sammen.



Figur 6.3.3: Skisse av baug-modul med valgt løsning for innfesting.



Figur 6.3.4: Skisse av senter-modul med valgt løsning for innfesting.



Figur 6.3.5: Skisse av akter-modul med valgt løsning for innfesting.

Nedenfor er ulike bilder av eksenterlås som benyttes til sikring av toftemodul. Eksenterlåsen har også låsering for låsing med hengelås, dette kan være svært nyttig dersom for eksempel båten er fortøyd montert ved et bryggeanlegg over en lengre periode.



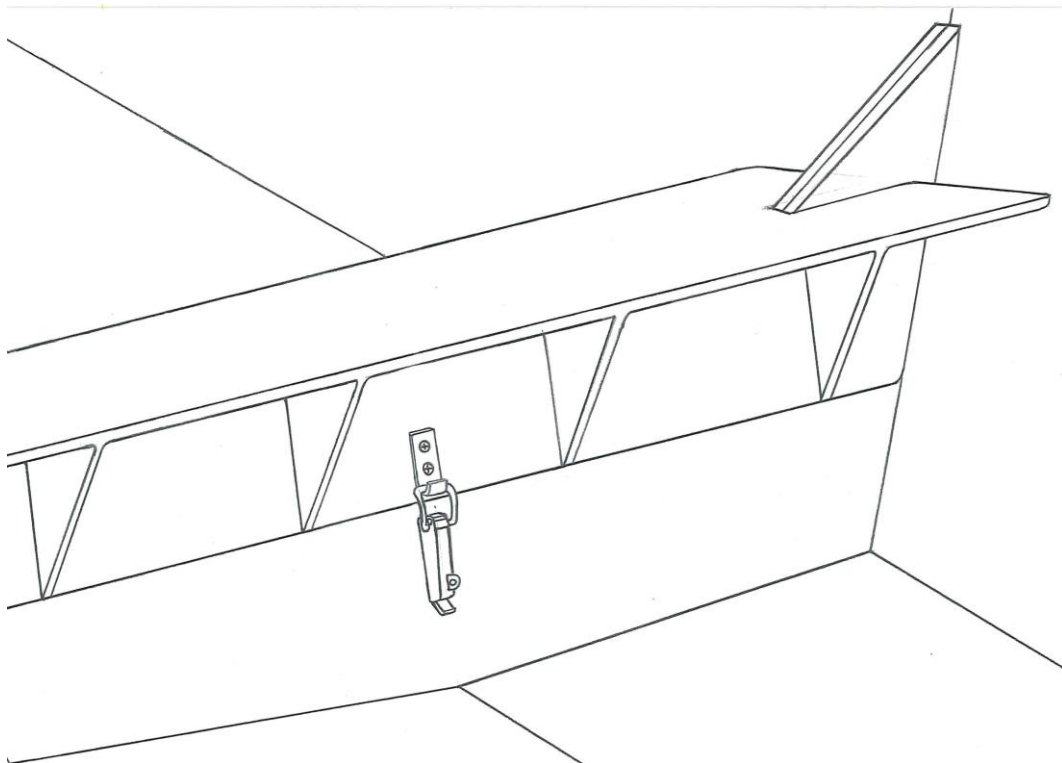
Figur 6.3.6: Eksenterlås i montert posisjon.



Figur 6.3.7: Eksenterlås i demontert posisjon.



Figur 6.3.8: Eksenterlås i delvis montert posisjon.



Figur 6.3.9: Tegning som viser hvordan eksenterlåsen forankrer toftemodulen til de resterende modulene.

7. EKSTERN KONSEPTTESTING

7.1. Målsettinger for testingen

Hovedmål:

Få en objektiv vurdering av konseptide samt råd i forbindelse med mulige forbedringer.

Delmål:

- Få tilbakemelding av ekstern part i forbindelse med materialvalg, og eventuelle råd knyttet til valg av materiale
- Få tilbakemelding av ekstern part i forbindelse med tekniske løsninger, og eventuelle råd med hensyn på forbedring av konstruksjon
- Få tilbakemelding av ekstern part i forbindelse med valgt design, og eventuelle råd med hensyn på forbedring av utforming av moduler
- Få tilbakemeldinger av ekstern part i forbindelse med ergonomisk toftehøyde

7.2. Valg av eksterne aktører i forbindelse med konsepttesting

Valg av eksterne aktører er gjort med hensyn på de ulike fagområdene nedenfor:

- Ekstern person med relevant kunnskap i forbindelse med tekniske løsninger.
- Ekstern person med relevant kunnskap i forbindelse med valg av materiale
- Ekstern person med relevant kunnskap i forbindelse med design/utforming.
- Eksterne personer med ulik høyde i forbindelse med kartlegging av ergonomisk toftehøyde

Et møte med Carlos Mauricio Salas Bringas, som er emneansvarlig for fagene TIP200 Produktutvikling, og TMP261 Varme og strømmingssimulering ved NMBU, ble foretatt for å få tilbakemeldinger på valgte tekniske løsninger og utforming av moduler samt materialvalg. Siden Carlos har mye relevant kunnskap i forbindelse med produktutvikling, produktdesign og strømmingssimulering, var det naturlig å drøfte konseptideen med ham.

Ved kartlegging av ergonomisk toftehøyde fikk jeg hjelp fra personer med ulik høyde til å gi tilbakemelding på hvilken høyde i cm de mente var ergonomisk ved å prøvesitte i ulike høyder.

7.3. Innhold og form på testskjemaer, kommunikasjonsform

Testskjemaet i forbindelse med kartlegging av ergonomisk toftehøyde er satt opp på en enkel form slik der testdeltagerne skrev ned sin høyde i cm, og deretter sin preferanse i forhold til ergonomisk toftehøyde i cm.

Tabell 7.3: Form på testskjema i forbindelse med ergonomisk toftehøyde.

Person	Høyde [cm]	Ergonomisk toftehøyde [cm]
1		
2		
3		

7.4. Resultater og resultattolkning

7.4.1 Objektiv vurdering av konseptide

I møtet med førsteamanuensis Carlos Mauricio Salas Bringas ble det ble bekreftet at de tekniske løsningene knyttet til innfesting av moduler var en egnet løsning, og at det i hovedsak er dimensjonering og design som er mest avgjørende for produktet videre. Både med hensyn på sjøegenskaper og med hensyn på produksjonsmetode. I forbindelse med valg av materiale fikk jeg et råd om å undersøke hvilket materiale tilsvarende produkter produseres av, og velge materiale ut ifra dette.

7.4.2 Kartlegging av ergonomisk toftehøyde

Tabell 7.4.1: Testpopulasjon og bakgrunn.

Person	Navn	Utdanning	Alder
1	Hilde Marie Rognlie	Sykepleier, samfunnsøkonomi	61
2	Annie K. Dahl Tomter	Barnehagelærer	28
3	Terje Sofienberg	Snekker/treskjærer	72

I tillegg til å være snekker/treskjærer har Terje Sofienberg mye erfaring knyttet til fritidsbåter. Det har derfor vært svært nyttig å diskutere ulike løsninger med ham. Nedenfor er resultatene etter den praktiske testen, der ergonomisk toftehøyde i gjennomsnitt var på 30 cm.

Tabell 7.4.2: Empirisk kartlegging av ergonomisk toftehøyde.

Person	Høyde [cm]	Ergonomisk toftehøyde [cm]
1	180	30,5
2	165	25,5
3	178	34

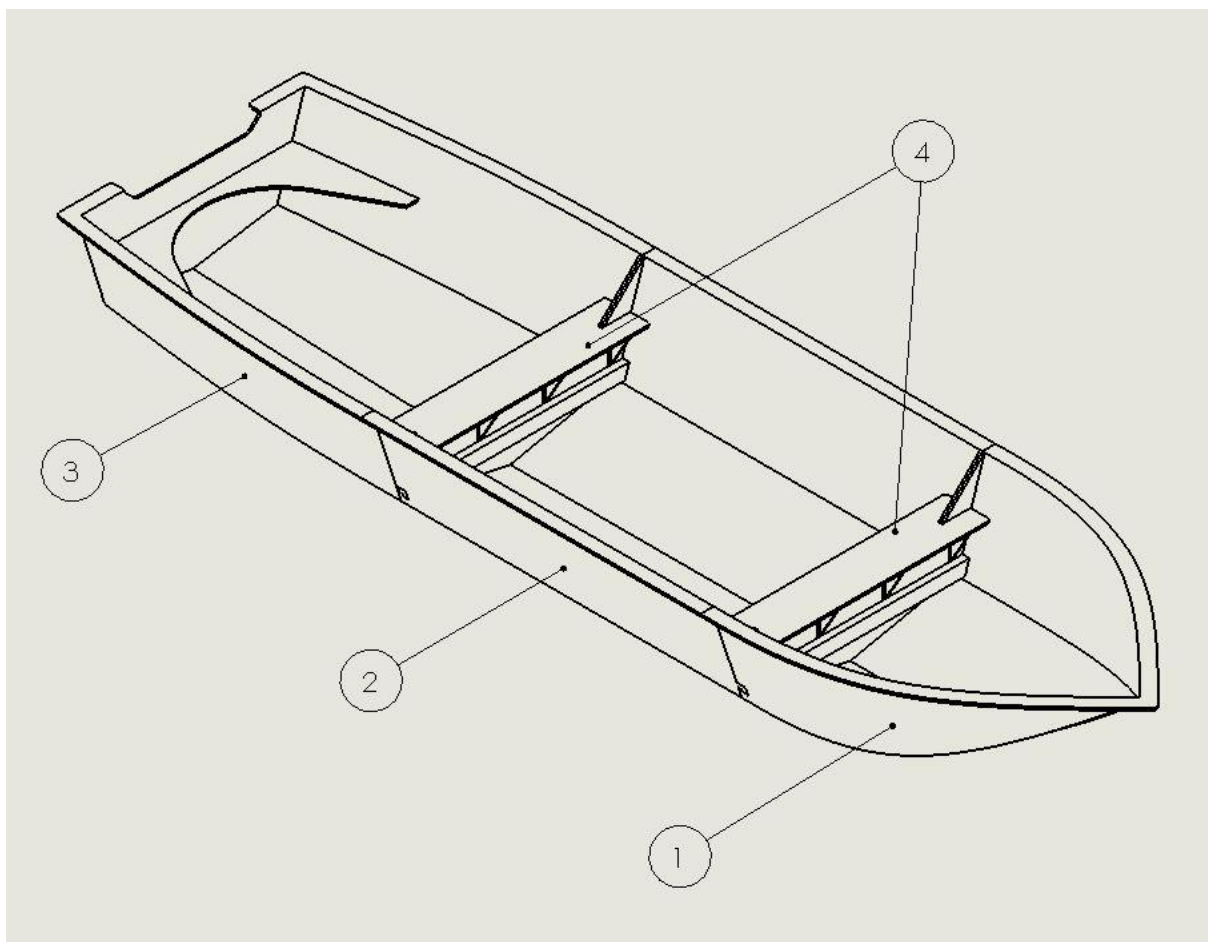
Gjennomsnittet av de 3 ulike verdiene i forbindelse med ergonomisk toftehøyde blir dermed 30 cm. Dette gir dermed grunnlaget for toftenes høyde fra modulenes bunn innvendig. Testen ble gjort ved hjelp av prøvesitting i ulike høyder i en slik sittestilling som man vanligvis har når man sitter i en jolle.

8. PRODUKTARKITEKTUR OG KONSEPTDESIGN

I dette kapittelet blir produktarkitektur og konseptdesign illustrert ved hjelp av strektegninger fra Solid Works. Det er valgt å bruke strektegninger, da dette gir et mer teknisk preg og får hovedlinjene mer tydelig frem.

8.1. Sammenstilling

Sammenstillingstegning av landstedbåtversjon er vist nedenfor. Det er tatt utgangspunkt i landstedbåtversjonen, da denne består av alle 4 ulike moduler, og dermed får frem alle de ulike modulenes funksjon og utforming.



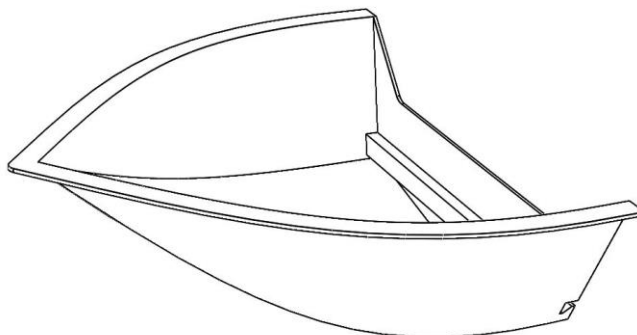
Tabell 8.1 Beskrivelse av de 4 ulike modultypene med utgangspunkt i tegningen over.

