

Sensur av hovedoppgaver Høgskolen i Buskerud Avdeling for Teknologi



Prosjektnummer: 2011-11

For studieåret: 2010/2011

Emnekode: SFHO-3200

Prosjektnavn

Design av standardisert modulbasert skipsbro til bruk i “full mission bridge” simulatorer:
Produktutvikling for Kongsberg Maritime.

Design of standardized module based ships bridge for use in full mission bridge simulators:
Product development for Kongsberg Maritime

Utført i samarbeid med: Kongsberg Maritime

Ekstern veileder: Jon K. Sandberg

Sammendrag: Denne rapporten inneholder dokumentasjon om alle faser av produktutviklingen. Den tar for seg valg og beslutninger som er gjort underveis og forteller hvordan et konsept ble til et komplett produkt.

Stikkord:

- Skipsbrohus / 3D-modellering
- Maskiningeniør / Produktutvikling
- Kongsberg Maritime

Tilgjengelig: JA / DELVIS / NEI

Prosjekt deltagere og karakter:

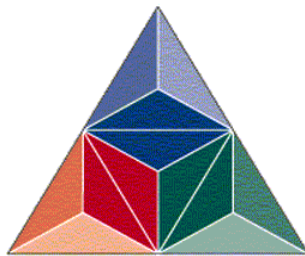
Navn	Karakter
Hans Andreas Øygarden	
Seraj Delavari	
Johannes Moen	
Ryan Hong Moc	
Lars E. Sjøbakken Stange	

Dato: 10. Juni 2011

Merete R. Faanes
Intern Veileder

Olaf Hallan Graven
Intern Sensor

Jon K. Sandberg
Ekstern Sensor



HØGSKOLEN i Buskerud

Avdeling for Ingeniørutdanning Institutt for Teknologi

Oppgavetittel:

Design av standardisert modulbasert skipsbro til bruk i “full mission bridge” simulatorer:
Produktutvikling for Kongsberg Maritime.

Fag(nr./navn):

SFHO3200 – Hovedoppgave med prosjektstyring

Gruppemedlemmer:

Hans Andreas Øygarden, Johannes Moen, Lars Stange, Ryan Hong Moc og Seraj Delavari

Faglærere:

HiBU: Olaf Hallan Graven (intern sensor), Merete R. Faanes (intern veileder)

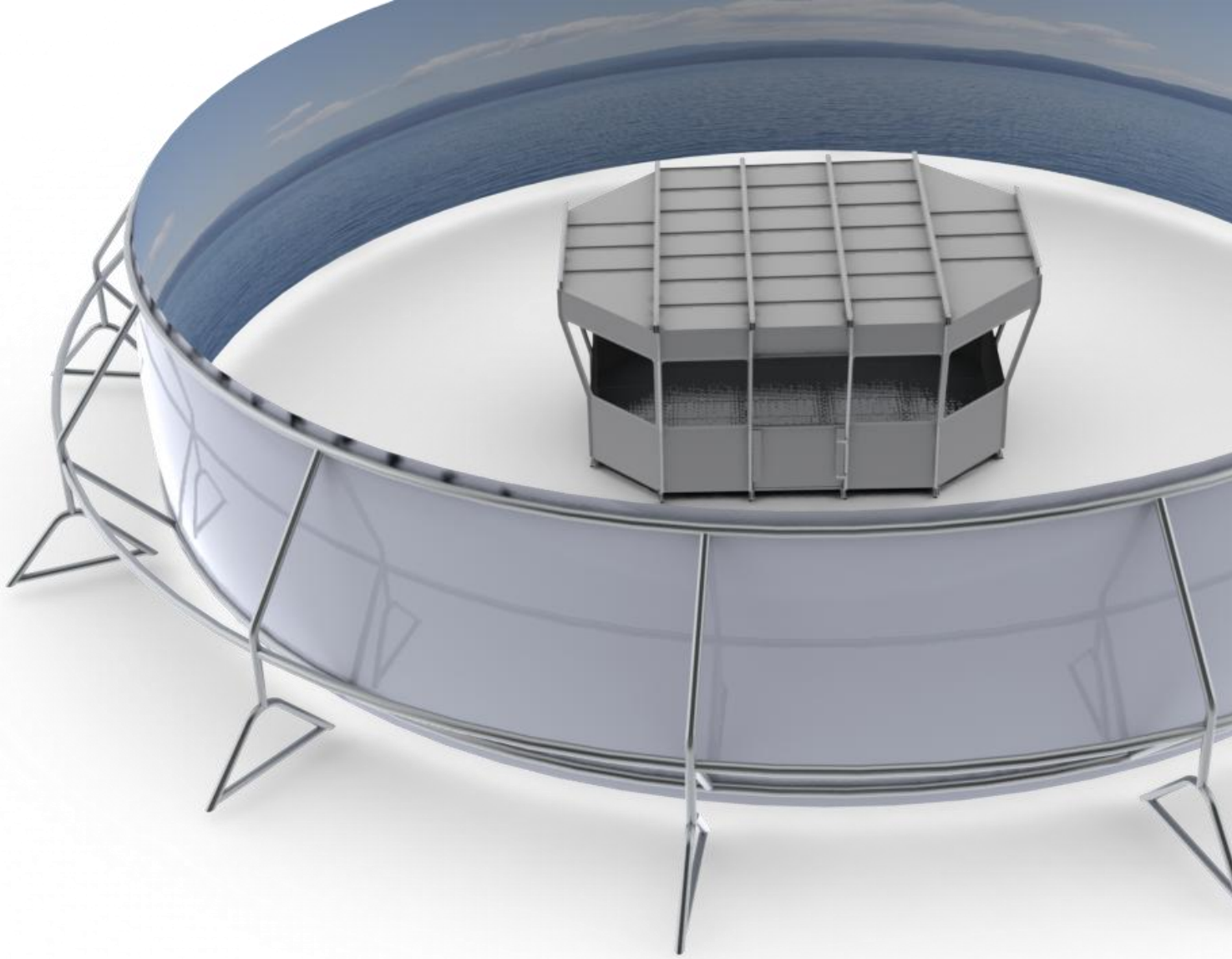
Kongsberg Maritime: Jon Kjell Sandberg (ekstern veileder/sensor)

Dato:

30.05.2011

Jeg/vi bekrefter at den innleverte besvarelsen helt og fullt er mitt/vårt verk.

.....
.....



Design of standardized module based ships bridge for use in full mission bridge simulators

Product development for Kongsberg Maritime



Introduction

Used for education and training of officers and captains, full mission bridge simulators gives the opportunity to train on difficult scenarios in a controlled environment without risk.

Today the ships bridges used in full mission bridge simulators are to a large extent custom made for each customer. This is due to space limitations and various logistic challenges. Kongsberg Maritime wants a standardized solution that will be more cost effective and less time consuming than the current situation, this makes the background for the project.

The project task consists of developing a standardized and module based ship's bridge. To fit the demands of customers the ships bridge needs to be designed in such a way that size can be adjusted in length and width by adding or subtracting modules. The construction also needs to be flexible so the door, windows and simulation consoles can be placed where it is most fitting for each customer.

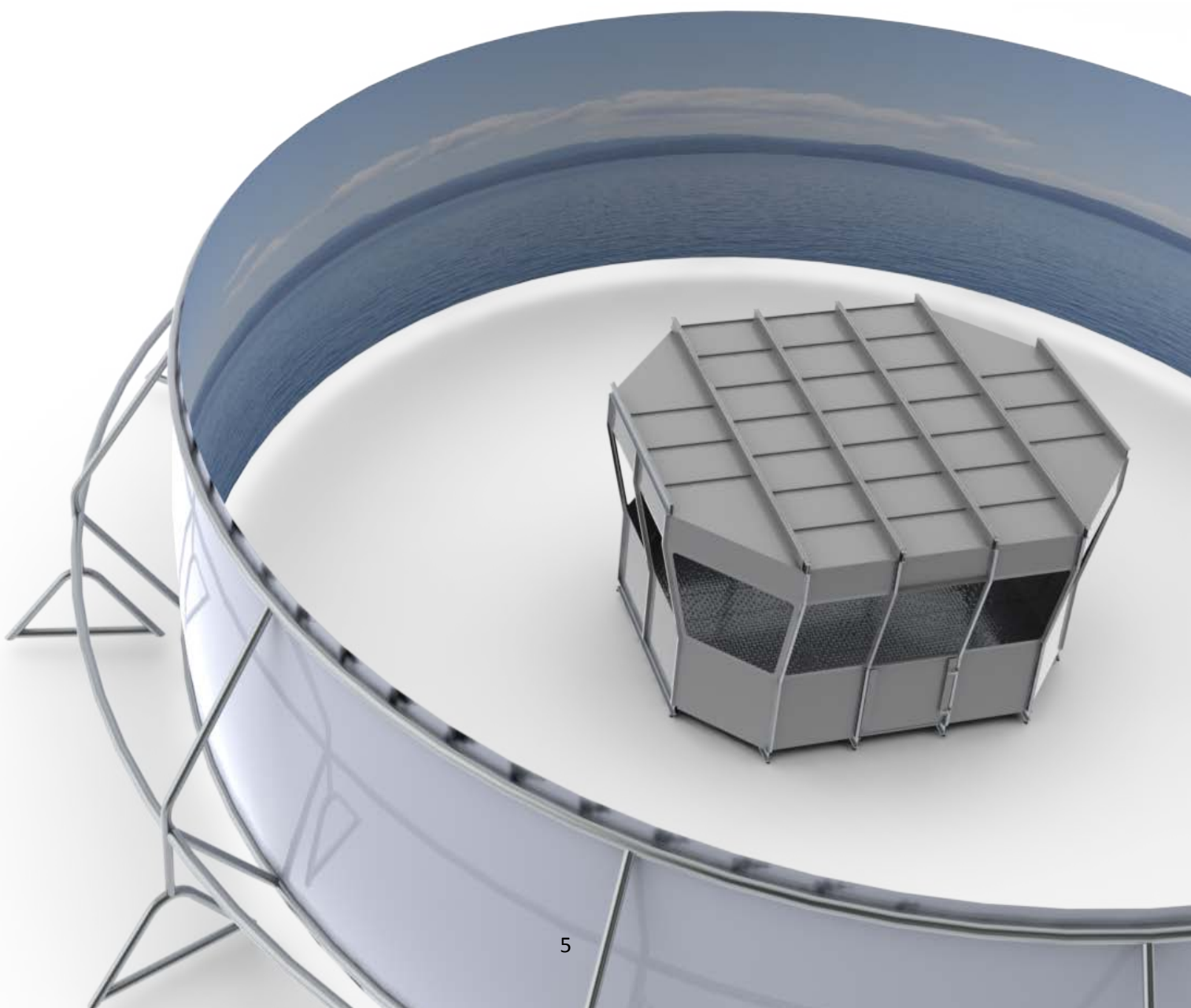
This project takes the product life cycle of the ships bridge into account. This will ensure that parts are designed to be production friendly, preferably to the extent that production can take place all over the world. Furthermore modules and parts will have to withstand all the different environments of storage and worldwide transportation. The size and weight of modules needs built so that transportation, access into buildings and assembly will not pose any problems. Finally, at the end of the life cycle, dismantling will have to be easy.

This report contains documentation of all the phases of product development in this project. It documents the development of various concepts and assesses the decision making that made concepts into a complete product.



Innhold

- Introduction..... 4
- Forstudierapport 6
- Prosjektplan..... 25
- Kravspesifikasjon 28
- Testspesifikasjon 34
- Konseptdokument – Runde 1..... 39
- Konseptdokument – Runde 2..... 64
- Konseptdokument – Runde 3..... 104
- Avslutningsfasen..... 126
- Endelig produktdokument..... 149



Forstudierapport

1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	11.11.10	Satt sammen
1.1	13.11.10	Lagt til kapittel 8, 9
1.2	16.11.10	Lagt til kapittel 10
1.3	22.11.10	Lagt til kapittel 11
1.4	22.11.10	Lagt til kapittel 12, 13
1.5	08.04.11	Endret prosjektmodell til inkrementell utvikling
1.6	21.11.11	Lagt til dokumentasjon, endret prosjektplan og ansvarsområder.

2. Introduksjon

Dette dokumentet er en forstudie laget av prosjektgruppen 11-2010 ved Høyskolen i Buskerud på Kongsberg. Forstudien er basert på ett hovedprosjekt gitt av Kongsberg Maritime AS.

Etter at man har lest denne forstudien skal man forstå hva som er målene og problemstillingene for hovedprosjektet. Det vil også gi en grov oversikt over hvordan prosjektet er planlagt å bli gjennomført. Forstudien skal gi et underlag for hele prosjektet når vi jobber videre.