Nummer	Modultype	Beskrivelse
1	Baugmodul	Felles baugparti for jolle og landstedbåt
2	Sentermodul	Midtre parti, brukes kun på landstedbåt
3	Aktermodul	Felles akterparti for jolle og landstedbåt
4	Toftemodul	Felles tofte for jolle og landstedbåt

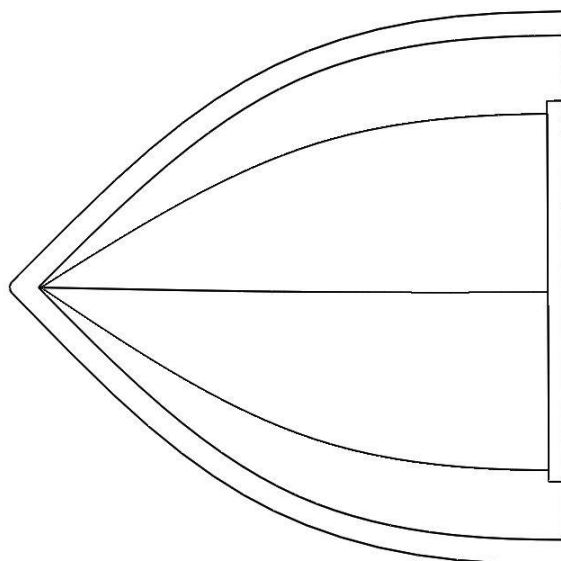
Landstedbåtversjon bruker 2 stk. toftemoduler, og jolleversjon bruker 1stk. toftemodul. Det som skiller landstedbåt og jolle er 1 stk. sentermodul og 1 stk. toftemodul.

8.2. Design av hovedelementer

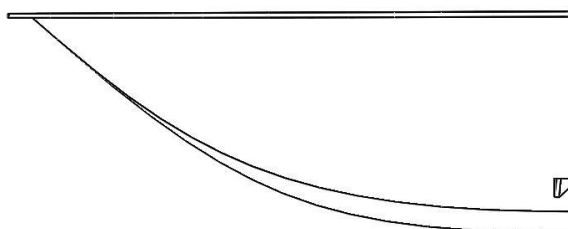
De ulike hovedelementenes (modulenes) design er vist nedenfor. Disse viser hovedtrekkene ved de forskjellige modulene. Baugmodulens design består av både organiske og uorganiske former. Sentermodulen består i hovedsak av uorganiske former, og aktermodulen består av både uorganiske og organiske former.



Figur 8.2.1: Baugmodul med horisontalt slissespor rettet innover.

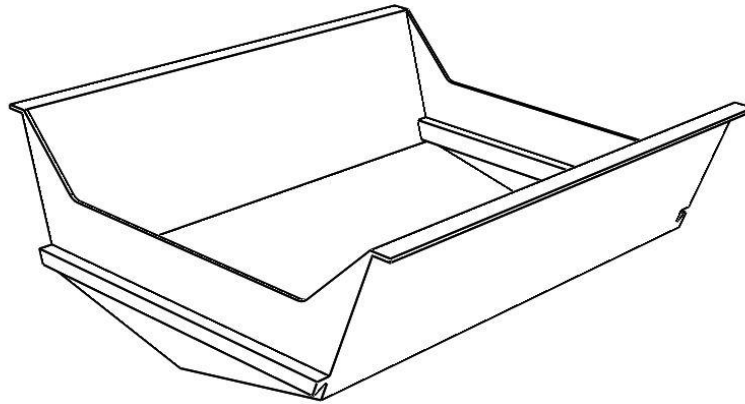


Figur 8.2.2: Baugmodul sett fra oversiden.

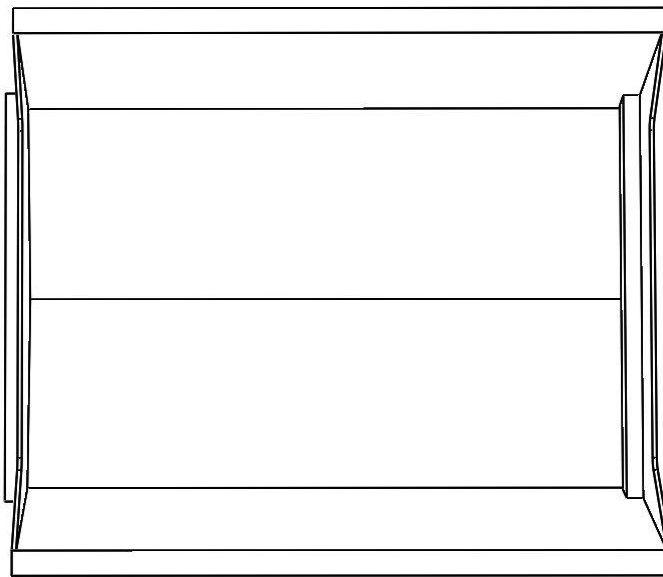


Figur 8.2.3: Baugmodul sett fra siden.

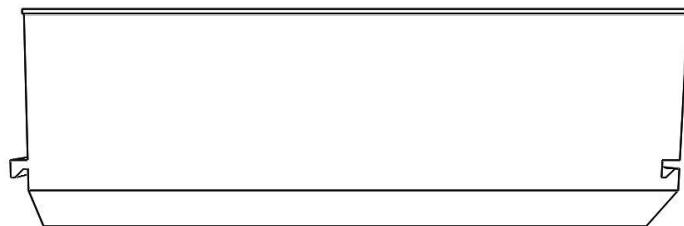
Tegninger av sentermodulen er vist nedenfor. Sentermodul har horisontalt slissespor rettet utover i front, og horisontalt slissespor rettet innover bak.



Figur 8.2.4: Sentermodul sett forfra, og fra siden.

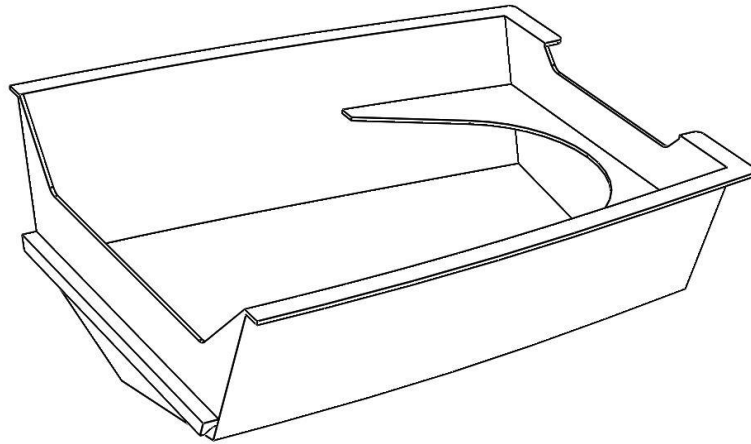


Figur 8.2.5: Sentermodul sett fra oversiden.

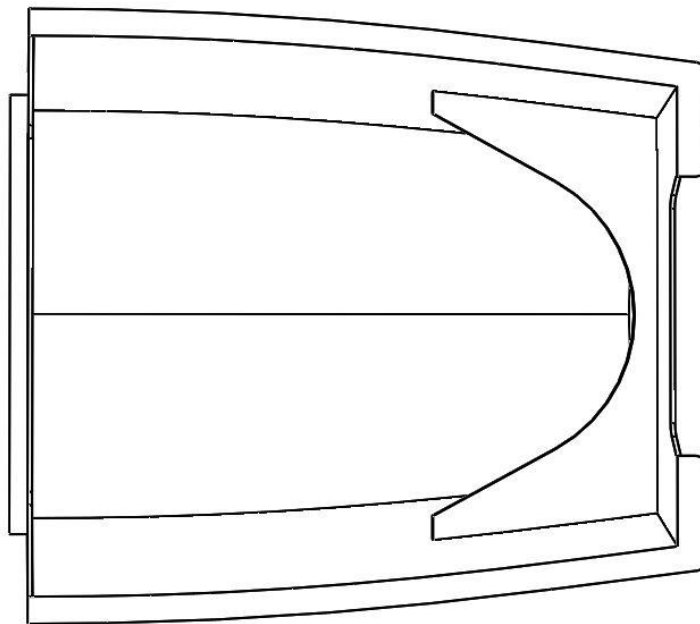


Figur 8.2.6: Sentermodul sett fra siden.

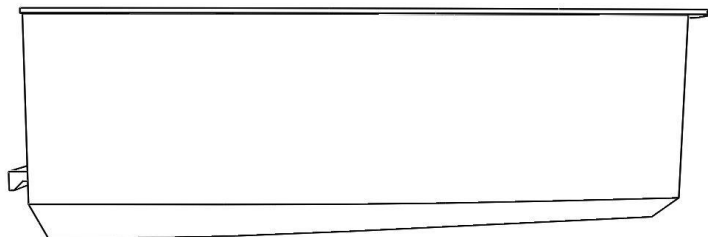
Tegninger av aktermodulen er vist under. Aktermodulen har et horisontalt slissespor rettet utover i front.



Figur 8.2.7: Aktermodul sett forfra, og fra siden.

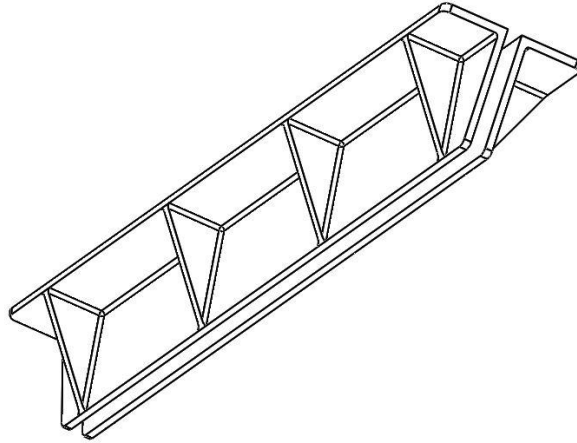


Figur 8.2.8: Aktermodul sett fra oversiden.

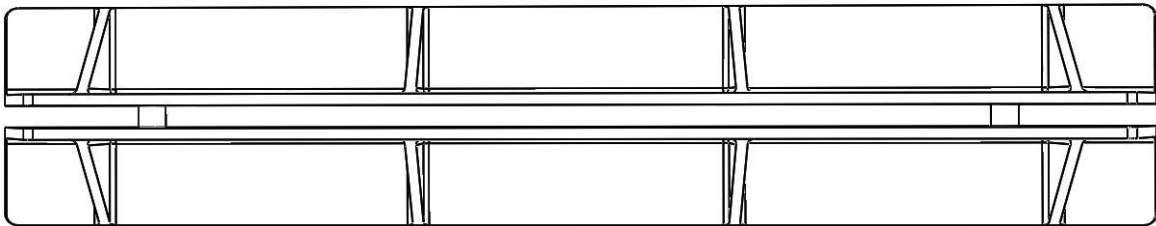


Figur 8.2.9: Aktermodul sett fra siden.

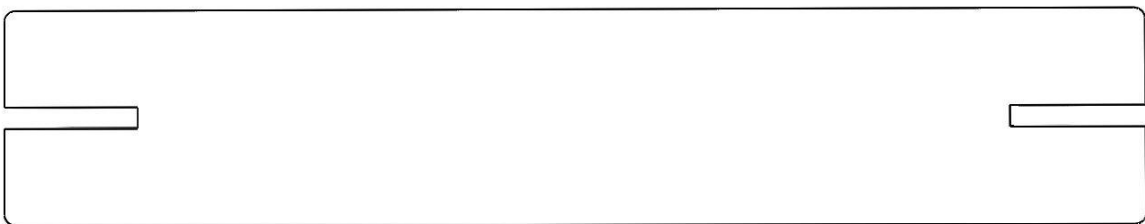
Tegninger av toftemodul er vist nedenfor. Toftemodulen har et gjennomgående slissespor på tvers. Slissesporet holder sammen den øvre delen av overgangene mellom baug, senter, og aktermodul.



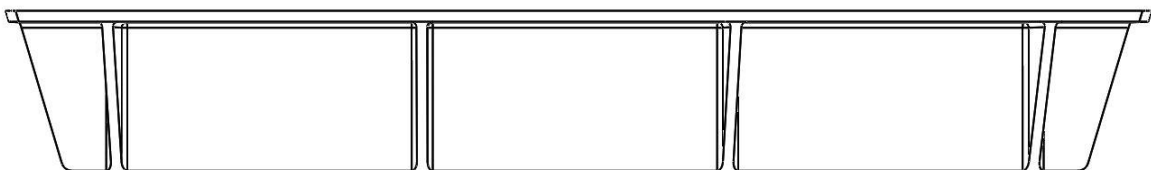
Figur 8.2.10: Toftemodul med lange flenser og totalt 8 stk. trekantformede avstivere.



Figur 8.2.11: Toftemodul sett fra undersiden.

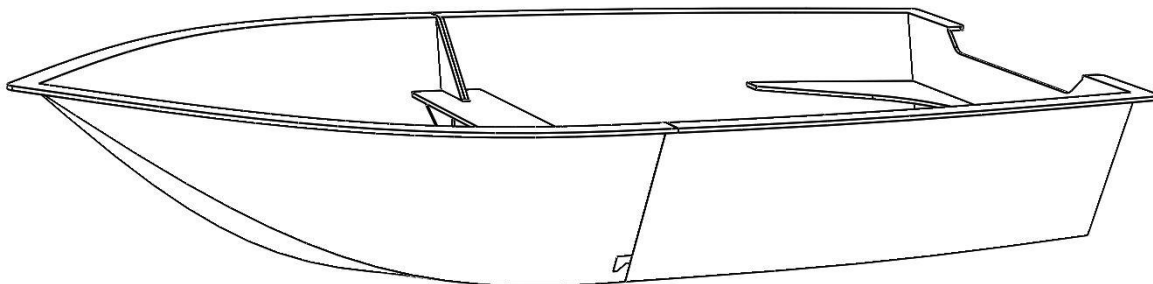


Figur 8.2.12: Toftemodul sett fra oversiden.