Innhold

1. Dokumenthistorie	1
2. Introduksjon	1
4. Presentasjon av prosjektdeltakerne	3
4.1 Kontaktinformasjon og prosjektorganisering	4
5. Bakgrunnen for prosjektet	5
5.1 Presentasjon av bedriften	5
5.2 Situasjonen i dag	6
5.3 Problembeskrivelse	6
6. Prosjekt mål	8
6.1 Effektmål	8
6.2 Resultatmål	9
6.3 Prosessmål	10
7. Prosjektets omfang	11
7.1 Prosjekthjelpemidler	11
8. Risikoanalyse	11
9. Kost/nytteanalyse	13
9.1 Kvantifiserbar og ikke-kvantifiserbar nytte	13
9.2 Lage og gjennomføre tester for kvalitetssikre løsninger	14
10. Retningslinjer og standarder	14
10.1 Krav til generell dokumentasjon	14
10.2 Dokumentasjon til Hovedrapporten	15
10.3 Krav til standarder og metoder	15
10.4 Endringshåndtering	15
11. Prosjektmodell	16
12. Prosjektorganisering	17
12.1 Ansvarsområder	17
13. Fremdriftsplan	18

3. Presentasjon av prosjektdeltakerne



Hans Andreas Øygarden, (f.1986), kommer fra Notodden og har vært student ved Hibu avdeling for teknologi siden 2008. Bor for tiden i Kongsberg



Lars Sjøbakken Stange (f.1981) kommer fra Notodden og har vært student ved Hibu avdeling for teknologi siden 2008. Bor for tiden i Notodden.



Ryan Hong Tchong Moc (f.1984) kommer fra Oslo og har vært student ved Hibu avdeling for teknologi siden 2008. Bor for tiden i Oslo.



Seraj Delavari (f.1986) kommer fra Lillestrøm og har vært student ved Hibu avdeling for teknologi siden 2008. Bor for tiden i Kongsberg.



Johannes Moen (f.1981) kommer fra Notodden og har vært student ved Hibu avdeling for teknologi siden 2008. Bor for tiden i Notodden.

Alle prosjektdeltakerne går i tredje klasse på produktutvikling (maskiningeniør)

3.1 Kontaktinformasjon og prosjektorganisering

Navn:	Rolle:	Kontakt info:
Hans Andreas Øygarden	- Prosjektleder - Hovedkontakt person - Tidsansvarlig	Handreas86@gmail.com Tlf: +47 95 91 75 57
Johannes Moen	- Konstruksjonsansvarlig - Økonomiansvarlig	Johannesmoen@live.com Tlf: +47 97 16 77 73
Lars Sjøbakken Stange	- Dokumentansvarlig - Konstruksjonsansvarlig	Larsemann81@hotmail.com Tlf: +47 97 62 37 45
Seraj Delavari	- Styrkeberegnings ansvarlig - Webansvarlig	Seraj.d@gmail.com Tlf: +47 94 48 70 76
Ryan Hong Tchong Moc	- Dokumentansvarlig - Konstruksjonsansvarlig	Ryanmoc84@gmail.com Tlf: +47 97 77 91 82

Felles e-post for hovedprosjekt:	Hovedoppgave2010@gmail.com
----------------------------------	----------------------------

Relevant oversikt og kontaktinformasjon til Kongsberg Maritime og Høyskolen i Buskerud:

Navn:	Rolle:	Kontakt info:
Jon Kjell Sandberg	- Oppdragsgiver (Kongsberg Maritime) - Ekstern veileder / sensor	Jon.Kjell.Sandberg@kongsberg.com
Merete R. Faanes	- Intern veileder	Merete.r.faaner@hibu.no
Olaf Hallan Graven	- Intern sensor - Hovedsensor	Olaf.hallan.graven@hibu.no

4. Bakgrunnen for prosjektet

Vårt hovedprosjekt er fra Kongsberg Maritime, det går ut på designe en skipsbro som brukes i en "full mission bridge simulator". Dette er en simulator som er skalert 1:1 og som brukes til å utdanne styrmenn samt til etterutdanning til kapteiner og lignende.

En skipsbrosimulator er et ufattelig viktig verktøy i opplæring av nyutdannede og kan skape scenarioer som du kanskje aldri ville komme ut for i virkeligheten. Her kan man prøve å feile uten at det koster millioner av kroner. Det er også med på å redusere tap av menneskeliv. Flere og flere rederier og utdanningsinstitusjoner begynner å se nytten og viktigheten av et slikt produkt.

Dette er en oppgave som alle i gruppen synes er spennende og meget relevant med tanke på fremtidige jobber.

4.1 Presentasjon av bedriften

Kongsberg Maritime er eid av Kongsberggruppen, en teknologibasert gruppe som har sin opprinnelse i Kongsbergs tradisjonsrike industri. Denne industritradisjonen går helt tilbake til da sølvgruvene var aktive, og videre til det som i tidligere år var Kongsberg Våpenfabrikk.

Kongsberg Maritime er et selskap som jobber opp mot verdens handelsflåte, offshore og subsea industrien. Selskapet utvikler et bredt spekter av automatisering og navigasjonssystemer og leverer produkter og løsninger til kunder over hele verden. I tillegg er selskapet en av de største innen utvikling og salg av skipssimulatorer både til sivil og militær skipsfart.

Bedriften har sitt hovedkontor på Kongsberg og har 3113 ansatte fordelt på 50 avdelinger i 16 forskjellige land. Selskapet hadde driftsinntekter på rundt 7.5 milliarder i 2009

For mer informasjon vennligst besøk <http://www.km.kongsberg.com>

4.2 Situasjonen i dag

Frem til i dag har Kongsberg Maritime så og si måtte tegne og utvikle en ny skipsbro for hver kunde de leverer til. Grunnen til dette er at det er veldig stor variasjon i omgivelsene hvor skipsbroen skal installeres, både med tanke på gulvareal, takhøyde og fremkommeligheten i bygget. Dette er meget tungvint og burde ikke være nødvendig med dagens dataprogram og verktøy.

4.3 Problembeskrivelse

Vår jobb i dette prosjektet blir å få laget standardiserte 3D tegninger og en modell i SolidWorks som Kongsberg Maritime kan bruke til å lage fremtidige skipsbrosimulatorer av. Det skal for eksempel være mulig å flytte en dør fra en vegg til en annen, endre størrelse på skipsbroa, og gjøre slik at simulatoren kan tilpasses kundens behov. Vi er og blitt bedt om å lage skipsbroen om til moduler, "IKEA løsninger", så den lett kan pakkes og sendes hvor som helst i verden, og settes sammen. Til dette skal det også lages en bruksanvisning som skal være lett forståelig for kunden. I tillegg til dette har vi også muligheten til å komme med nye forslag, ideer til design og muligheter til forbedringer generelt.

Vi har gjort oss noen formeninger om hvordan vi skal gå frem for å få til et best mulig resultat. Vi deler de inn slik:

- Det første vi gjør er å sette oss inn i hva som finnes av skipsbrosimulatorer på markedet. Vi er ute etter å finne ut hvor langt teknologien har kommet og hva som er det ypperste å få tak i av løsninger. Ut ifra det skal vi jobbe videre for å møte vår oppdragsgivers behov. Vi vil kontakte brukerne av dagens skipssimulatorer for og sette oss inn i deres behov. Vi vil også opprette kontakt med teknisk ansvarlig for skipsbrosimulatoren i Horten, som har god innsikt i fagmiljøet og har mange formeninger og innspill.
- Etter ønske fra oppdragsgiver skal vi tidlig i prosjektet sette oss inn i produksjonsprosesser og tynnplate teknologi for aluminium. Dette gjør vi fordi vi skal vite hvordan vi må bygge opp modellen vår i Solidworks best mulig med tanke på produksjon. Det er også en viktig faktor med tanke på størrelse og vekt når det kommer til at simulatoren skal være modulbasert. Vi vil derfor dra på bedriftsbesøk hos en av Kongsberg Maritimes underleverandører.
- Iverksette 3D tegninger, modeller, beregninger og ulike løsninger i Solidworks. Sende ideer og utkast til arbeidsgiveren vår. Slik kan vi ved hjelp av god kommunikasjon komme frem til gode løsninger som er i tråd med oppdragsgiverens ønsker.



Figur 1 - Skipsbrosimulator fra Kongsberg Maritime

5. Prosjektmål

Etter samtaler med Jon Kjell Sandberg (KM) har vi fått et foreløpig overblikk over hva som ønskes av oss. Både Jon Kjell Sandberg og vi er enige om at prosjektet er omfattende og det er ikke et krav om at vi må presentere et komplett ferdig produkt etter endt prosjektperiode. Men så klart håper vi å gjøre det. Vi er realistiske og det finnes ingen standardiserte tegninger hos Kongsberg Maritime per i dag. Dette er derfor et nytt konsept som vi håper å kunne tilføre Kongsberg Maritime på en best mulig måte.

For å kunne vise alle sidene og hva vi og Kongsberg Maritime ønsker å få som resultat har vi delt inn målene i grupper, effektmål, resultatmål og prosessmål.

5.1 Effektmål

Resultatet av dette prosjektet håper vi vil komme Kongsberg Maritime til gode ved følgende punkter:

- Økt produktivitet med tanke på at en sparer tid ved å slippe å designe fra bunn av dersom produktet ikke passer kundens behov
- Kongsberg Maritime kan fokusere på andre områder og videreutvikle produktet sitt.
- Kongsberg Maritime vil kunne fortelle kunden hvilke produkt som passer deres behov og kunne fremstille hvordan det ferdige produktet vil se ut innen betraktelig kortere tid enn tidligere.

Ved hjelp av punktene over håper vi at det vil føre til raskere leveringstid, større popularitet og interesse for Kongsberg Maritimes produkt som igjen vil føre til økt inntjening for bedriften.

5.2 Resultatmål

Innen endt prosjektperiode håper vi å komme i mål med følgende resultat:

- Oppdragsgiver er interessert i at produktet vi kommer frem til skal gjøre design og konstruering av fremtidige skipsbroer betraktelig enklere.
- Produktet skal kunne tilpasses kundens behov ved hjelp av modifisering på standardiserte modeller istedenfor å tegne de fra bunn av.
- Konstruksjonen skal hovedsakelig inneholde aluminium og være satt sammen av syrefaste skruer (A4 – Stainless Steel 316)
- Standard tegninger for skipsbrosimulatorer i SolidWorks som lett kan tilpasse ulike kundebehov som størrelse, hvor vinduer, dører skal stå etc.
- Gode og forståelige presentasjonstegninger for salgsfasen. De skal være forståelig for alle kulturer og land.
- Tegningene skal være lette å lage for produsenter og underleverandører, det vil si plater som brukes i produksjon må kunne være i standardmål.
- Simulatoren skal være lett og billig og transportere, flatpakke løsning, modul basert (IKEA stil).
- Lett og sammenstille når produktet er kommet frem til kunden, ha gjennomtenkte løsninger og gode tegninger og unngå kommunikasjons feil som fører til f. eks montasje feil, og unødvendig arbeid.
- Bygget skal være i forskriftsmessig stand i henhold til DNV, norske byggeforskrifter og HMS bestemmelser.
- Utbedre det visuelle såfremt det ikke går utover kvaliteten på produktet

5.3 Prosessmål

Dette er vårt første ordentlige og realistiske prosjekt i løpet av tiden på HiBu. Det fører med seg mye nytt. Vi håper å lære mye om hvordan det er å jobbe i prosjekt og få en forståelse om hvordan det blir å jobbe som ingeniør etter endt utdanning.

Her følger noen konkrete punkter:

- Lære å disponere tid og ressurser.
- Bli nærmere kjent med bedriften Kongsberg Maritime og knytte kontakter.
- Lære om hvordan en skal delegere oppgaver og oppnå best mulig resultat.
- Hvordan jobbe sammen med andre bedrifter, skape dialog og komme frem til fungerende løsninger.
- Levere et produkt som tilfredsstiller Kongsberg Maritime samt en rapport med teori og fremgang.
- Skape godt arbeidsmiljø, gjennomføre en god fremføring og få god karakter.

6. Prosjektets omfang

Omfanget er 5 studiepoeng i høstsemesteret og 20 studiepoeng i vårsemesteret. Dette tilsvarer ca.650 timers arbeid per student.

Prosjektet veiledes av Merete R. Faanes som er høyskolelektor i Avdeling for teknologi ved Høyskolen i Buskerud. Jon Kjell Sandberg fra Kongsberg Maritime AS er ekstern sensor og veileder. Olaf Hallan Graven, som er førsteamanuensis i Avdelingen for teknologi på Høyskolen i Buskerud, er intern sensor.

6.1 Prosjekthjelpemidler

- Filoverføring Dropbox
- Hjemmeside verktøy Dreamweaver / Microsoft Frontpage
- Design og styrkeberegning SolidWorks
- Planlegging Microsoft Project
- Dokumentasjon Microsoft Word / Acrobat Reader (pdf) / MPP
- Prosjektmodell Prototyping, inkrementell.

7. Risikoanalyse

Uansett hva man gjør i livet unngår man ikke hindringer eller problemer. Her har vi gjort en risikoanalyse som vi tror vi kan oppleve/møte under prosjektets periode. Noen problemer er mer alvorligere enn andre og kan medføre at prosjektet må avbrytes, men de håper vi at vi kan unngå.