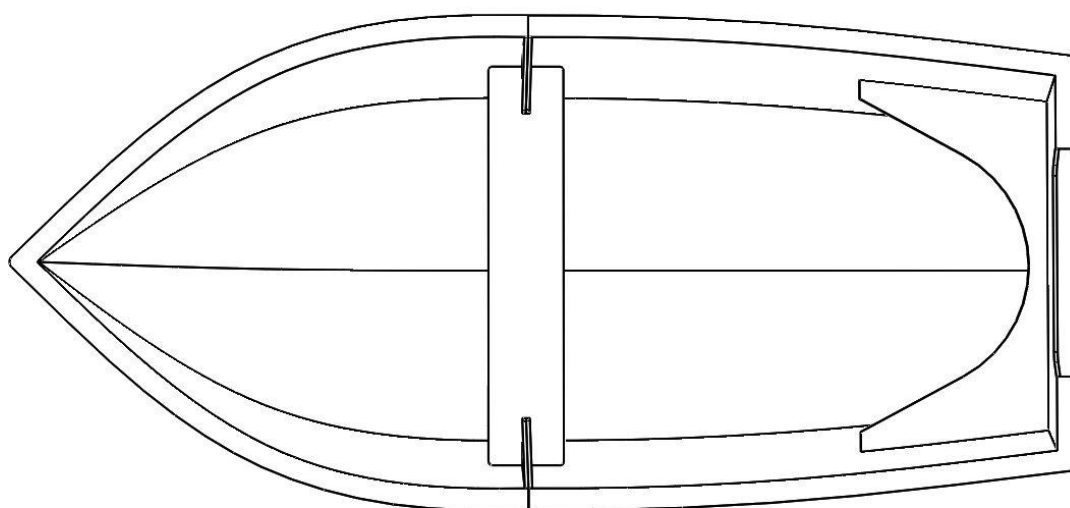


Figur 8.2.13: Toftemodul sett fra siden.

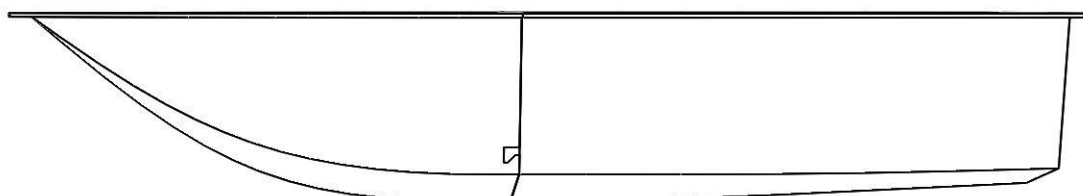
Under er tegninger av jolleversjon sett fra ulike vinkler. Denne har mest klassisk båtdesign av de to båtversjonene. Dette er på grunn av at den har kontinuerlig varierende tverrsnitt fra baug til akterende. Jolle-versjonen består av baugmodul, aktermodul, og 1 stk. toftemodul. Siden det kun er en toftemodul, er det også kun en eksenterlås som sikrer at båten holder sammen også dersom den havner opp ned.



Figur 8.2.14: Jolleversjon sett forfra og fra siden.

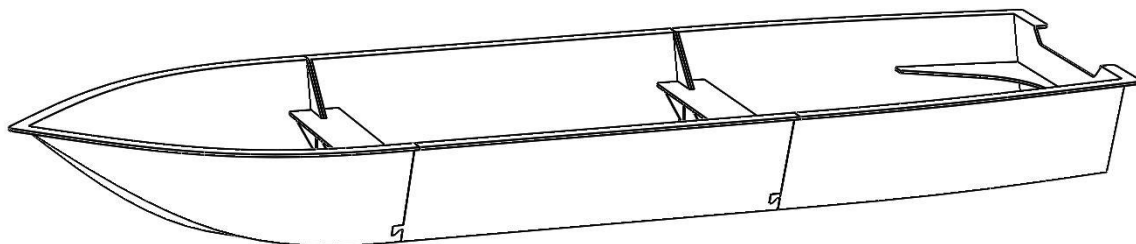


Figur 8.2.15: Jolle-versjon sett fra oversiden.

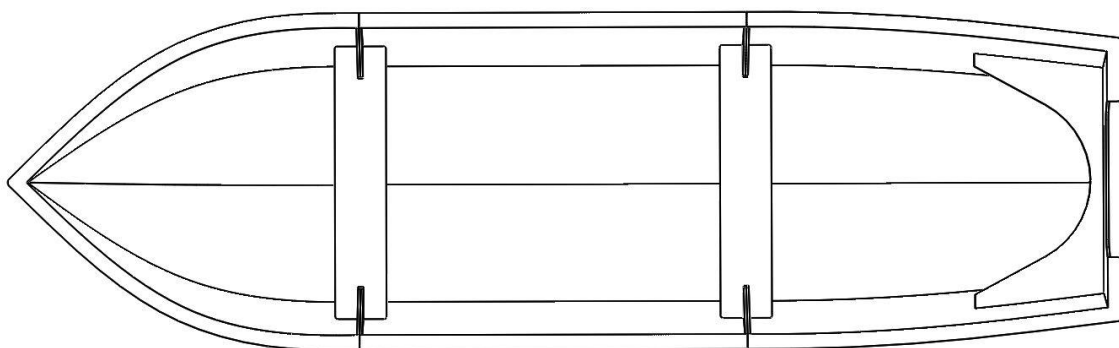


Figur 8.2.16: Jolle-versjon sett fra siden.

Nedenfor er landstedbåtversjon sett fra ulike vinkler. Siden landstedbåten er 150 cm lenger enn jolleversjonen, men har lik bredde, fører dette til at landstedbåtversjonen får en mer avlang fasong.



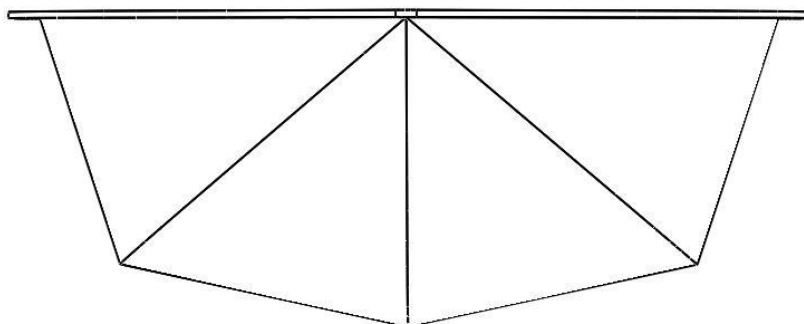
Figur 8.2.17: Landstedbåt-versjon sett forfra, og fra siden.



Figur 8.2.18: Landstedbåt-versjon sett fra oversiden.



Figur 8.2.19: Landstedbåt-versjon sett fra siden.



Figur 8.2.20: Landstedbåt-versjon sett fra fremsiden.

8.3. Modularisering og standardkomponenter



Figur 8.4.1: Syrefast fortøyningsfeste, der 1 stk. monteres på baugmodul og 2 stk. på aktermodul (19).



Figur 8.4.1: Åregaffelfeste og åregaffel for montering på sentermodulen og aktermodulens ytre flens der eventuell fenderlist kan monteres (19).

Åregaffelfestene blir plassert i en ergonomisk avstand fra tofter. Siden modulene er beregnet for å kunne stables oppi hverandre, monteres såregaffelfestene ikke på innsiden av modulene da de vil hindre stabling av moduler ved å plassere dem slik.

9. ROBUSTHET, VEDLIKEHOLD OG RESIRKULERING

9.1. Materialegenskaper, overflatebehandling, styrke og vedlikehold

I dette kapitlet er en oversikt over de mest sentrale egenskapene knyttet til materialet som er valgt tidligere i oppgaven. Materialeegenskapene til High Density Polyethylene varierer noe, men massetettheten er på 930 kg/m^3 eller mer (18).

9.1.1 Materialeegenskaper

Tabell 9.1: Materialeegenskaper for High Density Polyethylene (20).

Re [MPa]	Rm [MPa]	Slagseighet [kJ/m ²]	E-modul [MPa]	ρ [kg/m ³]	Smeltetemperatur [C°]
28	32	12	1300	950	135

Materialvalget for modulsystemet er Polyetylen med høy massetetthet (High Density Polyethylene). For at denne plasttypen skal ha tilstrekkelig styrke i forhold til tverrsnitt, benytter båtprodusenter i en del tilfeller Polyetylen med høy massetetthet. Dette er et plastmateriale som er mye brukt på mindre båter med lengde opp til 20 fot, som tilsvarer 6096 mm (21). Noen av fordelene med Polyetylen er nevnt nedenfor:

- Høy grad av slagseighet, og er derfor et meget robust materiale.
- 100% resirkulerbart, og er dermed et miljøvennlig materiale.
- Polyetylen kan støpes i mer komplekse former enn glassfiber.
- Minimalt vedlikeholdsbehov.
- Massetetthet lavere enn vann.
- Rimelig med hensyn på pris.



Figur 9.1.1: Pioneer 13, rotasjonsstøpt båt av Polyetylen (22).

9.1.2 Overflatebehandling

De rotasjonsstøpte modulene blir ikke malt, da de får sin farge fra fargen på Polyetylen-pulveret som legges i støpeformene. For å beskytte platen mot falming i sollys, benyttes det Polyetylen med tilsetning av et UV-beskyttende middel. Modulene har relativt små dimensjoner sammenlignet med joller og landstedbåter som produseres i et stykke. Polyetylen er derfor godt egnet til å produsere mindre moduler. Største modul har en lengde lik 150 cm, bredde lik 130 cm, og en høyde lik 51 cm. Polyetylen har begrenset stivhet og egn seg derfor til mindre produkter. Materialet er veldig robust med hensyn på slag ved for eksempel sammenstøt med harde gjenstander.

9.1.2 Styrke og vedlikehold

Polyetylen er et robust materiale med gode egenskaper i forhold til holdbarhet mot slag, også ved lavere temperaturer. Materialet er tilnærmet vedlikeholdsfritt ved normalt god behandling ved bruk. På mindre båter er det få ulemper ved bruk av Polyetylen. Selv om det er mange fordeler med glassfiberbåter, så vil en glassfiberbåt lettere få skader ved uforsiktig bruk da glassfiber ikke er like robust mot slag slik som Polyetylen. Selv om Polyetylen skal være tilsatt et UV-beskyttende middel, så kan det være en fordel å minimere eksponering for sollys ved for å være på den sikre siden i forbindelse med eventuell falming av farge.

9.2. Miljøkrav og resirkulering

En av fordelene ved termoplast sammenlignet med for eksempel glassfiber, er at termoplast er bedre egnet for resirkulering da dette er ren plast uten fibertråder, som dermed kan smeltes om og bli til nye produkter. Glassfiber er også mer helseskadelig å jobbe med. Termoplast er 100 % resirkulerbart, og er derfor et mer miljøvennlig materialvalg enn for eksempel glassfiber. Dersom man får en skade på en modul, kan man levere den på en gjenvinningsstasjon og deretter kjøpe den aktuelle modulen ny i butikk, på same måte som man kjøper en reservedel til et produkt bestående av flere komponenter. Polyetylen har lavere smeltetemperatur enn for eksempel aluminium, og krever derfor mindre energi for å smeltes om.



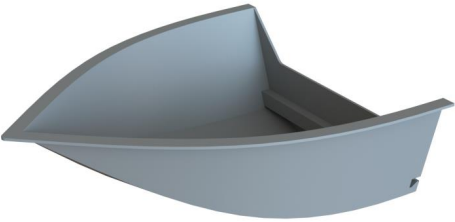
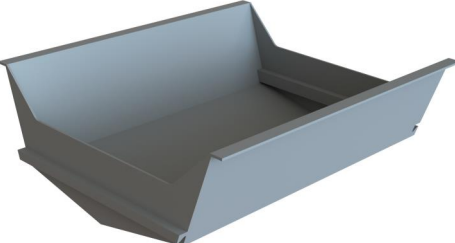
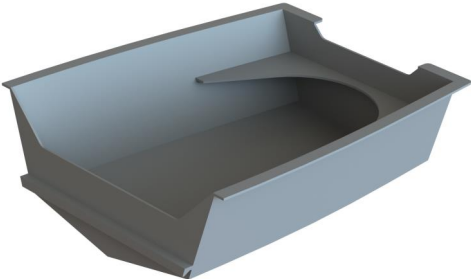
Figur 9.2.1: Miljømerking av High Density Polyethylene (23).

10. FRAMSTILLING OG PRODUKSJONSKOSTNADER

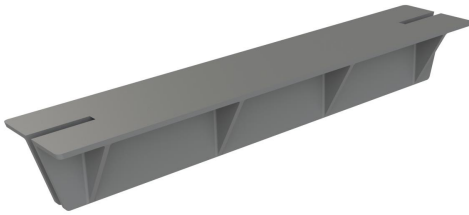
10.1. Produksjonsmetoder

I dette kapitlet blir produksjonsmetoder knyttet til de ulike modulene beskrevet. Produksjonsmetoder avhenger av valgt materiale. Siden Polyetylen egner seg godt til rotasjonsstøping av hule produkter, er rotasjonsstøping valgt som produksjonsmetode for de ulike modulene. Det er også laget en kostnadskalkyle basert på estimerte priser, satser, og arbeidstimer. Det er noe usikkerhet forbundet med kostnadskalkylen, men den gir et bilde på hvor mange modulsystem man må produsere for å veie opp for investeringsutgifter (24). De største usikkerhetene er forbundet med investeringsutgifter og tilvirkningskostnader. Det er mindre usikkerhet knyttet til materialkostnader.

Tabell 10.1: Moduler og produksjonsmetoder.

Komponent	Produksjonsmetode
Baugmodul 	Støpeform fylles med tilpasset mengde HDPE-pulver. Deretter rotasjonsstøpes modulen i en sammenhengende del. Etter at modulen er ferdig støpt, tas den ut av formen og bearbeides videre med kappe og slipeverktøy. Det bores hull til fortøyningsfeste, og beslag skrues fast med selvgjengende skruer.
Sentermodul 	Sentermodulens støpeform fylles med tilpasset mengde HDPE-pulver. Modulen rotasjonsstøpes, og bearbeides ytterligere med kappe og slipeverktøy etter at den er ferdig støpt og tatt ut av formen. Det bores hull for montering av eksenterlås. Eksenterlåsen festes med 2 stk. selvgjengende skruer.
Aktermodul 	Tilpasset mengde HDPE-pulver blir lagt i aktermodulens støpeform. Deretter rotasjonsstøpes modulen i en sammenhengende del. Modulen tas ut av formen og bearbeides med kappe og slipeverktøy for å få finere kanter og overganger. Eksenterlås festes med 2 stk. selvgjengende skruer i forborede hull.

Tabell 10.1: Moduler og produksjonsmetoder fortsettelse.

Komponent	Produksjonsmetode
Toftemodul 	HDPE-pulver med tilpasset mengde blir lagt i toftemodulens støpeform, så rotasjonsstøpes modulen som en sammenhengende del. Deretter bearbeides modulen videre for å fjerne overflødig materiale og for å få finere overganger. Festekrok for eksenterlås monteres med selvgjengende skruer i forborede hull.

10.2. Kostnadskalkyle for prototype

Tabell 10.2: Arbeidskostnader forbundet med konseptutvikling.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Utredning	75	550	41 250
Konstruksjon	250	550	137 500
CAD i Solid Works	150	550	82 500
Rapportering	250	550	137 500
Sum	725	550	398 750

Summen av arbeidstimer totalt er kalkulert til å bli mindre enn 900 timer, dette kan ha sammenheng med at det er arbeidstimer knyttet til de resterende kapitlene som egentlig skulle vært tatt med i kalkylen.

Tabell 10.3: Arbeidskostnader, prototyping av 1 stk. baugmodul.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Støping	4	650	2 600
Kapping	1	650	650
Bearbeiding	1,5	650	975
Boring for beslag	0,5	650	325
Montering av beslag	0,5	650	325
Sum	7,5	650	4 875

Tabell 10.4: Arbeidskostnader, prototyping av 1 stk. sentermodul.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Støping	4	650	2 600
Kapping	1	650	650
Bearbeiding	1,5	650	975
Boring for beslag	0,5	650	325
Montering av beslag	0,5	650	325
Sum	7,5	650	4 875

Tabell 10.5: Arbeidskostnader, prototyping av 1 stk. aktermodul.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Støping	4	650	2 600
Kapping	1	650	650
Bearbeiding	2	650	1 300
Boring for beslag	0,5	650	325
Montering av beslag	0,5	650	325
Sum	8	650	5 200

Tabell 10.6: Arbeidskostnader, prototyping av 1 stk. toftemodul.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Støping	2	650	1 300
Kapping	1	650	650
Bearbeiding	1	650	650
Boring, beslag	0,5	650	325
Montering av beslag	0,5	650	325
Sum	5	650	3 250

Tabell 10.7: Materialkostnader, prototyping av ett komplett modulsystem (landstedbåt).

Beskrivelse	Kvanta	Sats	Kostnad [NOK]
HDPE pulver	92 kg	20 NOK/kg	1 840
Beslag, baug	1 stk.	100 NOK/stk.	100
Beslag, akter	2 stk.	100 NOK/stk.	200
Eksenterlås	2 stk.	90 NOK/stk.	180
Sum			2 320

De totale variable kostnadene (arbeidstimer + materialkostnader) forbundet med prototyping av 1 stk. baugmodul, 1 stk. sentermodul, 1 stk. aktermodul og 2 stk. toftemoduler er estimert til 23 770 NOK.

10.3. Kostnadsanalyse for serieproduksjon

Ved serieproduksjon antas det at de variable kostnadene reduseres til 25% av det de variable kostnadene er ved prototyping av 1 stk. komplett modulsystem (landstedbåt-versjon). Dermed blir de variable kostnadene 25 % av 23 770 NOK, som dermed blir 5 942,50 NOK.

Tabell 10.8: Arbeidskostnader forbundet med konseptutvikling.

Type arbeid	Tid [timer]	Sats [NOK/time]	Kostnad [NOK]
Utredning	75	550	41 250
Konstruksjon	250	550	137 500
CAD i Solid Works	150	550	82 500
Rapportering	250	550	137 500
Sum	725	550	398 750

Tabell 10.9: Investeringskostnader.

Beskrivelse	Kostnad [NOK]
Støpeformer	150 000
Maskin for rotasjonsstøping	2 000 000
Slipemaskiner	3 000
Boremaskiner	20 000
Kappeverktøy	5 000
Sum	2 178 000

Tabell 10.10: Arbeidskostnader, 1 stk. modulsystem (landstedbåt-versjon).

Beskrivelse	Antall	Kostnad [NOK]
Baugmodul	1	4 875
Sentermodul	1	4 875
Aktermodul	1	5 200
Toftemodul	2	6 500
Sum		21 450

Tabell 10.11: Materialkostnader, 1 stk. modulsystem (landstedbåt-versjon).

Beskrivelse	Antall	Kostnad [NOK]
Baugmodul	1	560
Sentermodul	1	690
Aktermodul	1	830
Toftemodul	2	240
Sum		2 320

Tabell 10.12: Total kostnad, serieproduksjon, 1 stk. modulsystem (landstedbåt-versjon).

Beskrivelse	Kostnad [NOK]
Konseptutvikling (FK)	398 750
Investering (FK)	2 178 000
Tilvirkning (VK)	21 450
Material (VK)	2 320
Sum (FK + VK)	2 600 520

FK = Faste kostnader: $398\,750 + 2\,178\,000 = 2\,576\,750$ NOK

VK = Variable kostnader: $2\,320 + 21\,450 = 23\,770$ NOK

FEK = Faste enhetskostnader

VEK = Variable enhetskostnader

TEK = Totale enhetskostnader (VEK + FEK)

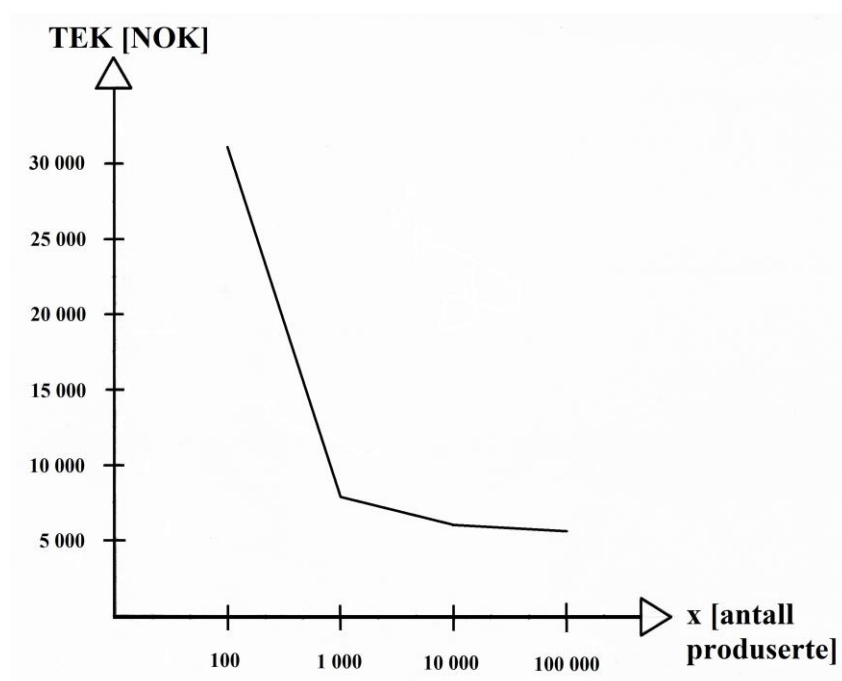
x = antall produserte enheter (landstedbåt-versjon)

$$\text{TEK} = \text{VEK} + \text{FEK}$$

$$\text{TEK} = \frac{\text{VK}}{x} + \frac{\text{FK}}{x} \quad (\text{Likning 9})$$

Tabell 10.13: TEK, ved x antall produserte modulsystemer (landstedbåt-versjon).

Antall produserte modulsystem	Totale enhetskostnader, TEK [NOK]
100	31 710
1 000	8 519
10 000	6 200
100 000	5 968



Figur 10.1: Totale enhetskostnader som funksjon av antall produserte modulsystem.

En bedrift som allerede har investert i maskiner til rotasjonsstøping, vil ikke måtte produsere et så høyt antall modulsystemer for å veie opp for kostnader. Kostnadene vil da hovedsakelig være forbundet med material og arbeidstimer.

10.4. Konkurrentanalyse

Grafen av TEK som funksjon av antall produserte enheter viser at de totale enhetskostnadene flater ut ved omtrent 100 000 produserte enheter, da er TEK lik 5 968 NOK. For å bestemme en realistisk salgpris, multipliseres den totale enhetskostnaden med 4,2. Dette er for å ha tilstrekkelig mye å gå på i forbindelse med alle avanseledd (25). Salgsprisen havner dermed på 25 087 NOK.

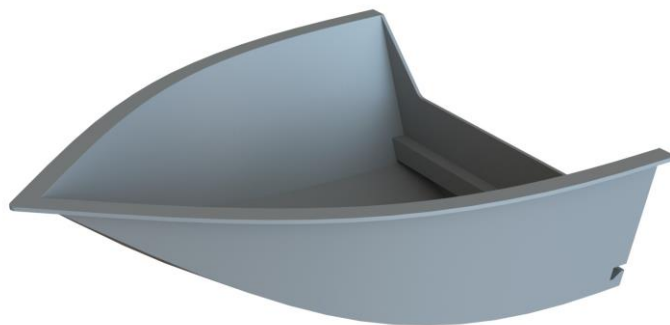
Konkurrerende produkt; Nesting Dinghy fra konkurrerende løsninger, selges montert for 2 699 USD. Det tilsvarer 22 020 NOK. Marine Module med salgpris lik 25 087 NOK er litt høyere,

men med enda mer effektiv produksjon kunne prisen muligens havnet på omtrent 20 000 NOK. I så fall ville landstedbåt-versjonen hatt omtrent samme salgpris som tradisjonelle landstedbåter uten modulløsning.

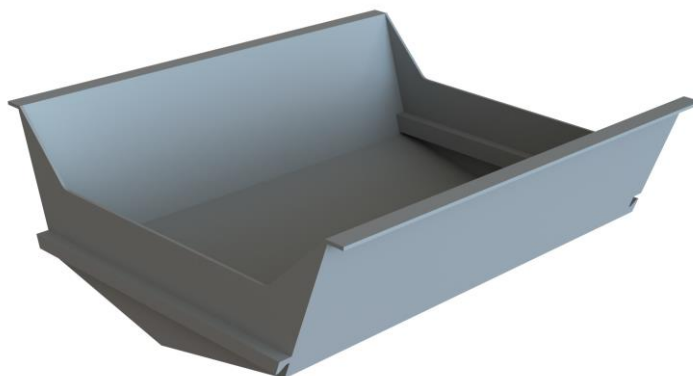
11. MARKEDSPRESENTASJON

11.1. Rendrerte framstillinger

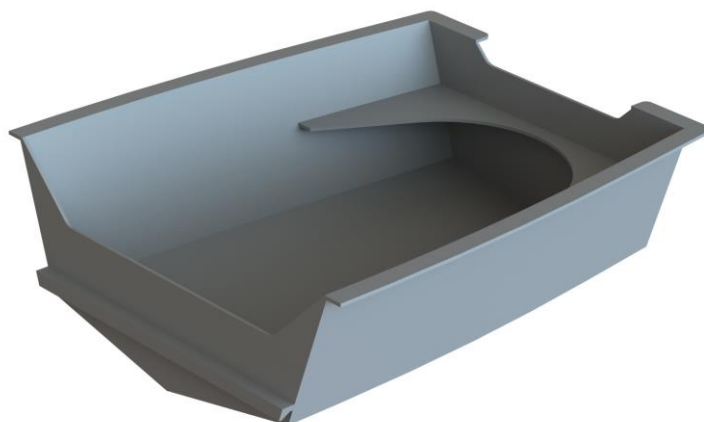
Nedenfor er det realistiske framstillinger av baugmodul, sentermodul, aktermodul. Utgangspunktet for rendrerte framstillinger er tegningene fra kapittel 8.