Oppgaveløsning

Det største hinderet for dette prosjektet er at vi ikke skal klare å produsere noen tegninger eller fullføre tegningene på 3d-modelleringsprogrammet Solidworks. Hvis dette skjer har ikke gruppen noen produkter å vise frem. 3D-modellering er også prosjektets mest tidskrevende oppgave.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Ingen.		

Andre hindringer

Andre hindringer av oppgaveløsning som gruppen kan oppleve, men som ikke direkte kan hindre at prosjektet kan fullføres er at pr. i dag har ikke Kongsberg Maritime kommet frem med noen gode eller funksjonelle løsninger for standardiserte 3d-modeller. Med tanke på dette, vil det kreve veldig mye for at fem ikke-ferdigutdannede studenter uten noen form for erfaring fra skipsfartøy skal klare å løse dette problemet. Men uten en ordentlig utfordring ville ikke hovedprosjektet vært interessant. Hvis dette problemet ikke blir løst innen prosjektets ende, vil ikke dette føre til at hele prosjektet blir ødelagt.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Ingen.		

Menneskelig svikt

Sykdommer, ulykker eller hvis noen dør kan gi store konsekvenser for prosjektet.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Ingen.		

Prosjektmedlemmer

Sykdommer, prosjektmedlemmer som ikke gjør jobben sin og medlemmer som hopper ut av gruppen kan medføre at prosjektet ikke kan bli fullført.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Sørge for godt samhold i gruppen. Samtlige deltakere blir satt inn i prosjektets omfang.		

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver kan forandre eller legge til oppgaver som gjør at prosjektet blir vanskeligere å utføre. Det kan medføre at gruppen ikke rekker å nå målet eller ikke klare å løse oppgaven(ene). Oppdragsgiver kan også velge å trekke seg fra opplegget.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Ha flere kontaktpersoner innad i Kongsberg Maritime som vi kan rådføre oss med dersom det skulle være nødvendig.		

Veiledere

Veiledere kan være opptatte når gruppa trenger deres hjelp eller ikke være til nytte for det problemet som skal løses.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Avtale møter i god tid på forhånd.		

Maskin svikt:

Maskin svikt kan være et av de største problemene som gruppa kan komme borti. Det kan hende at maskin henger seg opp FØR viktige filer/dokumenter er blitt lagret. Eller verst av alt, viktige filer/dokumenter som blir slettet uønsket.

Risiko:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	Høy
Forebyggende tiltak:	Sørge for å ta backup av alt som blir gjort.		

8. Kost/nytteanalyse

Kost og nytteanalyse er en av de viktigste delene av beslutningsgrunnlaget for om prosjektet skal gjennomføres. Hensikten er å avgjøre av prosjektet er verdt kostnadene ved å gjennomføre det. Etter å sammenligne effekten av prosjektet – forvente nytte og de ferdiglagede estimater for det prosjektet kommer til å koste, vil denne vurderingen avgjøre om nytten er verdt kostnadene.

8.1 Kvantifiserbar og ikke-quantifiserbar nytte

Med utgangspunkt i effektmålene vurderes verdien av den forventede effekten av prosjektet. Nyttens kvantifiseres best mulig. Med kvantifisering mener vi at vi tallfester nytten, som oftest i kroner. Det er imidlertid svært viktig å beskrive nytte som ikke er kvantifiserbar da den kan være avgjørende for å velge å kjøre prosjektet.

De største fordelene med å utvikle dette systemet er at dette produktet vil være enda mer modulbasert og denne løsningen vil føre til mindre arbeid for produsenten (design og montering), for eks. det blir lettere å endre på designen uten å være nødt til lage et helt nytt prosjekt for hver kunde. Denne løsningen gjør at simulatoren vil tilpasse til kundenes behov.

En annen fordel med å utføre denne løsningen er at muligheten til å frakte denne simulatoren blir lettere for produsenten og dette vil minske en del problemer for monteringssteamet.

8.2 Lage og gjennomføre tester for kvalitetssikre løsninger

- Møtes regelmessig i gruppen for samtaler
- Møte med oppdragsgiver for diskusjon, løsninger og fremgang.
- Opprettholde dialog med veileder på Høyskolen i Buskerud.
- Analysere forskjellige løsninger for å finne en effektiv og sikker løsning.

9. Retningslinjer og standarder

9.1 Krav til generell dokumentasjon

- **Forstudierapport** som skal gi oss en grov oversikt over problemet, samt utarbeide forslag til metoder for å kunne løse problemet.
- **Kravspesifikasjon** inneholder alle de kravene gitt av oppdragsgiver, og de som er satt av oss selv, på en organisert måte.
- **Prosjektplan** inneholder all relevant informasjon som trengs for å styre prosjektet, den beskriver hva som skal gjøres, når aktivitetes skal starte og slutte. Brukes av prosjektlederen til å planlegge prosjektet og av gruppemedlemmer for å få generell oversikt.
- **Testspesifikasjon** inneholder informasjon om hensikten og målet med testingen innenfor prosjektet. I tillegg skal testplanen identifisere hvilke strategier som skal benyttes i testingen og hvilke ressurser som trengs. En initial testspesifikasjon lages ved starten av prosjektet og raffinert under resten av prosjektet. Denne kjøres opp imot kravspesifikasjonen.
- **Konseptdokumentene** viser hvordan vi skal designe delene på skipsbroen. Disse vil være rundebasert.
- **Avslutningsfase** tar for seg utviklingen og siste del etter Konseptdokumentene.
- **Endelig produktdokument** består kun av det endelige produktet.
- **Etteranalysen** beskriver hvordan prosjektet gikk.
- **Timelister** dokumenterer hva gruppen til en hver tid har gjort, hvem som har gjort det samt tiden hver enkelt brukte.
- **Oppfølgingsdokumenter** ukentlige dokumenter som levers til intern veileder 24 timer før det ukentlige møte. Dette dokumentet tar for seg hva som er blitt gjort i uken før, og hva som skal gjøres i kommende uke. Samt oversikt over aktivitetsnr linket mot prosjektplan og timeoversikt pr deltaker.
- **Møtereferat** levers til de det måtte gjelde, samt intern veileder, senest 48 timer etter endt møte.
- **Prosjektkontrakt** skal signeres og eksistere i 3 eksemplarer.

9.2 Dokumentasjon til Hovedrapporten

- Forstudierapport
- Prosjektplan
- Kravspesifikasjon
- Testspesifikasjon
- Konseptdokumentene
- Avslutningsfase
- Endelig produktdokument
- Produksjonsunderlag – Kongsberg Maritime (Engelsk)
- Sammenstillingsdokument – Kongsberg Maritime (Engelsk)
- Logistikkdokument – Kongsberg Maritime (Engelsk)
- Oppsummering – Evaluering fra gruppen og hvert enkelt medlem.

9.3 Krav til standarder og metoder

- Norsk byggestandard
- Det norske Veritas "Nautical Safety Offshore Service Vessel" seksjon 2
- SolidWorks
- FEM- analyse

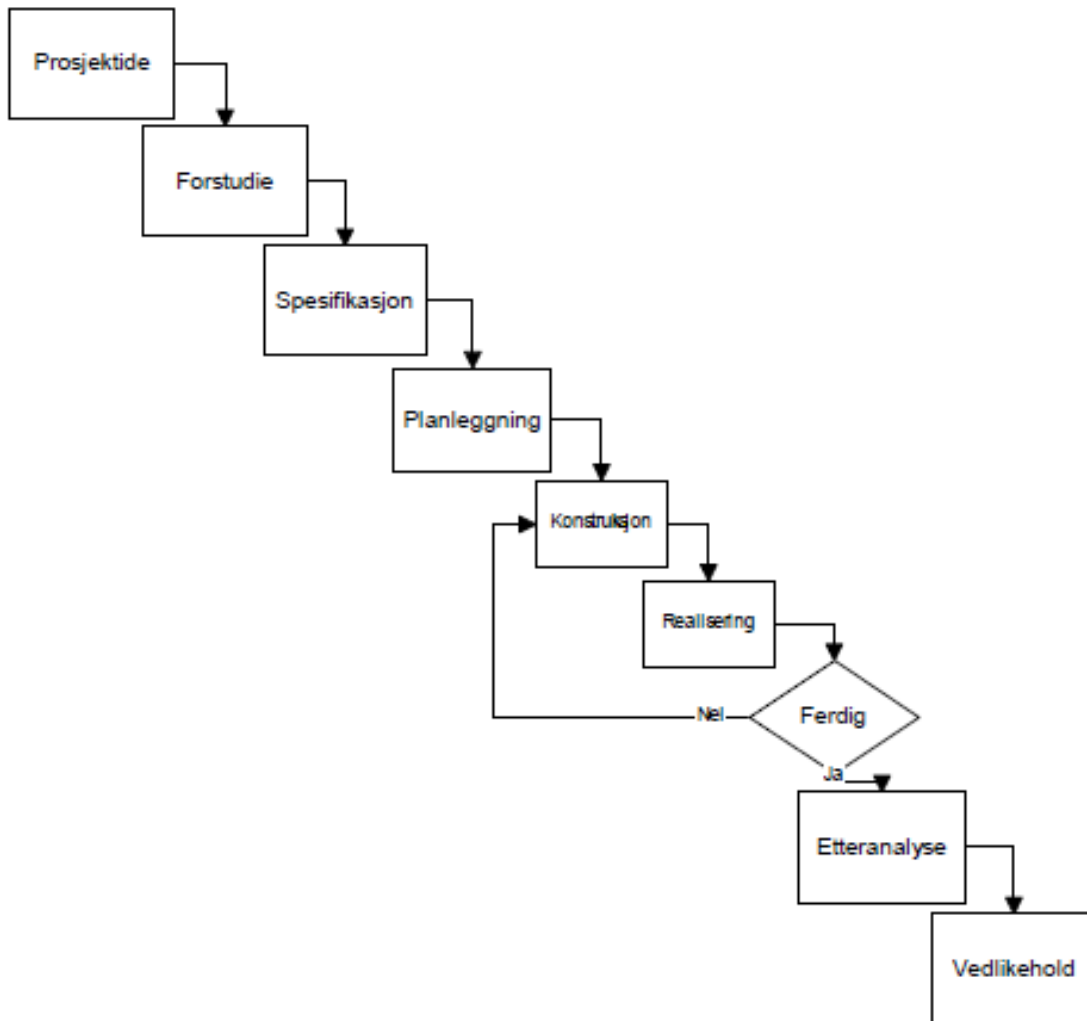
9.4 Endringshåndtering

Dersom det kommer ønsker om endringer på oppgaven fra oppdragsgiver, prosjektdeltakerne selv eller andre, skal det behandles på følgende måte:

- Dokumentere endringens innhold
- Analyser konsekvensene for prosjektet
- Beregn eventuell kost/nytt
- Godkjennelse og aksept
- Logge endringen
- Justere planene
- Gjennomføre endringen

10. Prosjektmodell

Vi har valgt å bruke en prosjektmodell kalt Inkrementell utvikling fordi den passer best til vår prosjekt gjennomføring. I inkrementell utvikling lager man først ferdig en fullstendig kravspesifikasjon og at man underveis bygger på det man har laget i tidligere runder.



Figur 2 - Prosjektmodell, inkrementell utvikling

11. Prosjektorganisering

Her følger en beskrivelse av hvert ansvarsområde for hvert enkelt gruppelem.

11.1 Ansvarsområder

Prosjektleder er betegnelsen på den som utfører den løpende daglige ledelsen av et prosjekt på vegne av prosjekteieren og er ansvarlig for at prosjektets mål nåes samt framdriften i prosjektarbeidet. Prosjektlederen skal planlegge, organisere, styre og kontrollere den totale prosess, og har samtidig ansvaret for interne møter i gruppen og i tillegg er den hovedkontakt personen for prosjektgruppen.

Økonomiansvarlig skal ha en viss oversikt over hva dette vil koste. Deler, produksjon, kunne skille konseptene ifra hverandre på pris osv.

Konstruksjonsansvarlig har ansvaret med å designe og konstruere de komponentene som brukes i dette prosjektet.

Tidsansvarlig har ansvaret for å registrere gruppens aktiviteter og den tiden gruppen bruker for å utføre disse aktivitetene. Dette blir oppført i prosjektplanen som oppdateres jevnlig.

Dokumentansvarlig har ansvaret for å registrere alle skriftlige data og all informasjon som skal inn i hovedrapporten. I tillegg også ansvar for å skrive møttereferat.

Webansvarlig skal opprette og administrere gruppens webside. Dette innebærer å designe og utvikle, samt oppdaterer nettsiden.

Styrkeberegningsansvarlig har ansvar for å analysere (FEM analyse) på kritiske komponenter som er blitt designet. Dette gir en pekepinn på om det er mulig å realisere eller om det må gjøres endringer. Nyttig verktøy!