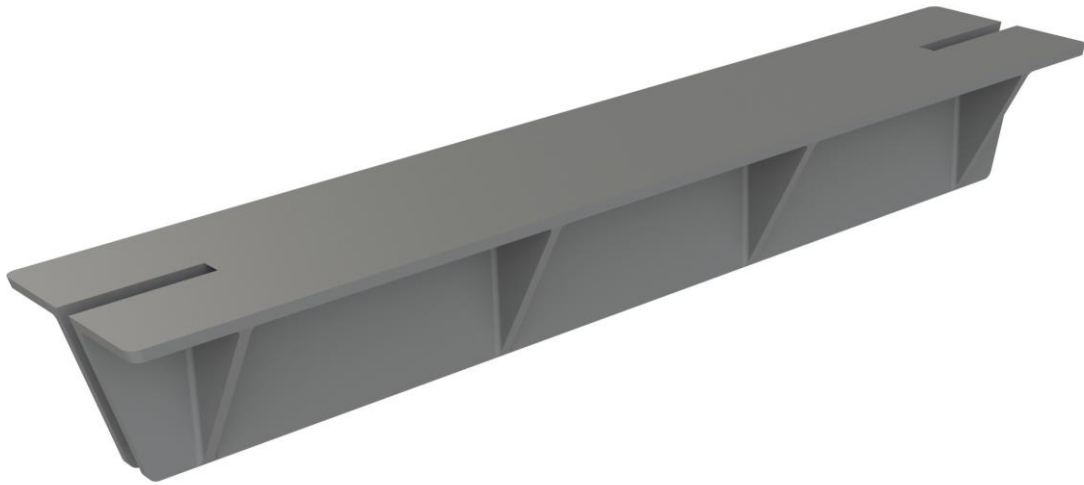
Figur 11.1.1: Rendrert framstilling av baugmodul. Baugmodulens ytre mål er: 137x130x51cm. Totalvekten er 23 kg.



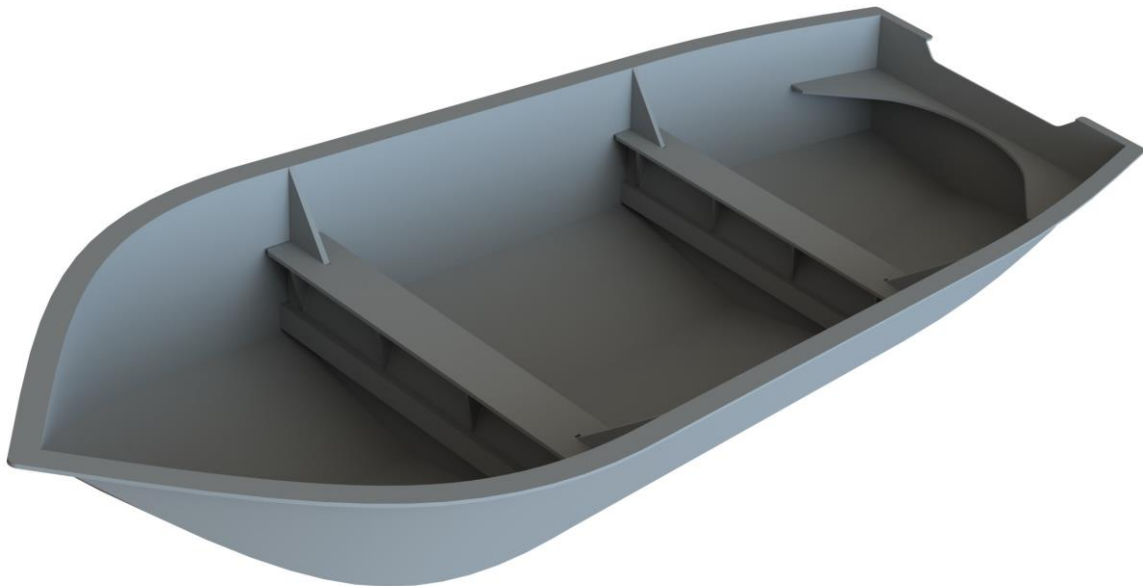
Figur 11.1.2: Rendrert framstilling av sentermodul. Sentermodulens ytre mål er: 150x130x51cm. Totalvekten er 30 kg.



Figur 11.1.3: Rendrert framstilling av aktermodul. Aktermodulens ytre mål er: 145x130x51cm. Totalvekten er 27 kg.

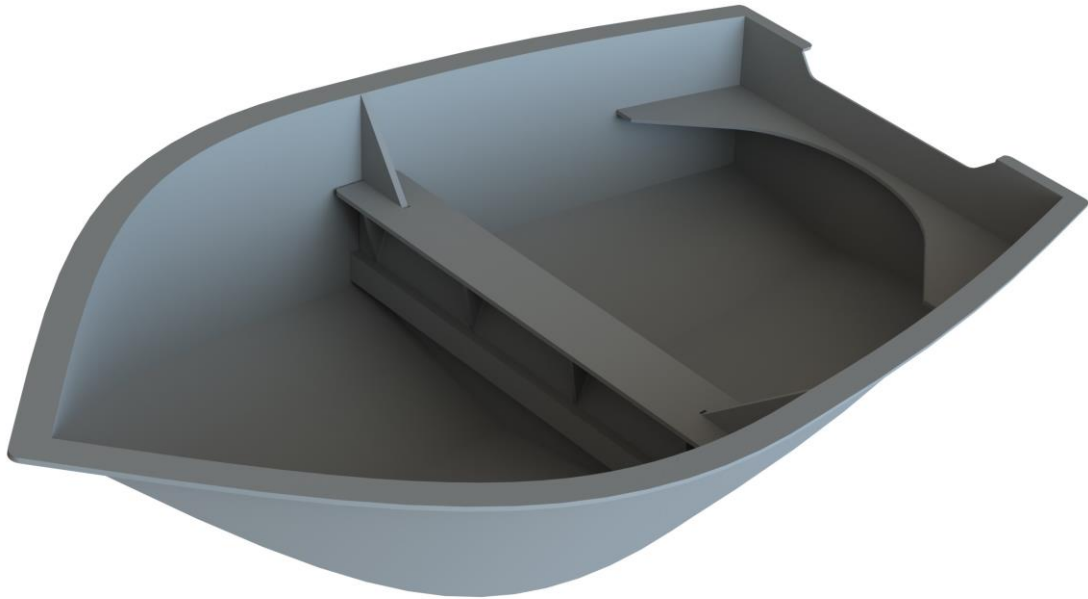


*Figur 11.1.4: Rendrert fremstilling av toftemodul. Toftemodulens ytre mål er: 20x106x15cm.
Totalvekten er 6 kg.*

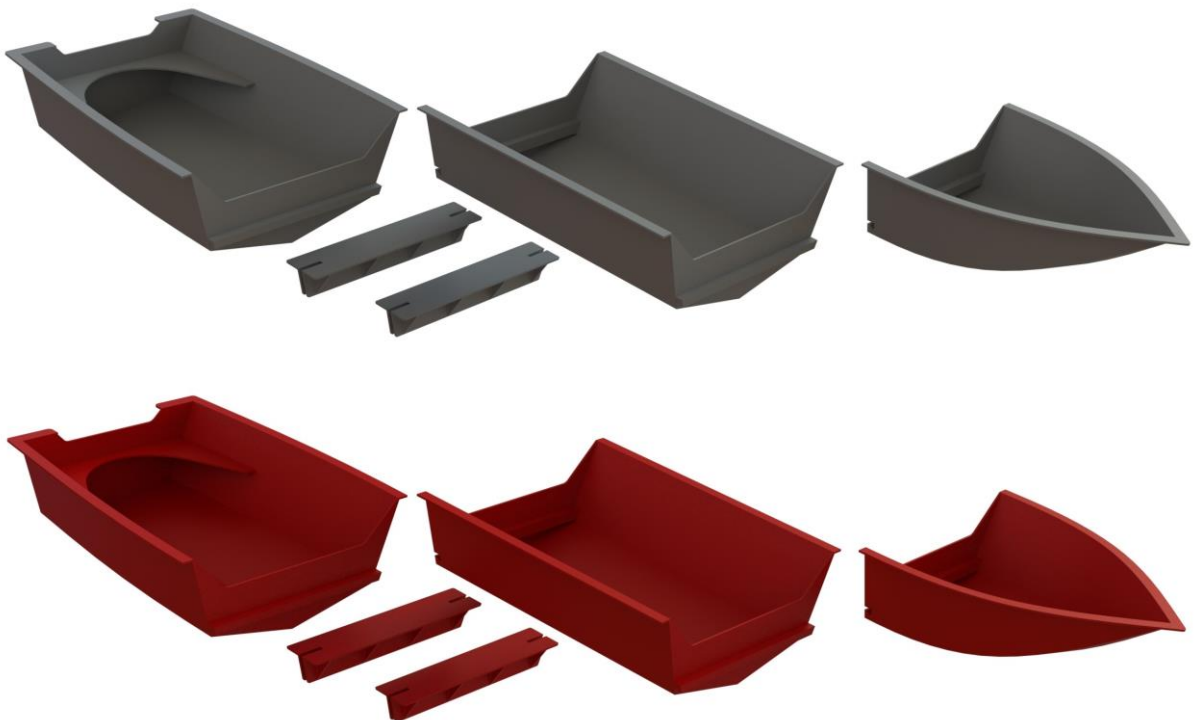


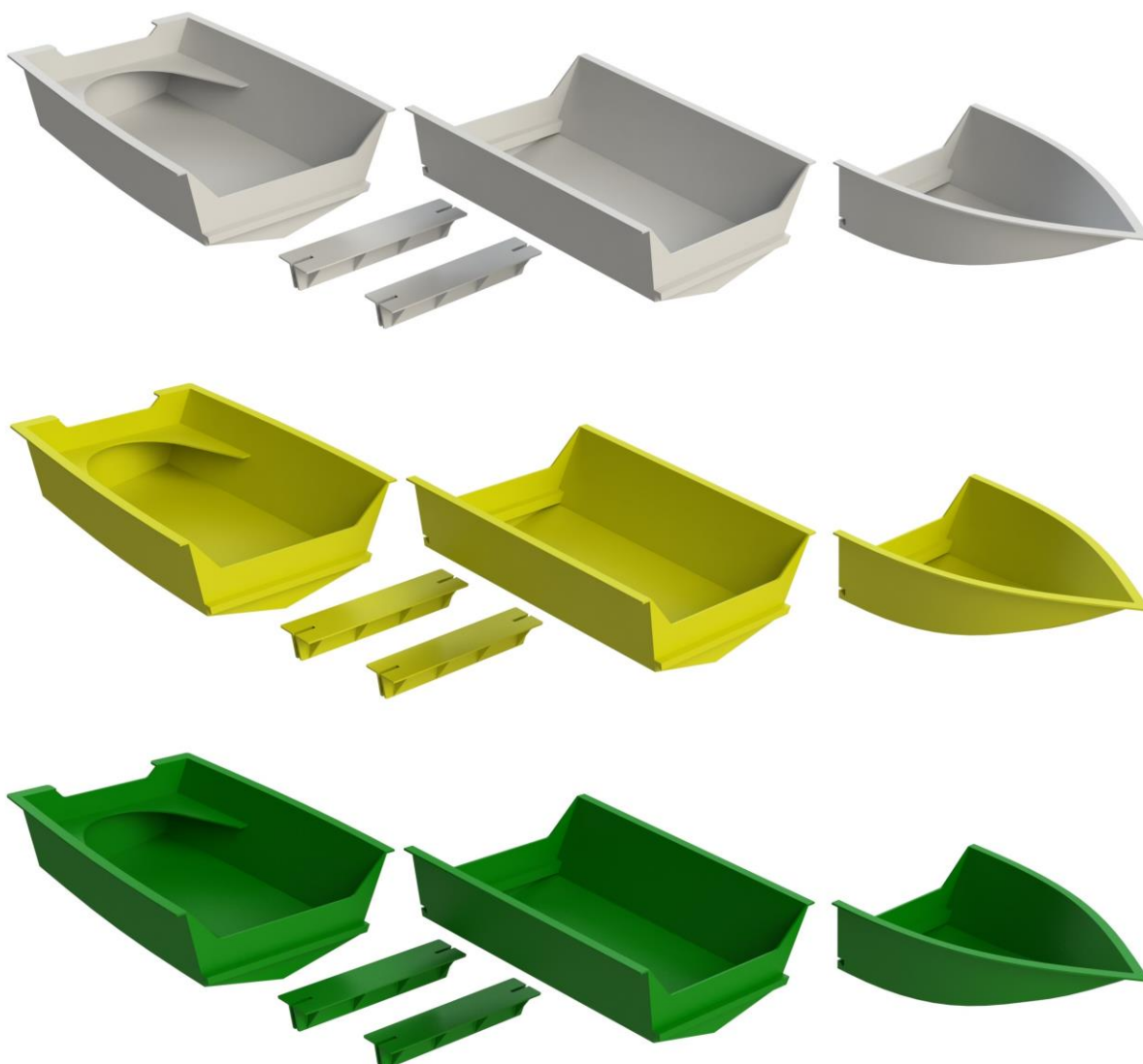
*Figur 11.1.5: Rendrert fremstilling av landstedbåt-versjon, bestående av baug, senter, aktermodul, samt 2 stk. toftemoduler. Landstedbåtens ytre mål er: 432x130x51cm.
Totalvekten er 92 kg.*

Rendrert fremstilling av jolleversjon er vist under. Jolleversjonen har et mer klassisk utseende da båt-tverrsnittet varierer kontinuerlig fra baug til akterende.



Figur 11.1.6: Rendrert fremstilling av jolle-versjon, bestående av baug, akter og toftemodul. Jollens ytre mål er: 282x130x51cm. Totalvekten er 56 kg.





Tabell 11.1: Utvalgte farger, med tilhørende assosiasjoner.

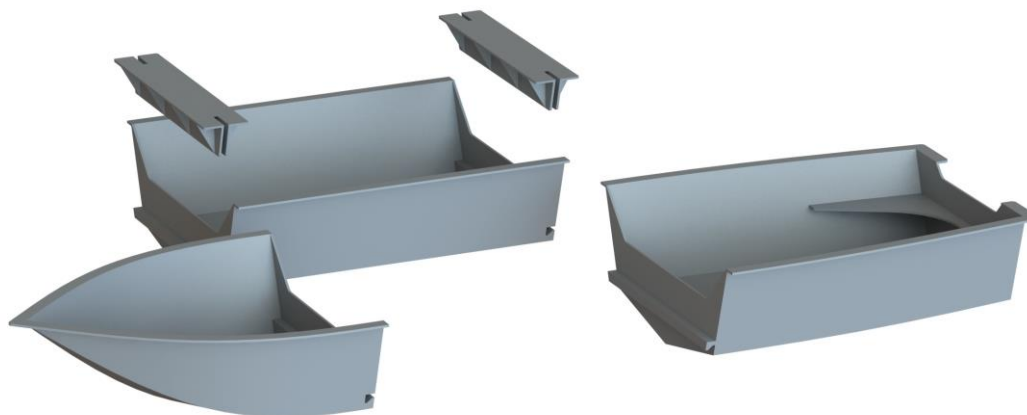
Farge	Assosiasjon
Mørk grå	Robust, trygt valg
Rød	Livlig, synlig
Hvit	Klassisk, trygt valg
Gul	Sol, varme
Grønn	Natur, miljø

**Marine
Module**

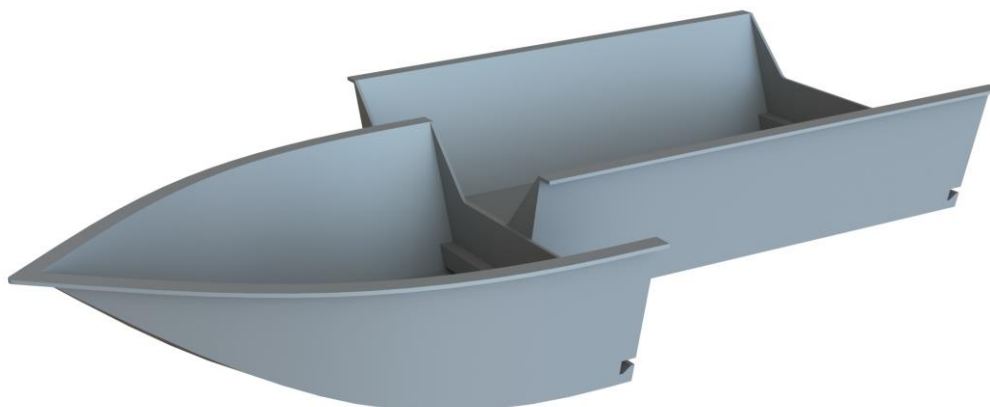
Figur 11.1.7: Marine Module logo.

11.2. Tekniske beskrivelser

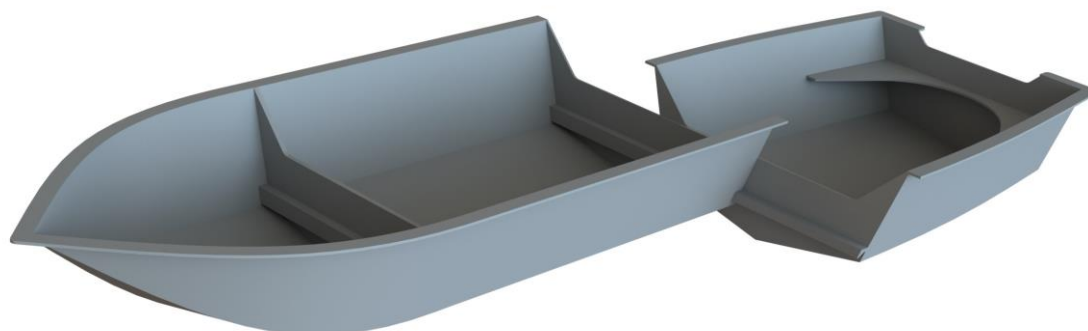
Ulike steg under montering er vist nedenfor. Bildet under viser alle modultyper, sentermodulen er plassert på siden for å illustrere at dette er en modul som kan tas av dersom man kun har behov for en jolle.



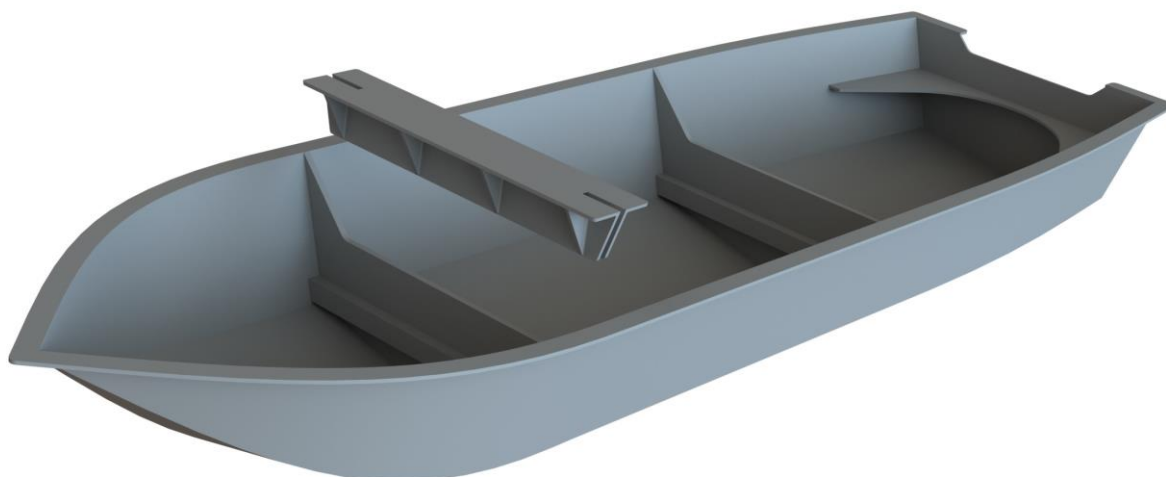
Figur 11.2.1: Oversikt over de ulike modulene med tilhørende plassering.



Figur 11.2.2: Steg 1 av montering, der baugmodulen skyves sidelengs inn i sentermodulens horisontale slissespor, slik som vist på bildet ovenfor.



Figur 11.2.3: Steg 2 av montering, der aktermodulen skyves inn i sentermodulens bakre slissespor, slik som vist på bildet ovenfor.

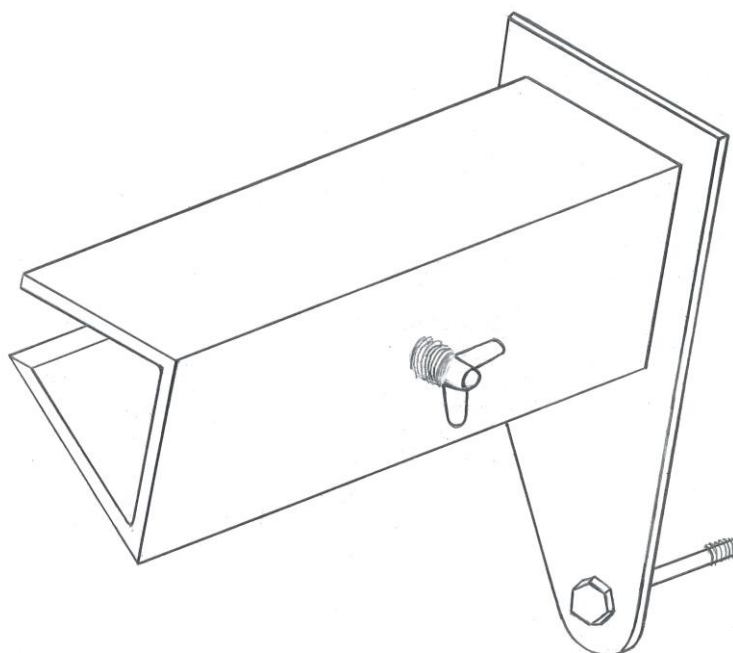


Figur 11.2.4: Steg 3 av montering, der toftemodulen settes ned over overgangen mellom baugmodul og sentermodul.

Siste steg av montering er å forankre toftemodulene med hver sin eksenterlås, og eventuelt sette på en hengelås for å låse modulene sammen.

11.3. Videre utvikling av modulsystem

For å forenkle flytting og håndtering av moduler vil det bli utviklet et trallesystem som monteres på modulenes horisontale slissespor.



Figur 11.3.1: Trallemodul med vingskrue og aksel for montering av hjul.

12. PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON

12.1. Konseptutviklingsarbeidet, forbedringspotensialer

I utviklingen av et modulsystem for båtsektoren har arbeidet med nedskalert prototype i 1:5 hatt en sentral rolle. For min del var det mye enklere å se for seg løsningene for innfesting av moduler ved hjelp av en fysisk prototype. Det å komme frem til tekniske løsninger ved blant annet hjelp av fysisk prototype var både praktisk og inspirerende. Jeg fikk også inspirasjon i forbindelse med ting i hverdagen. For eksempel kom motivasjonen til å utforme modulene slik at de kan stables i høyden inspirert av hvordan man sparer plass i kjøkkenskap ved å stable drikkeglass opp i hverandre. Både motivasjon og utviklingsprosessen har sterk koblet til egne opplevelser og erfaringer.

Selv om trinnene i prosessdiagrammet er satt opp i serie, har i praksis flere trinn vært arbeidet med parallelt. Dette er på grunn av at relativt mange trinn påvirker hverandre, og derfor avhenger av hverandre.

Innhenting av informasjon:

Tiden i startfasen gikk i hovedsak med på patentsøk og kartlegging av konkurrerende løsninger. Det mest tidkrevende var patentsøk som ble gjort i google patents. Dette var en sentral del av oppgaven da eksisterende patenter dannet rammene videre for tekniske løsninger for modulsystemet. Det er vanskelig å komme på noe jeg burde gjort annerledes i akkurat denne delen av prosessen. Jeg kunne nok vært flinkere til å notere meg ting mer jevnlig i rapporten.

Planlegging, metodikk:

Det var i utgangspunktet utfordrende å planlegge hele prosessen fra start til slutt. Det var i hovedsak på grunn av alle de ukjente faktorene knyttet til oppgaveløsingen. Arbeidsplanen ble laget ut ifra tidligere erfaringer forbundet med prosjektarbeid. Det kunne med fordel bli lagt inn litt slakk i arbeidsplanen med tanke på eventuell sykdom underveis. Jeg merket dette da jeg hadde influensa i litt over en uke at jeg burde ha tenkt gjennom dette i forkant av utarbeiding av arbeidsplan. Det gikk mye tid med på å beskrive metodikk og lage mest mulig entydige og konsekvente figurer. Dette utsatte arbeidet med de resterende prosessstrinnene noe.

Spesifisering av produkt:

Dette var en tidkrevende prosess, da det var mange faktorer som måtte gå opp i en høyere enhet. For eksempel problemstillinger med hvordan modulene skal stables oppi hverandre. Det å komme frem til konkrete mål var overaskende tidkrevende. Man får da stor respekt for alt arbeidet som er knyttet til produktutviklingen av et nytt produkt. Det var betydelig enklere å komme frem til jolleversjonen og landstedbåtens totale mål sammenlignet med å komme frem til modulenes ytre mål. Her kunne jeg sett mer på hvordan vanlige småbåter er utformet, og frigjort mer tid til selve modulløsningen og funksjonsalternativer som var neste trinn i prosessen.

Funksjonsalternativer, konseptvalg:

Dette var en del av prosessen som var veldig spennende og utfordrende. Her var det mye prøving og feiling i forbindelse med utarbeiding av funksjonsalternativer. Mesteparten av tiden

i denne delen av oppgaven gikk med på å tegne forslagene til funksjonsalternativer med blyant og papir. Her kunne jeg forsøkt å ha laget tegningene tydeligere fra starten av slik at jeg kunne brukt disse direkte i rapporten, og sluppet å ha tegnet en del av tegningene enda en gang. Jeg burde nok tenkt tidligere på hvordan jeg skulle formidle disse alternativene slik at det hadde blitt mindre prøving og feiling knyttet til tegnearbeidet.