12.Fremdriftsplan

For å få bedre oversikt over prosjektets fremdrift har vi tatt i bruk Microsoft Project. I illustrasjonen under kan man se hva vi har brukt tiden på frem til nå.

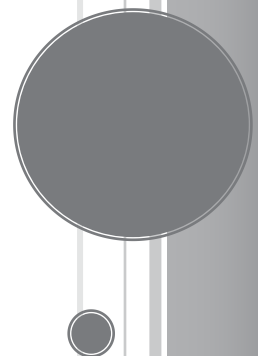
Task Name	Duration	Start	Finish	August	01 September	01 October	01 November	01 December				
				09.08	23.08	06.09	20.09	04.10	18.10	01.11	15.11	29.11
Hovedoppgave 2010	85 days?	16.08.10	20.12.10									
Introduksjon	1 day	16.08.10	16.08.10									
Klassisk og praktisk prosjektarbeid	1 day	17.08.10	17.08.10									
Utviklingsarbeid	1 day	18.08.10	18.08.10									
Prosjektplaner og prosjektplanlegging	1 day	19.08.10	19.08.10									
Requirements engineering	1 day	20.08.10	20.08.10									
Testing og teststrategier	1 day	31.08.10	31.08.10									
Sette sammen en gruppe	14 days	01.09.10	20.09.10									
Ta kontakt med forskjellige bedrifter	33 days	16.09.10	01.11.10									
Møte med Kongsberg Maritime /v Jon Kjell Sandberg	1 day	11.11.10	11.11.10									
Lage et prosjektide dokument	3 days	11.11.10	15.11.10									
Lage en prosjektforstudie	8 days	11.11.10	22.11.10									
Kravspesifikasjon	14 days	23.11.10	20.12.10									

Figur 3 - Microsoft Project

Figure 3

Prosjektplan

Viser prosjektplanen og gir en enkel innføring i valg av prosjektmodell.



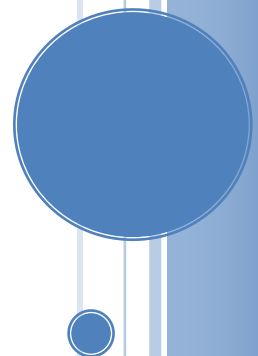
Prosjektmodellen valgt for prosjektet er inkrementell utvikling som faller under kategorien evolusjoner utvikling. Denne modellen er valgt på bakgrunn av at det ikke var ønskelig å begynne helt på bunn for hver nye runde slik det er i prototypingmodellen, men ta med inspirasjon fra det som har fungert bra i tidligere runder. I tillegg er det mulig å jobbe opp mot de avgjørende kravene i kravspesifikasjonen på et tidlig tidspunkt. Deretter kan det legges vekt på å utvikle produktet og implementere de mindre viktige kravene i senere runder.

Prosjektplanenes struktur er illustrert under.

0		[-] Hovedoppgave 2011	203 days	Mon 16.08.10	Tue 07.06.11
1	✓	[+] Undervisning	12 days	Mon 16.08.10	Tue 31.08.10
8	✓	[+] Oppstart	47,38 days	Wed 01.09.10	Fri 05.11.10
12	✓	[+] Dokumentasjon	142 days	Fri 05.11.10	Fri 03.06.11
19		[+] Presentasjoner	118 days	Tue 21.12.10	Tue 07.06.11
26		[+] Møter	103,25 days	Mon 10.01.11	Thu 02.06.11
82	✓	[-] Fase 1-3 Runde 1	25 days	Mon 17.01.11	Fri 18.02.11
83	✓	[-] Fase 1	7 days	Mon 17.01.11	Tue 25.01.11
84	✓	Idemyldring	5 days	Mon 17.01.11	Fri 21.01.11
85	✓	Utvikle kravspesifikasjone	2 days	Mon 24.01.11	Tue 25.01.11
86	✓	[-] Fase 2	1 day	Wed 26.01.11	Wed 26.01.11
87	✓	Valg av løsninger	1 day	Wed 26.01.11	Wed 26.01.11
88	✓	[-] Fase 3	17 days	Thu 27.01.11	Fri 18.02.11
89	✓	Konstruksjon av vegger	6 days	Thu 27.01.11	Thu 03.02.11
90	✓	Konstruksjon av tak	11 days	Tue 01.02.11	Tue 15.02.11
91	✓	Konstruksjon gulv	10 days	Tue 01.02.11	Mon 14.02.11
92	✓	Beregninger	6 days	Thu 10.02.11	Thu 17.02.11
93	✓	Assembly	3 days	Wed 16.02.11	Fri 18.02.11
94	✓	Kostnadsoversikt	1 day	Fri 18.02.11	Fri 18.02.11
95	✓	[+] Fase 1-3 Runde 2	14 days	Mon 21.02.11	Thu 10.03.11
108	✓	[+] Fase 1-3 Runde 3	16 days	Fri 11.03.11	Fri 01.04.11
121	✓	[+] Eksamensperiode	20 days	Mon 21.03.11	Fri 15.04.11
126	✓	[-] Avslutningsfase (Fase 4)	22 days	Wed 27.04.11	Thu 26.05.11
127	✓	[-] Utvikle konseptet	18 days	Wed 27.04.11	Fri 20.05.11
128	✓	Videreutvikle taket	8 days	Wed 27.04.11	Fri 06.05.11
129	✓	Videreutvikle gulv	8 days	Wed 27.04.11	Fri 06.05.11
130	✓	Utvikle gulvplater	14 days	Wed 27.04.11	Mon 16.05.11
131	✓	Sette på plass dør	10 days	Mon 02.05.11	Fri 13.05.11
132	✓	Kostnadsbesparelser	5 days	Mon 09.05.11	Fri 13.05.11
133	✓	Produksjonsvennelighet	5 days	Mon 09.05.11	Fri 13.05.11
134	✓	Fraktbarhet	5 days	Mon 16.05.11	Fri 20.05.11
135	✓	Utbedringer av sluttprodukt	5 days	Mon 16.05.11	Fri 20.05.11
136	✓	[-] Testing	1 day	Thu 26.05.11	Thu 26.05.11
137	✓	Gjennomgå testspesifikas	1 day	Thu 26.05.11	Thu 26.05.11

138	✓	☐ Sluttrapport	81 days	Mon 07.02.11	Mon 30.05.11
139	✓	Dokumentering Runde 1	12 days	Mon 07.02.11	Tue 22.02.11
140	✓	Dokumentering Runde 2	21 days	Tue 22.02.11	Tue 22.03.11
141	✓	Dokumentering Runde 3	11 days	Thu 10.03.11	Thu 24.03.11
142	✓	Dokumentering av avslutningsfase (Fase 4)	19 days	Wed 27.04.11	Mon 23.05.11
143	✓	Produksjonsunderlag (Eng)	21 days	Wed 27.04.11	Wed 25.05.11
144	✓	Sammenstillingsdokument (Eng)	19 days	Fri 29.04.11	Wed 25.05.11
145	✓	Logistikkdokument (Eng)	19 days	Fri 29.04.11	Wed 25.05.11
146	✓	Endelig produktdokument	4 days	Mon 23.05.11	Thu 26.05.11
147	✓	Oppsummering - gruppe og individuell	2 days	Wed 25.05.11	Thu 26.05.11
148	✓	Vedlegg	1 day	Thu 26.05.11	Thu 26.05.11
149	✓	Sammenstilling og korrektur	3 days	Thu 26.05.11	Mon 30.05.11
150	✓	Leveringsfrist	2 days	Fri 27.05.11	Mon 30.05.11
151		☐ Hovedpresentasjon	8 days	Fri 27.05.11	Tue 07.06.11
156	 	Fysisk Plakat	16 days	Mon 16.05.11	Mon 06.06.11

Kravspesifikasjon



Innhold

1. Introduksjon	2
2. Dokumenthistorie.....	2
3. Prosjektmodell.....	3
3.1 Inkrementell utvikling.....	3
4. Rammekrav.....	4
5. Kravspesifikasjon	4
5.1 Prioritering.....	4
5.2 Størrelse og belastning.....	4
5.3 Materialkrav	4
5.4 Konsept.....	5
5.5 Utsikt	5
5.6 Dokumentasjon til Kongsberg Maritime	5
5.7 Diverse.....	5

1. Introduksjon

Vi er en gruppe på 5 studenter som har fått i oppdrag av Kongsberg Maritime om å konstruere en skipsbro som brukes i en "full mission bridge simulator". Dette er en simulator som er skalert 1:1 og som brukes til å utdanne styrmenn samt til etterutdanning av kapteiner og lignende.

Frem til i dag har Kongsberg Maritime så og si måtte tegne og utvikle en ny skipsbro for hver kunde de leverer til. Grunnen til dette er at det er veldig stor variasjon i omgivelsene hvor skipsbroen skal installeres, både med tanke på gulvareal, takhøyde og fremkommeligheten i bygget. Dette er meget tungvint og burde ikke være nødvendig med dagens dataprogram og verktøy.

Vår jobb i dette prosjektet blir å få laget standardiserte 3D tegninger i SolidWorks som Kongsberg Maritime kan bruke til å lage fremtidige skipsbro simulatorer av. Det skal være mulig å flytte for eksempel en dør fra en vegg til en annen og endre størrelse på skipsbrohuset. Vi er og blitt bedt om å lage skipsbroen om til moduler, "IKEA løsninger", så den lett kan pakkes og sendes hvor som helst i verden, og settes sammen. Med andre ord skal dette være et byggesett satt sammen av moduler som er skalerbare og kunne tilpasse kundens behov og plasseringsområde. Til dette skal det også lages en monteringsmanual som skal være lett forståelig for kunden. I tillegg til dette har vi også muligheten til å komme med nye forslag, ideer til design og muligheter til forbedringer generelt.

2. Dokumenthistorie

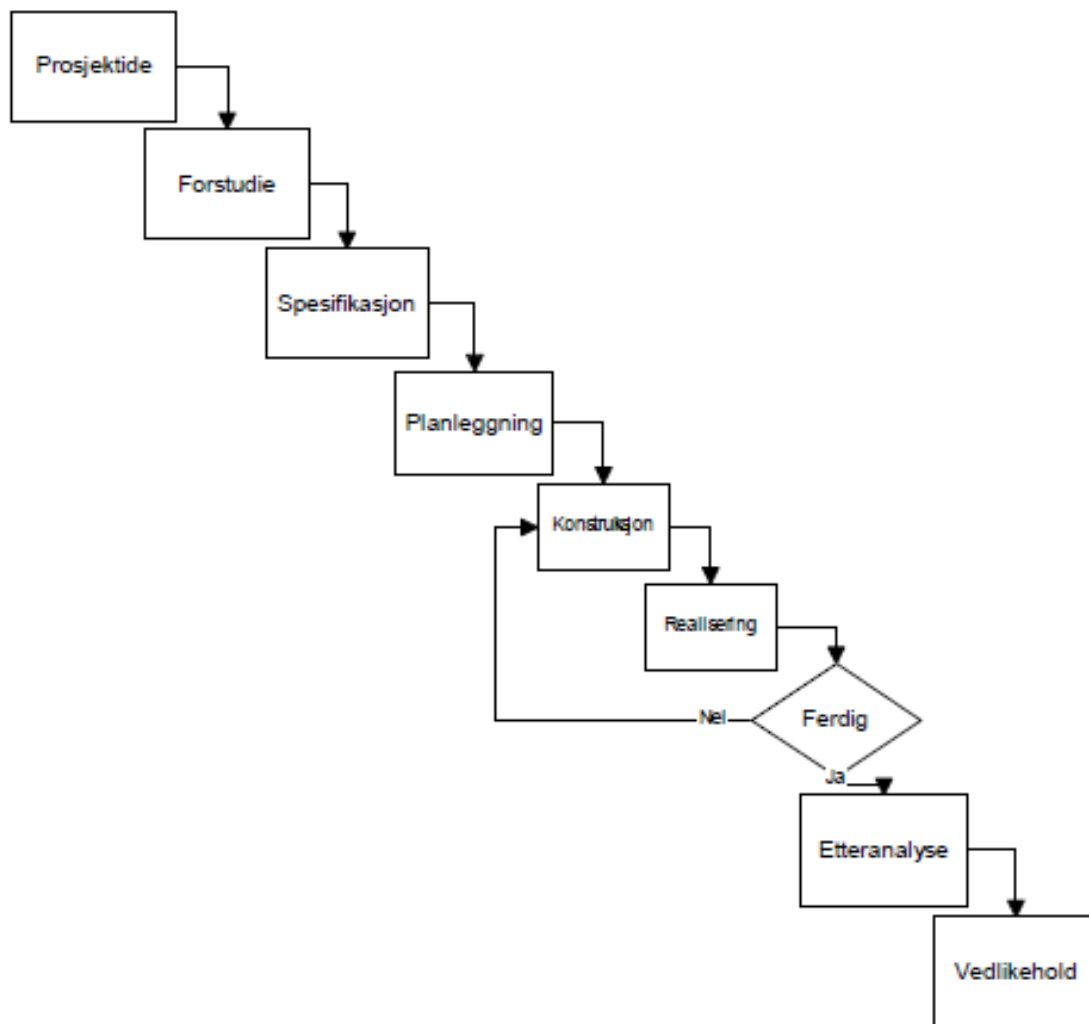
Versjon	Dato	Endringer
1.0	11.12.10	Satt sammen mal
1.1	14.12.10	Lagt til testspesifikasjon
1.2	18.12.10	Kortet ned introduksjonen
1.3	19.12.10	Lagt til prosjektmodellen
1.4	13.01.11	Forbedret kravspesifikasjon
2.1	14.01.11	Satt sammen utbedret kravspesifikasjon og design, endret ID
2.2	22.03.11	Tilføyd krav til hovedrapporten. Endret krav K220 fra TIG sveis til kun sveis.
2.3	08.04.11	Endret Tynnplater til Tynnplateteknikk. Endret utforming av kravet. Endret prosjektmodell til Inkrementell utvikling. Endrer på kravet om Sammenføring slik at kravene om sveising kommer under sammenføring istedenfor under Materialkrav.
2.4	27.04.11	Lagt til krav fra tilbakemelding på 2. presentasjon

3. Prosjektmodell

Velger å ta med prosjektmodellen vår her da den gir en grei forklaring på hvorfor kravspesifikasjonen per dags dato kun består av primære krav.

3.1 Inkrementell utvikling

I inkrementell utvikling lager man først ferdig en fullstendig kravspesifikasjon og at man underveis bygger på det man har laget i tidligere runder.



4. Rammekrav

Siden vår oppgave går ut på å lage en konstruksjon for allmenn bruk, er det noen retningslinjer vi må følge, disse er:

- **NS-EN 15088:2005** Aluminium og aluminiumlegeringer - Bærende produkter for byggverk - Tekniske betingelser for inspeksjon og levering
- **NS-EN 1090-3:2008** Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner.

5. Kravspesifikasjon

5.1 Prioritering

Prioritering	
A	Krav fra arbeidsgiver
B	Krav ifra oss (Gruppe 11)
C	Krav som oppfylles dersom vi har mulighet

5.2 Størrelse og belastning

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Variabel størrelse	<ul style="list-style-type: none">• Lengden og bredden på skipsbroen skal kunne endres. Utgangspunkt 4500mm*5500mm• Brohuset skal innvendig ha plass til 3-4 konsoller fremme (baug). De har følgende mål: 1x1100mm, 2-3x650mm. Dette utgjør bredden på brohuset før hjørnene knekkes.	A A	K100
Takhøyde	2400mm og minimum 2300mm (innvendig mål)	A	K110
Takstyrke	Skal minimum tåle en belastning på 500kg	A	K120
Gulvstyrke	Skal minimum tåle en belastning på 1500kg	A	K130

5.3 Materialkrav

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Syrefast	Sammenføyningsmateriale skal være syrefast (316 Stainless Steel, A4)	A	K200
Materiale	Aluminiumslegeringer skal brukes i hovedkonstruksjonen.	A	K210

5.4 Konsept

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Modul	Brohuset skal være satt sammen av flere moduler	A	K300
Størrelse	En modul skal ikke være lengre enn 3000mm	B	K310
Overflate	Modulene skal være mulig å overflatebehandle	A	K320
Inngang	Dør skal kunne plasseres enkelt på babord eller styrbord side, aktre skott.	A	K330
Justerbare føtter	Konstruksjonen skal ha justerbare føtter	A	K340
Tynnplateteknikk	Skal benyttes hovedsakelig i konstruksjonen. Takplatene skal være 4mm tykke	A	K350
Sammenføring	<ul style="list-style-type: none">Sveising ikke tillatt for sammensetting av flere moduler.Sveising ikke tillatt hos kunde	A A	360

5.5 Utsikt

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Utsikt	Skal ha mulighet for 360° utsikt	A	K400
DNV krav	I en horisontal siktsone på 225° skal dødvinkelen ikke overstige 30°. Måles fra midten av brohuset.	A	K410
Vindusposisjon (Innvendig mål)	<ul style="list-style-type: none">Avstand fra gulv til bunn av vindu: 900mm.Avstand fra gulv til topp av vindu: 2000mm.Skal unngå at srossene kommer rett foran arbeidsstasjonene.	A A A	K420 K430 K440
Vindussprosser	Skal være mellom 60-80mm i bredden.	A	K450

5.6 Dokumentasjon til Kongsberg Maritime

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Produksjonsunderlag	Lages for produsent av brohuset	A	K500
Sammenstillingsdokument	Lages for kunden	A	K510
Logistikkdokument	Lages for transportavdeling	B	K520
Dokumentasjon	Skal være enkel å forstå.	B	K540
Måleenheter	Skal bruke det metriske systemet	A	K550
Språk	Engelsk	A	K560

5.7 Diverse

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Krav id
Alle typer kabler	<ul style="list-style-type: none">Plasseringen skal ikke påvirke funksjonaliteten til brohuset negativt.Skal være så lite synlig som mulig	A B	K600 K610
Hovedrapport	Skal være på engelsk	A	K620

Testspesifikasjon

1. Introduksjon

I testspesifikasjonen testes kravene i kravspesifikasjonen. Det vil si at her kommer det svar på om kravene er oppfylt ved å gjøre testene beskrevet under. For og enklest mulig å koble sammen kravene med testene, er testnavnene de samme som kravnavnene. Numrene på test id er lik numrene på krav id. Eneste forskjellen er "T" for test og "K" for krav.

2. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endring
1.0	29.12.10	Er på samme dokument som kravspesifikasjonen
1.1	12.01.11	Laget som eget dokument. Forbedret testene.
2.1	14.01.11	Endret design. Fjernet krav id og erstattet de med Test id
2.2	22.03.11	Lagt til introduksjon. Tilføyd dokumentasjon og fagpersonell på T250 og T260. Lagt til test T620 som er test av engelsk språk i Hovedrapporten.
2.3	09.04.11	Endret Tynnplater til Tynnplateteknikk. Endrer på kravet om Sammenføring slik at kravene om sveising kommer under sammenføring istedenfor under Materialkrav.
2.4	27.04.11	Lagt til krav fra tilbakemelding på 2. presentasjon

Innhold

1. Introduksjon	1
2. Dokumenthistorie.....	1
3. Testspesifikasjon	3
3.1 Størrelse og belastning.....	3
3.2 Materialkrav	3
3.3 Konsept.....	3
3.4 Utsikt	4
3.5 Dokumentasjon til Kongsberg Maritime	4
3.6 Diverse.....	4
4. Teststrategi.....	4

3. Testspesifikasjon

3.1 Størrelse og belastning

Testnavn	Utførelse / beskrivelse av test	Prioritet	Test id
Variabel størrelse	Testes i SolidWorks. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks.	A	T100
Takhøyde	Vil bli testet ved hjelp av måleutstyr i SolidWorks	A	T110
Takstyrke	Testes ved FEM (Finite Element Method)	A	T120
Gulvstyrke	Testes ved FEM (Finite Element Method)	A	T130

3.2 Materialkrav

Testnavn	Utførelse / beskrivelse av test	Prioritet	Test id
Syrefast	Ved dokumentasjon av materialet. Fagpersonell hos leverandør.	A	T200
Materiale	Ved dokumentasjon av materialet. Fagpersonell hos leverandør.	A	T210

3.3 Konsept

Testnavn	Utførelse / beskrivelse av test	Prioritet	Test id
Modul	Testes i SolidWorks ved at konstruksjonen består av flere deler (moduler) som er satt sammen til en sammenstilling.	A	T300
Størrelse	Vil bli testet ved hjelp av måleutstyr i SolidWorks	B	T310
Etterbehandling	Setter oss inn i overflatebehandlingsmetoder. Henviser oss til fagpersonell på området.	A	T320
Inngang	Testes i SolidWorks. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks. Leverandør.	A	T330
Justerbare føtter	Testes i SolidWorks. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks. Kataloger. Informasjonsdokumenter.	A	T340
Tynnplater	Testes i SolidWorks. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks. Fagpersonell	A	T350
Sammenføyning	Dette gjøres etter avtale hos leverandør av modulene og fagpersonell hos kunde.	B	T360

3.4 Utsikt

Testnavn	Utførelse / beskrivelse av test	Prioritet	Test id
Utsikt	Testes i SolidWorks ved hjelp av måleutstyr. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks.	A	T400
DNV krav	Testes i SolidWorks ved hjelp av måleutstyr. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks.	A	T410
Vindusposisjon	Testes i SolidWorks ved hjelp av måleutstyr. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks.	A	T420-440
Vindussprosser	Testes og måles ved måleutstyr i SolidWorks	A	T450

3.5 Dokumentasjon til Kongsberg Maritime

Testnavn	Utførelse / beskrivelse av test	Prioritet	Test id
Produksjonsunderlag	Forhøre oss med relevant bedrifter. Forhøre oss med Kongsberg Maritime.	A	K500
Sammenstillingsdokument	Forhøre oss med Kongsberg Maritime for å finne ut hva kunden ønsker	A	K510
Logistikkdokument	Forhøre oss med Kongsberg Maritime. Eventuelle transportbedrifter	B	K520
Dokumentasjon	Forstås av utenforstående personer	B	K540
Måleenheter	Allmenn kunnskap	A	K550
Språk	Testes ved allmenn kunnskap	A	K560

3.6 Diverse

Kravnavn	Kommentar	Prioritet	Test id
Alle typer kabler	<ul style="list-style-type: none">• Dette er noe vi må anta går bra ut ifra kravet om at kablene så å si ikke skal være synlig. Vil også være synlig i SolidWorks.• Testes i SolidWorks. Vil også bli visuelt synlig i SolidWorks.	A	T600
		B	T610
Hovedrapport	Dette er allmenn kunnskap	A	T620

4. Teststrategi

Strategien som brukes for testing av kravene gjøres mulig i hovedsak ved hjelp av et 3D-modelleringsprogram som heter SolidWorks. Styrkeberegninger gjøres ved Finate Element Method (FEM) som kan bli gjort innad i samme dataverktøy.

Videre går vår teststrategi utpå å forhøre oss med kvalifiserte fagpersonell innen materialteknikk, ha god dokumentasjon, og leverandører med relevant kunnskapsnivå og erfaring.

Konseptdokument:

Runde 1

Dette er det første av tre Konseptdokument og tar for seg startfasen av prosjekt "Skipsbrohus" for Kongsberg Maritime. I Runde 1 er det lagt vekt på egne ideer, konsepter og å opparbeide kunnskap og erfaringer til de neste rundene.

1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	23.02.11	Satt sammen dokumentoppsettet
1.1	17.03.11	La til gulv/tak
1.2	21.03.11	Endret dokumentoppsettet
1.3	25.03.11	La til bilder og skrev om vegger /vindu
2.0	29.03.11	Skrev innledning
2.1	5.4.11	La til teori og planleggingsdel
2.7	6.4.11	Forbedret teori og planleggingsdel
2.8	7.4.11	Rettskriving og gjennomgang av fornuftig oppsett
2.9	8.4.11	Vedlegg
3.0	10.4.11	Lagt til konklusjoner
3.1	11.4.11	Sett igjennom oppsett og lest igjennom dokumentet
3.2	21.05.11	Rettskriving

2. Innledning

Dokumentet viser konseptene laget i Runde 1 i forbindelse med hovedoppgaven, og har til hensikt å gi innsikt i tanker og problemstillinger underveis. Prosessen blir forklart steg for steg, og inneholder forklaringer av valg som er tatt, og hvorfor de er tatt. Det legges vekt på ideer som er utviklet og testet, men forkastet. Dette gjøres slik at bedriften skal få innsikt i arbeidet og unngå de samme problemene som oss.

Prosjektmodellen som brukes er inkrementell utvikling og er rundebasert. Det blir nøyere gjennomgått og det blir sett på hvordan det har fungert i praksis under planleggings-avsnittet.

Runde 1 inneholder i hovedsak ett konsept, som er forholdsvis enkelt og ukomplisert.

Helt mot slutten av Runde 1 kom det frem noe nytt, Aluflex System. Det var såpass sent i Runde 1 at det var enighet i å diskutere det nærmere i Runde 2.

Innhold

1. Dokumenthistorie.....	1
2. Innledning.....	1
3. Planlegging	3
4. Teori – bakgrunn og tilegnelse	5
5. Kravspesifikasjon og Testspesifikasjon.....	6
6. Materialvalg.....	7
6.1.1 Aluminiumlegeringer.....	7
6.1.2 Syrefaste bolter, skiver og mutrer.....	7
7. Ideer, førsteutkast og startkonsepter.	8
7.1 Ide A – Rektangulær form	9
7.2 Ide A1 - Regulerbart	10
7.3 Sammenstilling	10
7.4 Konklusjon	11
8. Konsept 1.....	12
8.1 Vegger/vindu	13
8.1.1 Fordeler og ulemper.....	15
8.1.2 Konklusjon vegg/vindu	15
8.2 Gulv.....	16
8.2.1 Fordeler og ulemper	18
8.2.2 Konklusjon gulv.....	18
8.3 Tak	19
8.3.1 Fordeler og ulemper.....	20
8.3.2 Konklusjon tak	20
9. Sammenstilling	21
9.1 Festeordninger	21
10. Konklusjon – Runde 1	22
11. Vedlegg - Deleliste	23
12. Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper	23
13. Vedlegg – Prosjektplan	24

3. Planlegging

Det er alltid fristende å hive seg på oppgaven og begynne rett på utførelse og problemløsning. Dårlig eller lite planlegging fører til en prøve og feile metode, da kan man miste grepet på sluttproduktet. Dette kan bli dyrt i form av tap av dyrebar tid. Det er derfor viktig med fokus på en god planleggingsprosess der kravspesifikasjon og den overordnede problemstillingen styrer valgene.

Med dette i tankene har prosjektmodellen vår vært rundebasert, der det etter hver runde har forsøkt og til dels å frigjøre oss fra tidligere konsepter som har blitt utviklet. Hensikten har vært å kunne tenke nyskapende, og ikke kjøre seg fast i et spor tidlig i designfasen. Samtidig blir alle nyttige erfaringer tatt med videre. Begynnelsen av hver runde starter med en planleggingsfase, som i prosjektplanen er kalt idemyldringsfasen. Der gjennomgås oppdragsgivers krav, kundens behov og hvordan best mulig å imøtekomme dette med et produkt som er gjennomførbart.

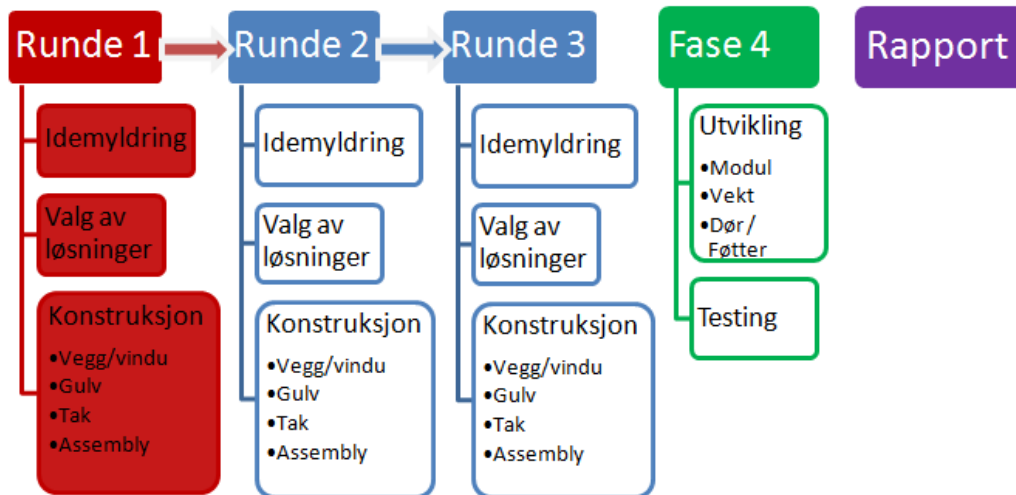
Prosjektmodellen er som nevnt i innledningen, inkrementell utvikling. Da prosjektet begynte var det planlagt å benytte prototyping, som også er rundebasert og en evolusjonær utviklingsmodell. Valget falt på inkrementell utvikling på bakgrunn av at det ikke var ønskelig å begynne helt på bunn for hver nye runde slik det er i prototypingmodellen, men ta med inspirasjon fra det som har fungert bra i tidligere runder. I tillegg er det mulig å jobbe opp mot de avgjørende kravene i kravspesifikasjonen på et tidlig tidspunkt. Deretter kan det legges vekt på å utvikle produktet og implementere de mindre viktige kravene i senere runder.

I Runde 1 er det brukt mye tid i forhold til planlegging, koordinering av gruppa, og fordeling av arbeidsoppgaver. Dette er første runde og mye av planleggingen går ut på hvordan kunnskapen og informasjonen som trengs i det videre arbeidet skal tilegnes.

Planleggingsverktøy i Runde 1:

- Microsoft Project,
- Dropbox
- Google wave
- Facebook

Disse hjelpemidlene har vært nyttige i og med at noen på gruppa bor i Oslo og noen på Notodden.



Figur 1 - Prosjektoversikt

Forklaring(Fig 1):

- Rød: Hvor vi er i stadiet nå. Tar for seg dette dokumentet.
- Blå: Viser oversikt over kommende runder.
- Grønn: Viser neste fase. Her er alle 3 rundene avsluttet og prosjektet går inn i utvikling av det endelige konseptet eller konseptene.
- Lilla: Sluttrapport

Runde 1:

- Strekker seg ifra 17.01 – 18.02-2011.¹

Runde 2 og 3:

- Ikke påbegynt

Fase 4 (Avslutningsfase):

- Vil ikke bli dekt av noen av Konseptdokumentene, er kun med for å illustrere den vidre gangen i prosessen etter de 3 rundene er over. Fase 4 tar for seg videreutvikling av ett eller flere mer eller mindre ferdige konsepter.

Rapport:

- Sluttrapporten samles det stoff til under hele prosessen.

¹ Se vedlegg 13 for mer informasjon om Runde 1 i prosjektplanen.

4. Teori – bakgrunn og tilegnelse

Oversikt over teori og verktøy benyttet i utførelsen av Runde 1

- Solidworks
- FEM analyser
- Tilvirkningsteknikk og Materialteknologi
- System Design
- Konstruksjonsteknikk

Det har vært benyttet teori og verktøy fra tidligere kurs for å kunne gjennomføre Runde 1. Samtidig er det informasjon og teori som ikke er skolepensum ved en slik omfattende oppgave. Noe av denne informasjon er tilegnet ved å studere, og prøving og feiling, som i Solidworks. Annen informasjon er tilegnet ved bedriftsbesøk som Dahlskaas plate og sveiseverksted. Der målet er å tilegne seg kunnskap om tynnplateteknikk og sveising og hvordan produsentene foretrekker SW tegninger. Det er kritisk å kunne ha i hodet at det som tegnes i SW skal være forståelig og gjennomførbart for produsenten. Dette bedriftsbesøket er beskrevet i et bedriftsmøtereferat.

I begynnelsen av Runde 1 gikk det mye tid på å bli bedre i SolidWorks. Til det brukes et elektronisk hjelpeverktøy til SolidWorks som heter SolidProfessor. Det er tilgjengelig på skolens datamaskiner. Det har vært til stor hjelp med tanke på Weldments, Structure Members, Sheet Metal, assemblys og sub-assemblys.

FEM analyser har ikke vært i fokus i denne runden, det er blitt gjort på deler av konstruksjonen. Det manglet også litt kunnskap på dette området da gruppen kun har erfaring fra testing av enkeltdeler. Det ble løst ved å prøve seg frem, i tillegg hjelp, ved et par tilfeller, noen av faglærere på Hibu i SW og FEM analyse.

Videre er det benyttet kunnskap fra system design, der teorier omkring alle faktorene rundt et produkt som skal settes i produksjon, er kommet til nytte. System design innebærer alle stadiene i et produkts liv, fra designfase, produseringsfase, til salg, frakting og lagring, montering hos kunde og nedmontering. Det er omfattende å se for seg alt dette i Runde 1. Men det er viktig å ta høyde for de viktigste aspektene fra en så tidlig fase som mulig. Mange valg i Runde 1 er tatt på bakgrunn av dette. Det vil bli nærmere forklart i gjennomgang av selve konseptene i designdokumentet.

5. Kravspesifikasjon og Testspesifikasjon

I kravspesifikasjonen er det krav fra Kongsberg Maritime (KM) som skal følges (A-krav). Det er ikke alle disse kravene er tatt hensyn til ennå. Det er fordi det i Runde 1 er fokus på det å komme opp med ideer, utforme konsepter og gjøre det klart for utvikling og muligheter senere.

Refererer til kravspesifikasjonen for mer informasjon om hvert enkelt krav.

Prioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 1:

- Størrelse på brohuset innvendig (4500mmx5500mmx2300mm) (lxbxh)
- At brohuset deles inn i moduler. Ingen lengre enn 3000mm
- Materialet er aluminiumlegering 7079
- Ingen sveising tillatt for å sette sammen modulene
- Krav til synsvinkel, dødvinkler og størrelse på vinduer og vindussprosser.

Nedprioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 1:

- Styrkeberegninger (FEM)
- Dør (Inngang)
- Justerbare føtter
- Festeordninger (bolter osv)
- At kabler ikke skal være mer synlig enn nødvendig.

Ellers er kravspesifikasjonen fulgt og det har vært et svært nyttig dokument når det kommer til valg av løsninger. Et eksempel på det er valg av profil til vegger, eller tykkelse i mellom vinduene (sprosser). Disse er fastsatt fra 60-80mm.

Testing av kravene har foregått fortløpende underveis og blir oftest gjort med måleverktøy i SolidWorks. Krav som ikke lar seg teste i SolidWorks har bedrifter gitt svar på, lest i oppslagsverk og dokumenter (DNV) og rådført med ekstern veileder Jon Kjell Sandberg hos Kongsberg Maritime.

6. Materialvalg

Her legges frem tekniske data om materialene som blir benyttet til konstruksjonen. Noen av materialtypene er et krav ifra oppdragsgiver (Kongsberg Maritime), mens andre materialer kan være løsninger gruppen har kommet frem til selv.

6.1.1 Aluminiumlegeringer

- Veier en tredjedel av jern, og i ren form er aluminium mykt og har lav styrke.
- 7xxx serien har Sink som hovedelement og når du tilsetter små deler av magnesium blir resultatet en legering som er veldig sterk og mulig å varmebehandle.
- 7079 legeringen har høyere flytegrense enn andre aluminiumslegeringer, har gode mekaniske egenskaper og blir brukt der det er kritisk at delene holder lav vekt.
- Blir benyttet i flyindustri, mobile enheter og til hydrauliske enheter.

²Aluminium er et meget gunstig materiale i vår konstruksjon grunnet at det er lett og korrosjonsbestandig. Ut ifra krav i offshore, gitt av DNV, skal det benyttes til denne type prosjekt aluminiumslegering 5058, det er derfor også et A-krav ifra Kongsberg Maritime. Denne typen materialer er ikke standardisert i SolidWorks. Det er i samsvar med oppdragsgiver og enighet at det benyttes en legering som heter 7079 eller 7076-T6 som erstatter i SolidWorks for å få korrekte beregningsdata.

6.1.2 Syrefaste bolter, skiver og mutrer

Krav fra oppdragsgiver sier at det skal benyttes syrefaste bolter av typen 316 Stainless steel (A4) til sammenstillingen av brohuset. ³Syrefast eller syrebestandig stål er jern som i tillegg til å inneholde karbon, også har en del nikkell og/eller mangan samt andre metaller som molybden, niob og titan. Dette er dyrt stål som er korrosjonsbestandig og som ikke er reaktivt med aluminium

Det er viktig i denne konstruksjonen fordi det er et krav fra Kongsberg Maritime om at det skal benyttes syrefast materiale i kombinasjon med aluminiumlegeringer. Grunnen til dette kravet er at bruk av bolter som ikke er syrefaste kan føre til at boltene ruster under lagring og transport. Det er tatt høyde for at det skal kunne lagres og fraktes i korrosive miljøer som blant annet når det fraktes sjøveien, der er kravet til korrosjonsbestandighet høy. Videre er andre typer bolter, som for eksempel galvaniserte bolter, reaktive i kontakt med aluminium. Det kan føre til at aluminiumskonstruksjonen vokser sammen med boltene. Dette vil gjøre demontering vanskelig.

² <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (3.mars 2011) – Vedlegg 12

³ http://no.wikipedia.org/wiki/Rustfritt_st%C3%A5l (25.feb 2011)

7. Ideer, førsteutkast og startkonsepter.

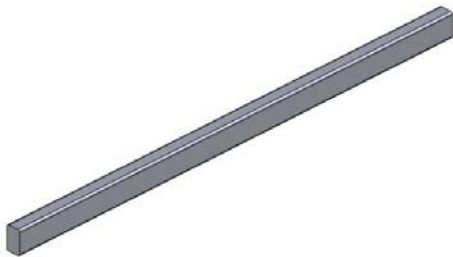
Dette er deler og konsepter som er kommet frem helt i startfasen av Runde 1. Det er med på å vise hvordan utviklingen har vært helt i fra starten. Dette er konsepter som er valgt bort av ulike grunner, begrunnelser følger under.

Etter idemyldring med gruppa og tegninger på papir fantes det mange ideer på hvordan starte prosjektet og hvordan velge deler som skulle utvikles. Det er med hensikt ifra arbeidsgiver (Kongsberg Maritime) ikke gitt ut mye informasjon om teknikker eller holdepunkter for hvordan de vil ha designprosessen. Dette begrunnes med at Kongsberg Maritime ikke vil at det skal bli for mye fokus og bli opphengt i metodene de benytter og hvordan de løser de nåværende utfordringer. Kongsberg Maritime er ute etter å se om prosjektet kan bidra med nye tanker, friske ideer og utvikling av et standardisert brohus.

Startstedet ble rammeverket rundt brohuset. Det er fordi der møtes gulv, vegg, og bæring til tak, et naturlig sted og starte. En annen faktor er at det gir et visuelt perspektiv på hvor stort brohuset blir, og det viser tydelig hvilket areal, og område som må forholdes til (refererer til kravspesifikasjonen).

7.1 Ide A – Rektangulær form

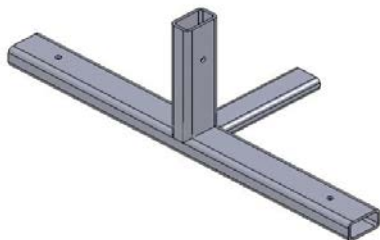
Ide A inneholder våre første tanker og modelleringer i SolidWorks. Dette kalles ikke et konsept fordi det er masse ideer og løsninger som blir valgt og forkastet utover i runden. Deretter bygges det opp et konsept rundt dette, det kalles Konsept 1 og mer informasjon finnes i senere kapitler. Denne ideen gikk ut på å koble sammen stag og skjøtestykker av forskjellige vinkler med ulik antall skjøtepunkter. Staget skulle opprinnelig være helt rett med en fast lengde og ha et rektangulært tverrsnittsareal. Derimot skulle skjøtestykkene ha forskjellige vinkler som fra 0 – 180 grader med enten to til flere skjøtehoder (se fig. 4 og 5). Dette skulle danne hele rammeverket til skipsbrohuset. Og det skulle brukes bolter for å holde rammeverket sammen. (Fig 2, 3, og 6)



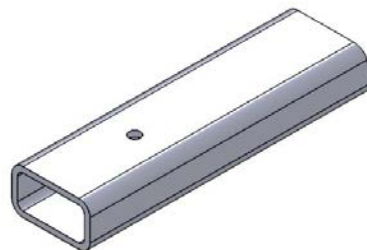
Figur 2 – Stag A



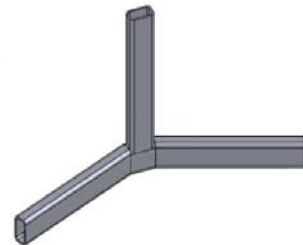
Figur 3 – Profil A



Figur 4 – Skjøtestykke 4punkts A



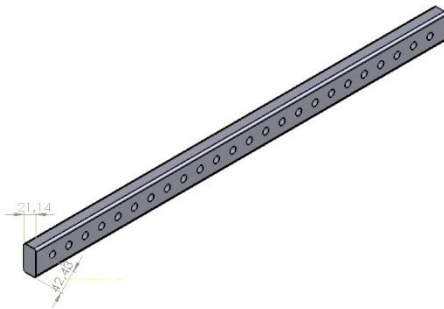
Figur 5 – Skjøte stykke A



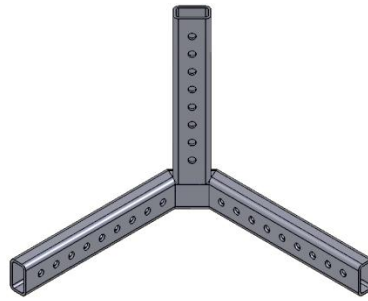
Figur 6 – Skjøtestykke 3punkts A

7.2 Ide A1 - Regulerbart

Ide A1 er basert på Ide A, men dette var mer oppgraderingsvennlig på grunn av flere forhåndsproduserte hull til bolter på skjøtestykkene og stagene (se fig. 6 og 7). Dette gjør det lettere for kunden å utvide skipsbrohuset i alle retninger. Men når rammen har fått så mange hull så kan materialegenskapene ha svekket og dermed gjør at rammeverket ikke holder så mye last som ønsket.



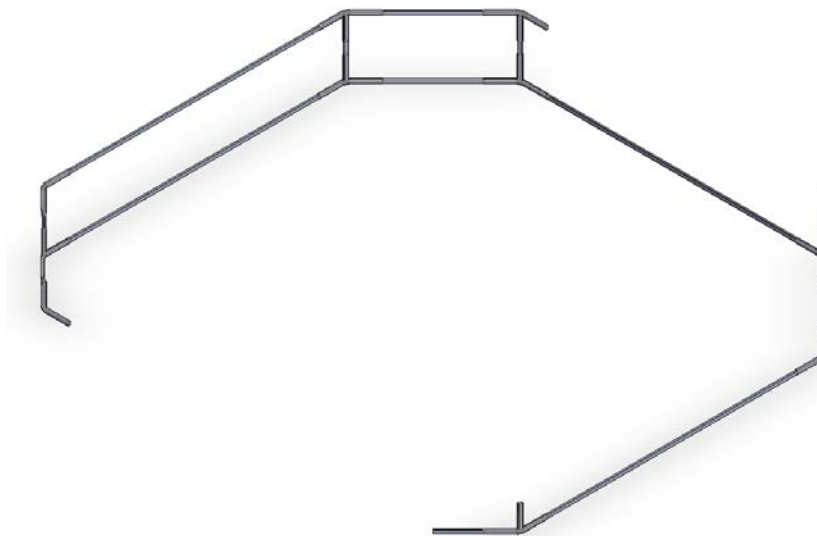
Figur 7 – Stag A1



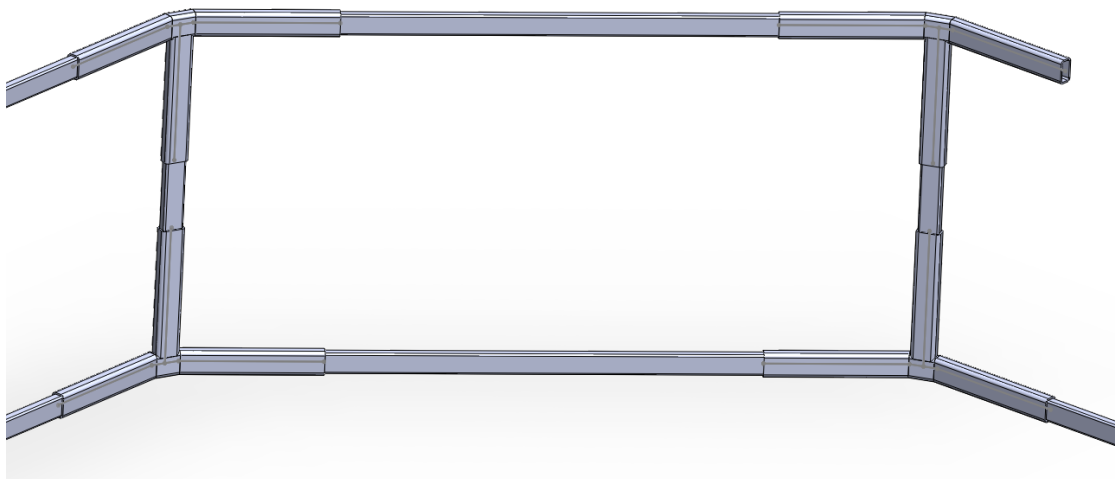
Figur 8 – Skjøt 3punkts A1

7.3 Sammenstilling

Rektangulære aluminiumprofiler i forskjellige størrelser er tenkt benyttet. Det blir brukt rektangulære istedenfor kvadratisk form på grunn av større tregghet i den rektangulære bjelken ved mindre materialbruk. Et rammeverk i startfasen satt sammen i "assembly" ville blitt seende slik ut. (Fig 9 og 10)



Figur 9 - Oversiktsbilde



Figur 10 - Nærbilde av hvordan konseptet fungerer. Alle detaljer er ikke lagt til, slik som festingsalternativer.

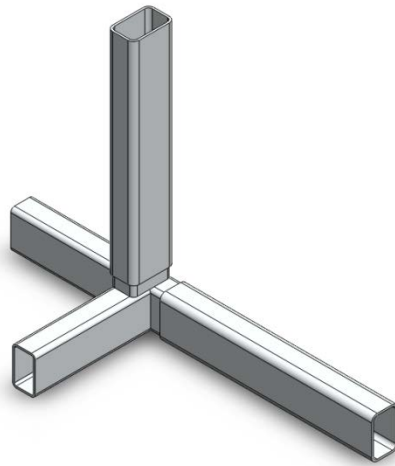
7.4 Konklusjon

Dette er utkast fra startfasen av Runde 1, basert på våre første ideer om hvordan lage et rammeverk. Så langt er det et utkast til rammeverk som kan settes sammen av flere deler, men når det skal bygges et helt brohus trengs det flere løsninger. Tanker og løsninger rundt profilvalg av aluminiumsbjelker og festeanordninger til bæringer er fokusert på, men merker at det er en del som lar seg begrense ganske fort og enkelte ideer kan forkastes.

Dette er helt i startfasen så det er et stykke igjen på å få frem helheten til produktet. Rammeverket rundt må også kunne festes med gulv og tak, deretter ha en løsning for festing av tynnplatene. Gruppen trenger å lære seg fler teknikker i SolidWorks. Det ble satt fokus på hurtig etter denne delen av Runde 1. Dette greies ut mer om i kapitlet om teori.

8. Konsept 1

Dette konseptet var vår første skikkelige ide hvor det benyttes teknikker og deler ifra det forrige konseptet, men noe mer gjennomtenkt. Det går ut på å koble sammen aluminiumprofiler med skjøtestykker i aluminium. Profilene er rektangulære og måten de blir koblet sammen på vises av bildet under. De blir sammenføyd ved at den ene profilene blir tredd innpå den andre. Deretter festet med bolter og sikret med traktorsplint eller mutrer i enden. Dette konseptet er med på å danne rammeverket til konstruksjonen. Profiler som er med på å lage vegger og bæretak er av samme prinsipp. (Fig 11)



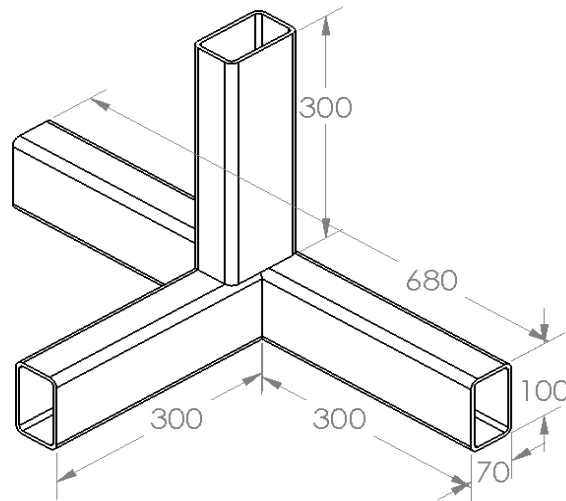
Figur 11 - "tre på" konsept

Det benyttes ingen sveising i selve monteringen ute hos kunden. Hjørnene, og de delene som fungerer som tilkoblingspunkt for gulvramme og tak/vegg, blir sveiset sammen før levering. Profilene utover dette ansees som hyllevarer og kan kuttes i ønskede lengder.

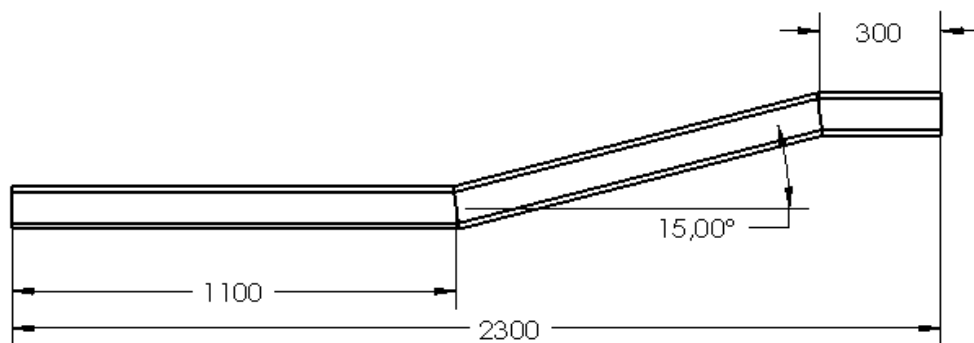
Når rammeverket er satt sammen blir det bekledd av tynnplater som danner veggene og vindu. Mer informasjon om dette i avsnittet om vegg/vindu

8.1 Vegger/vindu

Veggene blir konstruert ved hjelp av sammensveisede kryss hvor tak og gulv blir koblet sammen med veggbjelkene. Det brukes en profil på 110x70x5mm på krysshjørnene. Dermed er det mulig og tre på en 120x80x4.5mm profil som brukes på veggene. Veggprofilen tres så oppå krysshjørnene og boltes fast med 2stk M12.(Fig 12)

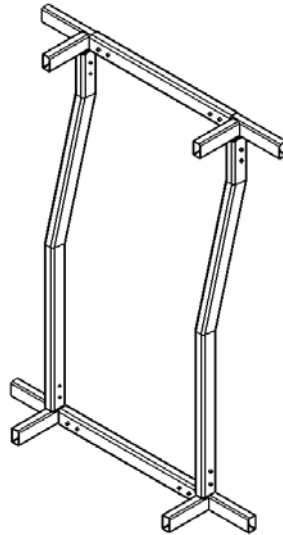


Figur 12 - Krysshjørne



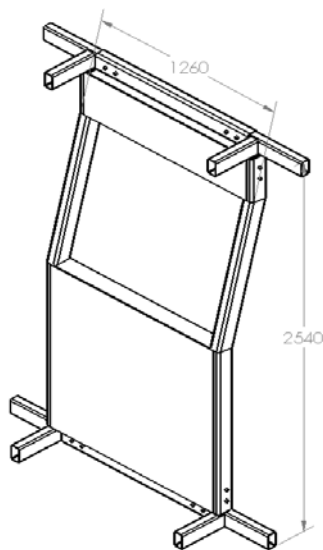
Figur 13 - Veggprofil

Deretter blir 4stk sammensveide kryss satt sammen, 2stk veggprofiler og 2stk rettprofiler ved hjelp av 16stk M12 316 syrefaste bolter (A4) som illustrert i (Fig 14).

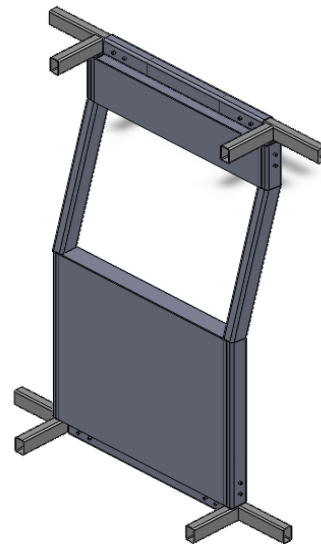


Figur 14 - Satt sammen

Tynnplater festes ved hjelp av selvborende skruer på innsiden av veggprofilene. Tynnplaten er bøyd 90 grader i topp for og stive av platen, samt få en vinduskarm. Deretter fester man en tynnplate på toppen av veggen for å avgrense utsikten. Grunnen til at utsikten avgrenses her er så ikke brukeren av skipsbrohuset vil kunne se over lerretet hvor simulasjonen projekteres. Dette er nå en komplett veggmodul som illustrert. (Fig 15 og 16)



Figur 15 - Veggmodul 1



Figur 16 - - Veggmodul 1 farge

8.1.1 Fordeler og ulemper

Fordeler	Ulemper
Enkelt konsept. Mange like deler	Tungt design. En veggmodul veier opp imot 50-60 kg
Robust design.	Kryssfestene må bli laget spesialtilpasset
Består av 10 deler totalt, 5 forskjellige deler. Inkludert tynnplater som vegger.	Må bruke mye bolter og skruer for å sette det sammen.
120x80 profilen oppfyller kravet til bredden på sprosser.	

8.1.2 Konklusjon vegg/vindu

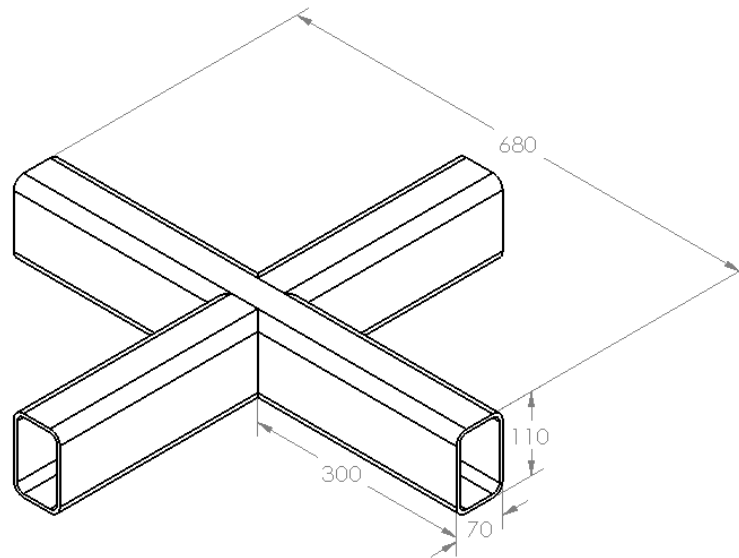
Konseptet i seg selv er ganske enkelt og genialt, men når det kommer til produksjonen av alle delene som må spesial fabrikkeres så blir det fort veldig tungvint. En annen ting det må fokuseres på er hvordan tynnplatene blir festet til veggene, samt hvordan man skal tenke i forhold til at delene skal kunne produseres på enklest mulig måte.

Kravene gitt av Kongsberg Maritime om størrelse på vindu, utsikt og avgrensing av størrelse på moduler, er fulgt. Dette er en god start og mye kunnskap har falt på plass, men det er også mye som gjenstår for å se helheten og det vil dukke opp utfordringer underveis. Det blir interessant å jobbe videre med dette i Runde 2.

8.2 Gulv

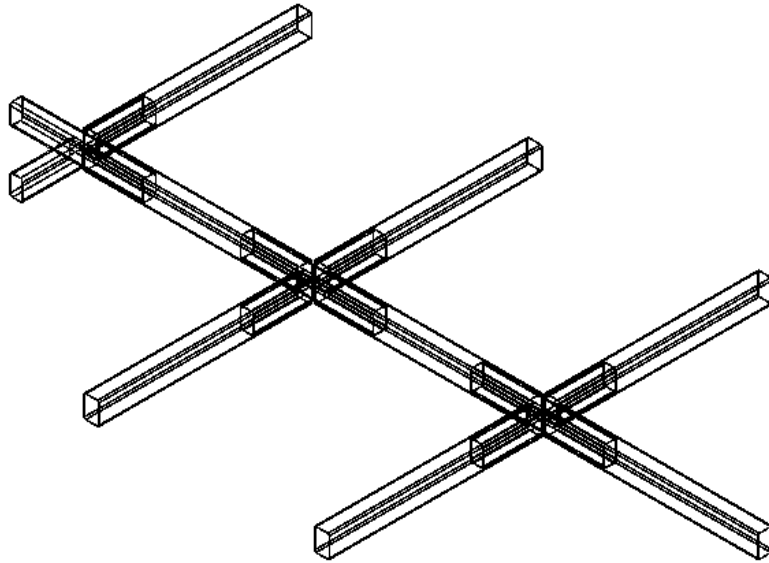
Mye av tiden ble brukt til å være kreative og finne muligheter som gjør at de forskjellige delene lar seg lage i virkeligheten. Det er en omstilling en må gjøre fra bare tegne på frihånd og tilpasse deler og konstruksjoner i SolidWorks, til å måtte tegne på en måte som gjør at delene lar seg produsere og i tillegg skal være lette å lage.

Gulvet er basert på det samme prinsippet som i rammeverket rundt. Det er designet med rektangulære aluminiumprofiler. På grunn av kravet om at hver lengde ikke kan være lengre enn 3000mm kan det ikke bli dratt profiler fra den ene siden til den andre. Løsningen ble da et skjøtepunkt.(Fig 17)



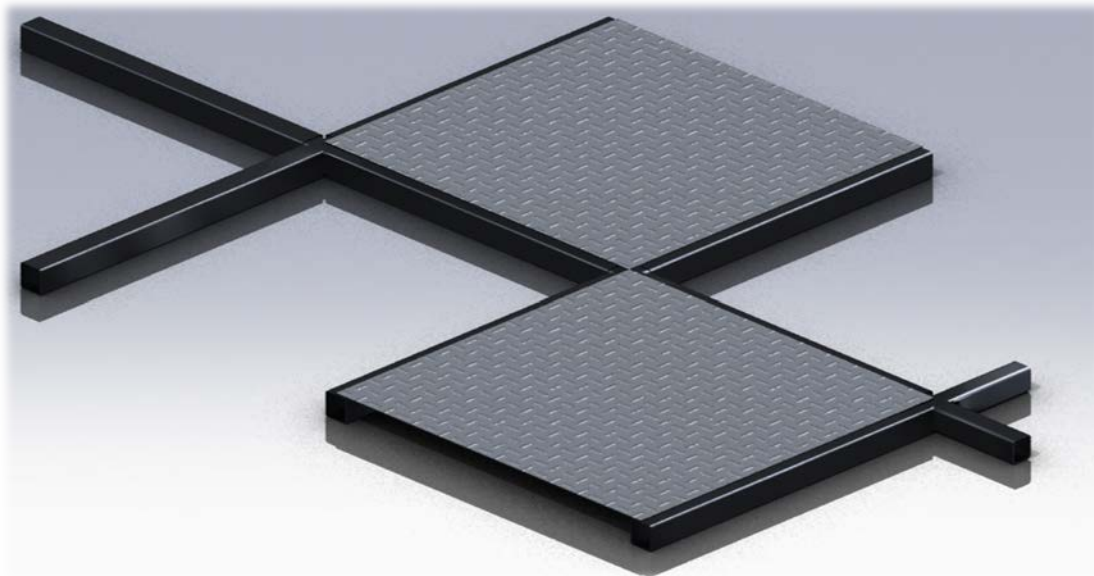
Figur 17 - Gulvkryss

En ide var å benytte profiler som går fra kortsida til kortsida av brohuset. Disse må da skjøtes. Dette ville spart oss for en del deler, men til gjengjeld vil det kreve at gulvplatene er stivere enn de trenger å være. Det fordi dersom en kan bruke bjelker fra kortsida til kortsida og fra langsida til langsida vil platene få et underlag å ligge på, på alle fire sidene. Resultatet er tynnere plater, som igjen gir lavere pris og mindre vekt. Det vil også være mer stabilt grunnet underlag på alle kanter.



Figur 18 - Gulv eksempel

Skjøtepunktet som fester profilene sammen vil bli plassert der hvor gulvprofilene fra kortsidene og gulvprofilene fra langsiden møtes. Disse går ut fra der hvor bjelkene til veggene og taket er plassert (Fig18). Hvordan hele gulvet skal bli satt sammen er området det jobbes med. Det går helt fint del for del, inntil det skal settes sammen til et gulv. Da blir det vanskelig å få til på grunn av delene går inn i hverandre før de kommer på det stedet de skal være. Det jobbes med en løsning på dette. (Fig 19)



Figur 19 - Gulvplater

Gulvplatene er 1180x1180mm, 7mm tykke.

8.2.1 Fordeler og ulemper

Fordeler	Ulemper
Robust – tåler 1500kg (Se Beregninger)	Tungt – Kun delene vist på bildet over veier 115Kg
Mange like deler	Delene er ikke nødvendigvis hylleware verden rundt. Tenker særlig da på kryssfestene og festene i ramma rundt.
Konseptet er enkelt og forståelig. Trengs lite utstyr for å settes sammen.	Demontering kan bli vanskelig grunnet deformasjon av aluminiumprofilene som bærer gulvet.
Holdes på plass ved hjelp av bolter.	Kryssfester / vinkelbein som holder sammen rammen, og er festeordning til gulvet må bli spesiallaget.

8.2.2 Konklusjon gulv

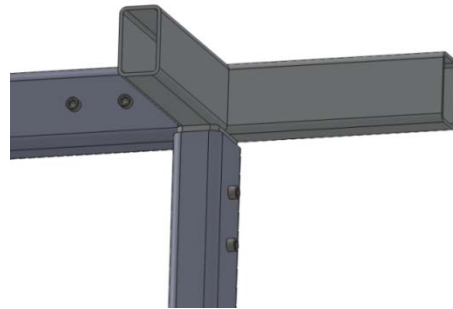
Gulvkonseptet er enkelt. Består av mange like deler og er svært så robust. Måten det blir satt sammen på må jobbes videre med. Det er antydninger til at i monteringsfasen så byr dette konseptet, slik det er i dag, på problemer i sammenstillingen. I starten fungerer konseptet helt fint og du får satt i sammen 2-3-4 kryss med profiler. Når du videre skal bruke dette til å danne et komplett gulv vil delene etter hvert gå inni hverandre etter som man setter de sammen, og til slutt så får man ikke bygd mer. Mulig det finnes en enkel løsning, det jobbes med saken også utover i neste runde. Også en faktor er at under stor punktbelastning vil aluminiumprofilene kunne bli deformerte og kile seg fast i hverandre. Dette vil ikke være noe problem der og da, men under demontering eller vedlikehold er dette uønsket.

Den største utfordringen videre med gulvet er å tilfredsstille kravet på ingen deler lengre enn 3000mm, altså må det lages et skjøtepunkt eller noe lignende.