Ekstern konsepttesting:

Ekstern konsepttesting kunne nok med fordel blitt gjennomført tidligere i prosessen, da man eventuelt kunne fått avkreftet mindre gode løsninger tidligere. Jeg er mer fornøyd med hvordan konsepttestingen ble gjort, enn når i prosessen den ble gjort. Det var i utgangspunktet svært utfordrende å velge hvilke områder og aspekter som var mest avgjørende å drøfte i forbindelse med konseptutviklingen. Det ble lagt ned en del arbeid knyttet til hvordan konsepttestingen skulle gjennomføres, men dette gjorde også at testingen ble gjort noe senere enn det som tenkt i utgangspunktet.

Konseptdesign, arkitektur:

Arbeidet med konseptdesign og produktarkitektur var svært tidkrevende. Dette var mye på grunn av at tegning i Solid Works for min del ikke faller like naturlig som håndtegning. Tegning av komplekse geometrier er jeg på ingen måte spesielt komfortabel med. Det tok derfor mye tid i forbindelse med å lære hvordan man tegner et båtskrog i CAD. Dette trinnet i prosessen har helt klart vært en av de mest krevende og lærerike. Jeg kunne nok startet tidligere med å få hjelp knyttet til tegning av båtskrog i Solid Works. Dette kunne spart meg for en del prøving og feiling i starten.

Beregninger, optimalisering:

Det ble begrenset tid til beregninger og optimalisering da arbeidet med konseptdesign og produktarkitektur tok betydelig mer tid enn først antatt. Det ble kun gjort statiske beregninger i forbindelse med dimensjonering. Det burde ha vært gjort noen flere styrkeberegninger for å få en mer korrekt dimensjonering av moduler. Beregningsdelen er noe av det jeg er minst fornøyd med. Her er det en del å gå på, spesielt med hensyn på dynamiske styrkeberegninger. Dynamiske krefter som virker på båtskrog utgjør en betydelig del av det totale lastbildet, spesielt for hurtiggående båter.

Detaljert design:

Arbeidet med detaljert design handlet i hovedsak om å komme frem til endelig konseptdesign, som danner basisen for rendrerte fremstillinger til markedspresentasjon og monteringsanvisning. I denne delen av prosessen er det vanskelig å komme på noe som burde vært gjort annerledes.

Produksjonsplan, kostnadskalkyle:

Her kunne jeg sett på eksempler fra lignende oppgaver for å spare tid med hensyn på hvordan man lager ryddige og egnede kalkyler. Økonomidelen av oppgaven var krevende med hensyn på å komme frem til realistiske investeringskostnader og arbeidskostnader. Siden det ble begrenset tid igjen til denne delen av oppgaven, er det en del usikkerhet forbundet med kostnadskalkylene. Det er mange ukjente variabler som påvirker enhetskostnad ved antall produserte enheter, en mer omfattende økonomisk analyse vil derfor være nødvendig før

eventuell produksjon av modulsystemet. Jeg føler jeg fikk laget en mest mulig korrekt kostnadsanalyse gitt den tiden jeg hadde til rådighet.

Tekniske anvisninger:

I denne delen prøvde jeg å lage en mest mulig entydig og tydelig monteringsanvisning som viser de ulike trinnene under montering av modulsystemet. Grunnet begrenset tid tok jeg kun for meg montering av landstedbåt-versjon, da prinsippet er det samme for montering av landstedbåt og jolle. Dersom det hadde blitt igjen mer tid på slutten ville jeg ha laget en monteringsanvisning for begge båt-versjoner for å forsikre seg om at det kommer mest mulig klart frem hvordan begge versjoner monteres. Det ble lite tid igjen til å lage produktlogo og eventuelt lage en produktbrosjyre.

Proessen som helhet:

Gjennom arbeidet med gradsoppgaven har jeg nok en gang lært at ting tar tid. I etterkant av arbeidet ser jeg at tegning i CAD med fordel kunne vært påbegynt tidligere i prosessen. Tegning i Solid Works tok betydelig lenger tid enn det jeg forventet før jeg begynte. For min del faller det mer naturlig å tegne for hånd. Tegning i Solid Works er mer utfordrende for meg, spesielt ved tegning av mer komplekse former. Det har derfor gått med en del tid på prøving og feiling underveis. Oppgaven har vært svært lærerik både faglig og ikke minst det å se hva man trenger å jobbe mer med og hva som faller mer naturlig med hensyn på arbeid i ulike områder.

Arbeid med rapportering kunne også med fordel vært gjort mer jevnt underveis da dette er en svært arbeidskrevende del av oppgaven som helhet. Det kunne også med fordel vært lagt mer vekt på disposisjon og hvordan de ulike trinnene i prosessen ble presentert. Det har også blitt mer tydelig for meg at arbeid med tekniske oppgaver faller mer naturlig for meg sammenlignet med rapportskrivning.

Jeg kunne nok også vært flinkere til å spørre om hjelp angående temaer i oppgaven der jeg var usikker eller hadde liten kompetanse. Dette kunne nok spart meg for tid i noen tilfeller. Det har gått med mye tid på utvikling av løsning for innfesting av moduler, dette har dermed tatt tid fra andre ting. Jeg ville nok gjort ting litt annerledes dersom jeg skulle gjennomført en lignende oppgave senere.

Løsningen for innfesting av moduler er nok det jeg er mest fornøyd med. Arbeidet med utarbeiding av de tekniske løsningsalternativene i kapittel 5 er helt klart det som har vært mest tidkrevende. Arbeidet knyttet til utforming og design er nok blant de områdene som har tatt betydelig mer tid enn først antatt. En god design er svært viktig i forhold til hvordan produktet i sin helhet fremstår. Dersom det hadde blitt igjen mer tid ville jeg lagt ned en del arbeid i å forbedre design med hensyn på det estetiske og geometrisk styrke ved å legge til geometrier som øker stivheten der dette er nødvendig. Gitt den tiden som var til rådighet, er jeg fornøyd med den konseptuelle løsningen med en løsning for innfesting som ikke krever bruk av noen form for verktøy, men det er fortsatt en del å gå på i forhold til design og ergonomi. Dersom det hadde vært mer tid til rådighet, ville jeg også arbeidet videre med å utvikle et trallesystem for flytting og håndtering av modulsystemet.

12.2. Designrevisjon, produksjon, kostnadsreduksjon

Modulsystemets design er veldig sentral i forhold til brukervennlighet, funksjonalitet, produksjon og ikke minst estetikk. Ved rotasjonsstøping i HDPE vil det nok være behov for å optimere design i forhold til økt geometrisk styrke, og mest mulig reduksjon av godstykkelse. Dette for å redusere materialforbruk og dermed også vekt. Reduksjon av materialforbruk vil også redusere kostnadene tilsvarende mye. Tilpasning av design burde gjøres i samarbeid med bedrifter som arbeider med rotasjonsstøping og som dermed vet hvilke justeringer som må gjøres for at produktet skal bli rimeligst mulig å produsere samt optimere forholdet mellom styrke og vekt ved å legge til geometrier som øker andrearealmoment og som dermed også øker den geometriske stivheten.

Rotasjonsstøping er tenkt som egnet produksjonsmetode da investeringskostnadene er relativt lave og enhetskostnadene er lave selv ved produksjon av mindre serier (13). Rotasjonsstøping er egnet for komplekse former der godstykkelsen burde være konstant med en tykkelse i området mellom 2 mm - 16 mm. Polyetylen er mye brukt i sammenheng med rotasjonsstøping. På grunn av at modulsystemets moduler er mindre enn tradisjonelle båter gjør dette at komponentene (modulene) kan rotasjonsstøpes i mindre og rimeligere maskiner, der lengste modul har en lengde lik 150 cm sammenlignet med en båt med en lengde på for eksempel 300 cm. Dette vil også medføre at modulbåtene vil ta opp mindre plass inne på et lager da modulene er konstruert for å kunne stables i høyden.

13. KONKLUSJON

Hovedmålet som er skrevet under prosjektmålsettinger i kapittel 2 er: «Å utrede og utvikle et modulsystem for båtsektoren som muliggjør enklere transport og oppbevaring av mindre båter, samt ivareta sikkerhetsmessige aspekter».

Sluttproduktet etter avsluttet arbeid er et modulsystem som muliggjør enklere transport og oppbevaring av mindre båter. Sikkerhetsmessige aspekter er delvis oppnådd ved at baugmodul, sentermodul og aktermodul, er alle vanntette enheter som har en minste lastekapasitet på 100 kg. For å øke modulsystemets sikkerhet, må det legges inn flyteelementer i samtlige moduler. Dette for å forsikre seg om at alle moduler også flyter opp ned i vannet. Dette blir derfor satt opp under videre arbeid.

13.1. Resultater og anbefalinger

Resultatet av arbeidet i forbindelse med gradsoppgaven er en tegning av prototype, der tegningen har følgende standard: ISO128. Modulsystemets prototype består av følgende moduler: Baugmodul, sentermodul, aktermodul og 2 stk. identiske toftemoduler. Modulsystemet er designet for å kunne danne to ulike båt-versjoner: Jolle-versjon og landstedbåt-versjon.

Versjon 1: Jolle

Baugmodul, aktermodul og 1stk. toftemodul.

Versjon 2: Landstedbåt

Baugmodul, sentermodul, aktermodul og 2 stk. toftemoduler.

Produktbeskrivelse

Modulsystemet Marine Module er basert på prinsippet om at «flere mindre båter kobles sammen og danner en større båt». Der baugmodul, sentermodul og aktermodul representerer de mindre båtene. Modulene er vanntette enheter rotasjonsstøpt av HDPE (High Density Polyethylene) med en lastekapasitet på minimum 100 kg hver. Dersom man får en skade på kun en av modulene, for eksempel på baugmodul, så kan man kjøpe en ny baugmodul separat og deretter levere den skadede modulen til resirkulering på en gjenvinningsstasjon. Modulene skal kunne selges både samlet og separat. Samlet selges modulene i 2 ulike pakkelsninger. Der pakke 1 er modulene som danner jolle-versjonen, og pakke 2 som danner landstedbåt-versjonen, men som også kan danne jolleversjon ved å fjerne sentermodul og 1stk toftemodul. Feste for åregafler samt åregafler selges separat. Modulene er tilpasset standardiserte fester for åregafler av enten stål eller plast.

- Montering av moduler uten bruk av verktøy.
- Modulene kan stables oppi hverandre.
- Største modulvekt: 30 kg.
- Lastekapasitet per modul: 100 kg.
- Største modul: 150x130x51 cm.
- Jolle: 282x130x51 cm.
- Landstedbåt: 432x130x51 cm.

13.2. Videre arbeid

Hovedfokuset i denne oppgaven har vært knyttet til de tekniske løsningene med hensyn på innfesting av de ulike modulene. Siden Modulsystemet også avhenger av lavest mulig vekt og best mulig design for at produktet som helhet skal bli bra, vil det måtte gjøres videre arbeid på disse områdene.

Videre arbeid vil i hovedsak være punktene satt opp under begrensninger tidlig i oppgaven. Det vil også bli utført mer nøyaktige styrkeberegninger for å kunne optimalisere design med hensyn på styrke og vekt. Reduksjon av vekt er fordelaktig for både bruker og produsent da modulene blir enklere å håndtere og materialkostnadene reduseres. Arbeidet videre vil også være å utvikle tilleggsutstyr som for eksempel separat tralle for frakting av moduler. Det vil også bli gjort forbedringer i forbindelse med modulenes design når det gjelder bedre sjø-egenskaper samt forbedringer forbundet med det rent utseendemessige. Videre arbeid utover det som er nevnt under begrensninger er punktene som er listet opp under:

- Legge inn flyteelementer i samtlige moduler.
- Gjennomføre utmattingsberegninger for å kartlegge og evt. forbedre produktets levetid.
- Gjøre design mest mulig egnet for rotasjonsstøping i samarbeid med en eventuell produsent.
- Gjennomføre strømmingssimulering for å forbedre design med hensyn på sjøegenskaper.
- Tilpasse konstruksjon etter standarder og sikkerhetskrav i forbindelse med mindre båter og joller.
- Konstruere et oppbevaringsrom i fremre ende av baugmodul for oppbevaring av dregg og annet utstyr der lokket også fungerer som tofte lengst fremme i baugmodulen.
- Kartlegging av ergonomisk plassering av fester for åregafler.
- Tilpasse design med hensyn på standarddeler som for eksempel fortøyningsfester.
- Det vil også gjøres ytterligere undersøkelser med hensyn på ergonomien knyttet til produktet som helhet.

14. REFERANSER

14.1. Skriftlige kilder

6. IPD:

Magrab Satyandra K, Edward B.

Integrated Product and Process Design and development, The Product Realization Process, CRC Press; 2 edition, 2009, side 22-26.

7. Pughs metode:

Pugh, Stuart.

Total Design. Integrated Methods For Successful Product Engineering, Addison- Wesley, 1991, side 69-74.

9. Modularisering:

Baxter, Mike.

Product Design. Design Toolkits, 1st Edition, CRC Press, 1995, side 273-274.

16. Statisk beregning av største bøyespennning:

Irgens, Fridtjov.

Ingeniørmekanikk, Statikk-Fastehetslære-Dynamikk-Fluidmekanikk, Fagbokforlaget, 2014, side 129-130, 227-232.

17. Materialvalg:

F. Ashby, Michael.

Materials selection in mechanical Design, Fifth Edition, Butterworth-Heinemann; 5 edition, 2017, side 107-123.

24. Produksjonsmetoder:

Lefteri, Chris.

Making It. Manufacturing techniques for product design, 2nd Edition,

London: Laurence King Publishing, 2012,

side 137-139.

25. Konkurrentanalyse:

Bøe, Jan Kåre.

Temahefte 8. Prototypeøkonomi og økonomiske analyser,

NMBU, Ås, 2017,

side 7.

14.2. Nettkilder

Bilder av modulsystemer. Dato, søk: 08.05.2018

Lego:

1. <https://shop.lego.com/en-NO/>

Containere:

2. <http://www.houstonshipcontainer.com/>

Brakke:

3. <https://arnpro.no/produkt/stalmodul-kontorbrakke-24%E2%80%B2-lavenergi-standard/>

Skipsmoduler:

4. <http://www.navimor.pl/complete-hulls-ship-modules,8,en.html>

Material. Dato, søk: 18.01.2018

5. <http://pionerboat.no/>

IPD. Dato, søk: 31.01.2018

6. <https://www.smartsheet.com/guide-integrated-product-development-and-teams>

Pughs metode. Dato, søk: 14.02.2018

7. https://people.adams.edu/~cdmiller/cs-arch/pugh_method.htm

SCAMPER. Dato, søk: 05.02.2018

8. https://www.mindtools.com/pages/article/newCT_02.htm

Arkimedes`lov. Dato, søk: 22.03.2018

10. <https://snl.no/arkimedesloven>

Bernoullis prinsipp. Dato, søk: 22.03.2018

11. <https://www.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation>

Reynolds tall. Dato, søk: 05.05.2018

12. <https://study.com/academy/lesson/reynolds-number-definition-equation.html>

Motstand i væske. Dato, søk: 05.05.2018

13. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/drageq.html>

Konkurrerende løsninger. Dato, søk: 19.01.2018

14. <http://www.nestinglite.com/NLDsite/Prices/NN10/nn10.html>

15. <https://nestawayboats.com/shop/nestaway-14ft-nesting-trio-14/>

Form -og estetikkalternativer. Dato, søk: 03.03.18

18. <http://www.evisdom.com/kunst/2014/0707/Hva-er-organiske-former.html>

Bilder av standardkomponenter. Dato, søk: 02.05.2018

19. <https://www.clasohlson.com/no/>

Materialeegenskaper. Dato, søk: 02.05.2018

20. https://www.researchgate.net/figure/Typical-stress-strain-curves-of-HDPE-and-its-nanocomposites-Notes-Asterisk-in-YS-YM_fig6_228099486

Materialvalg. Dato, søk: 18.02.2018

21. <http://www.boats.com/reviews/plastic-boats-advantages-and-disadvantages-of-polyethylene-boat-construction/#.WoqyeqjOU2w>

Bilde av Pioner 13. Dato, søk: 09.03.2018

22. <https://www.skibsofiskeriutstyr.no/pioner-13>

Miljømerking. Dato, søk 12.04.2018

23. <https://www.scrantonproducts.com/hdpe-partitions-advantages/>

Patentsøk i forbindelse med kartlegging av aktuelle patenter, januar 2018.

26. Patent 1. Dato, søk: 12.01.2018.

<https://patents.google.com/patent/US7267074B1/en?q=bi-fold&q=dinghy&oq=bi-fold+dinghy>

27. Patent 2. Dato, søk: 12.01.2018.

<https://patents.google.com/patent/US4478167A/en?q=coupling&q=system&q=multiple&q=sectioned&q=boat&oq=coupling+system+for+a+multiple+sectioned+boat>

28. Patent 3. Dato, søk: 12.01.2018.

<https://patents.google.com/patent/US5301629A/en?q=segmented&q=boat&oq=segmented+boat>

29. Patent 4. Dato, søk: 12.01.2018.

<https://patents.google.com/patent/US6612255B1/en?q=severably&q=sectioned&q=stackable&q=boat&oq=severably+sectioned+and+stackable+boat>

30. Patent 5. Dato, søk: 12.01.18. <https://patents.google.com/patent/US6325014B1/en?q=two-piece&q=modular&q=boat&oq=two-piece+modular+boat>

31. Patent 6. Dato, søk: 17.01.2018. <https://patents.google.com/patent/US8783203B1/en>

32. Patent 7. Dato, søk: 17.01.2018.

<https://patents.google.com/patent/US6325013B1/en?q=portable&q=boat&q=plurality&q=attachable&q=segments&oq=portable+boat+having+a+plurality+of+attachable+segments>

33. Patent 8. Dato, søk: 18.01.2018.

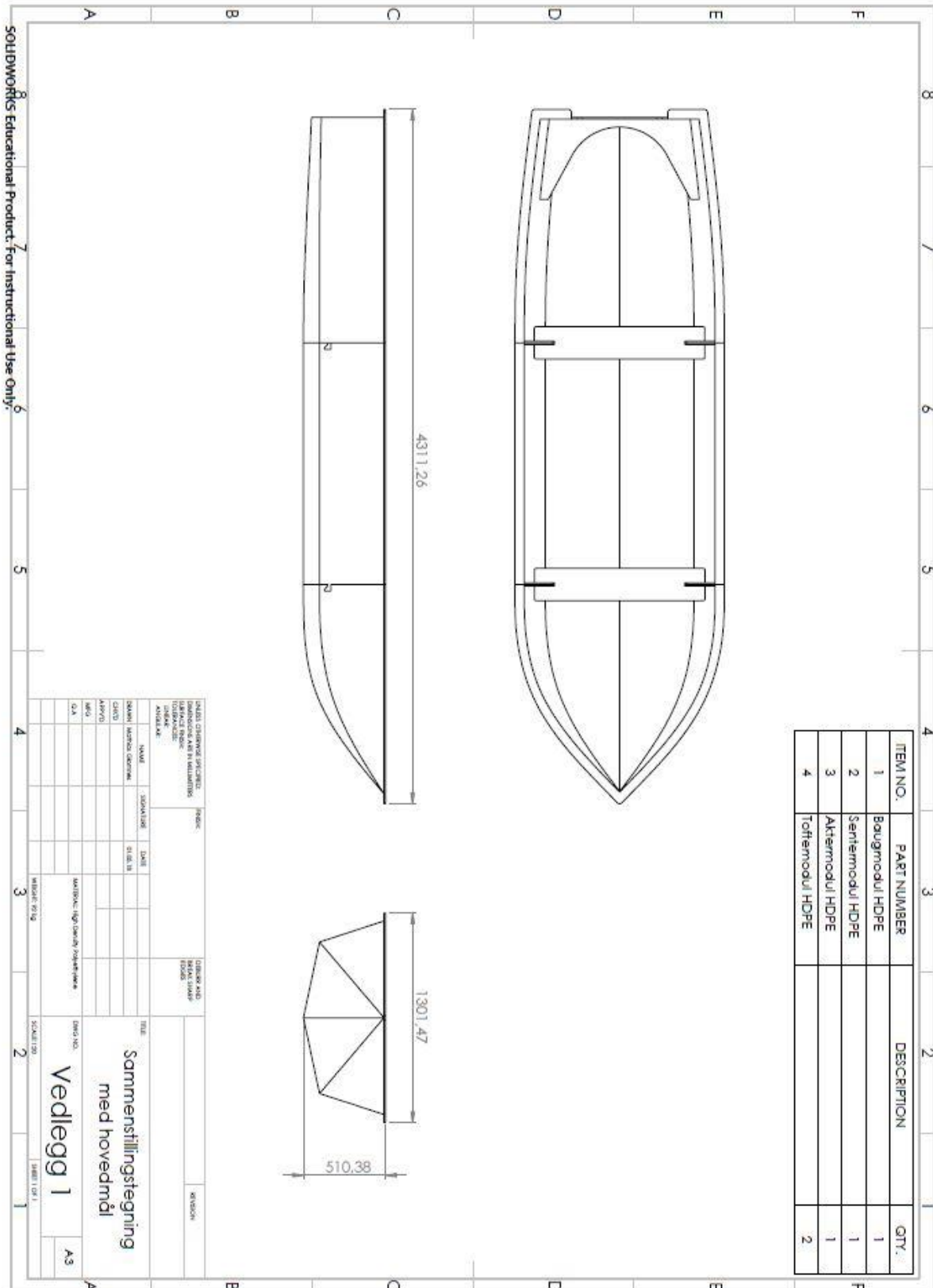
<https://patents.google.com/patent/US20160176479A1/en?q=configurable&q=modular&q=watercraft&q=structure&q=method&oq=configurable+modular+watercraft+structure+and+method>

34. Patent 9. Dato, søk: 18.01.2018.

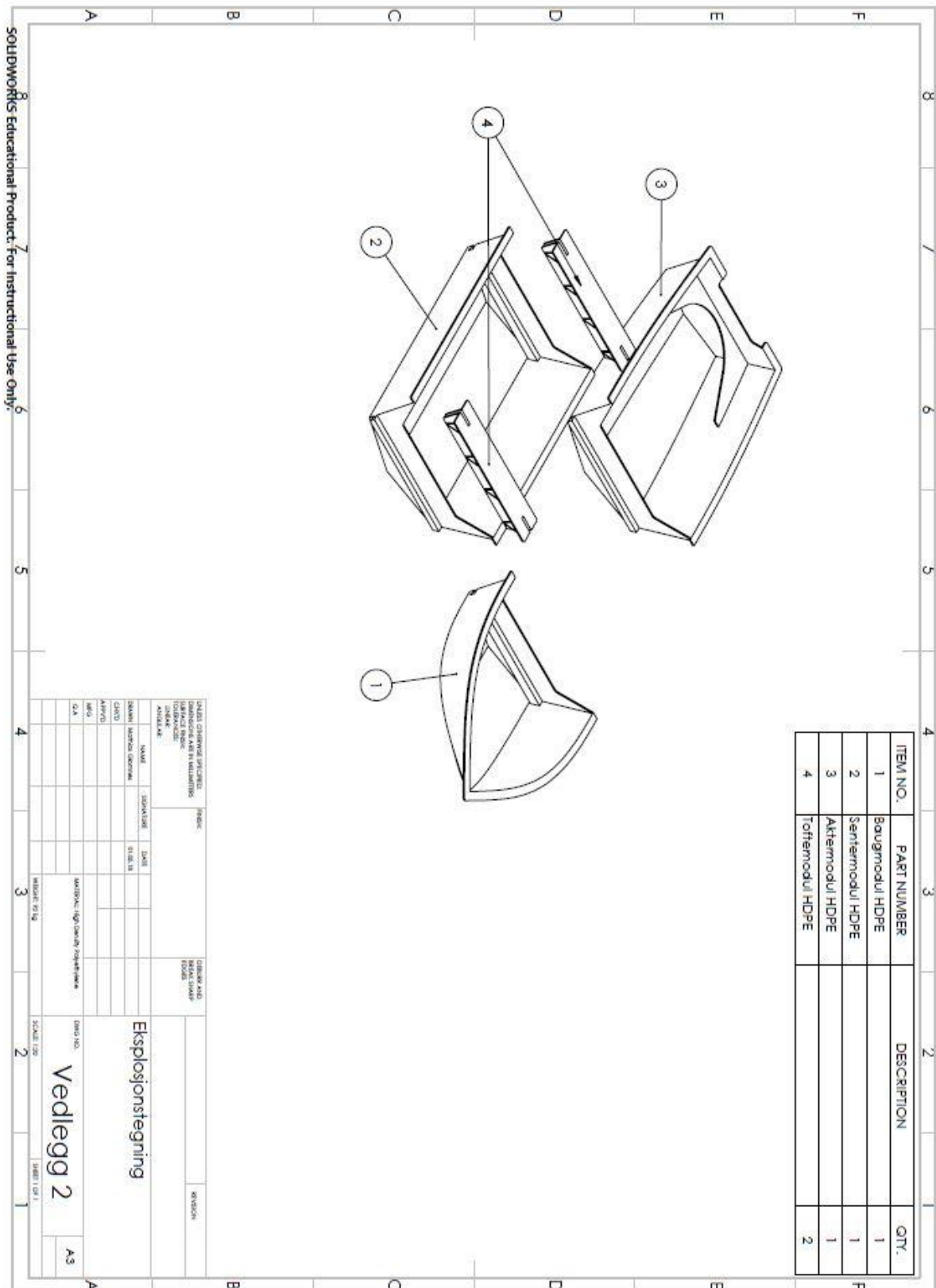
<https://patents.google.com/patent/KR101743575B1/en?oq=kr101743575B1>

15. VEDLEGG

15.1 Sammenstillingstegning med hovedmål



15.2 Eksplosjonstegning med nummererte komponenter





Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway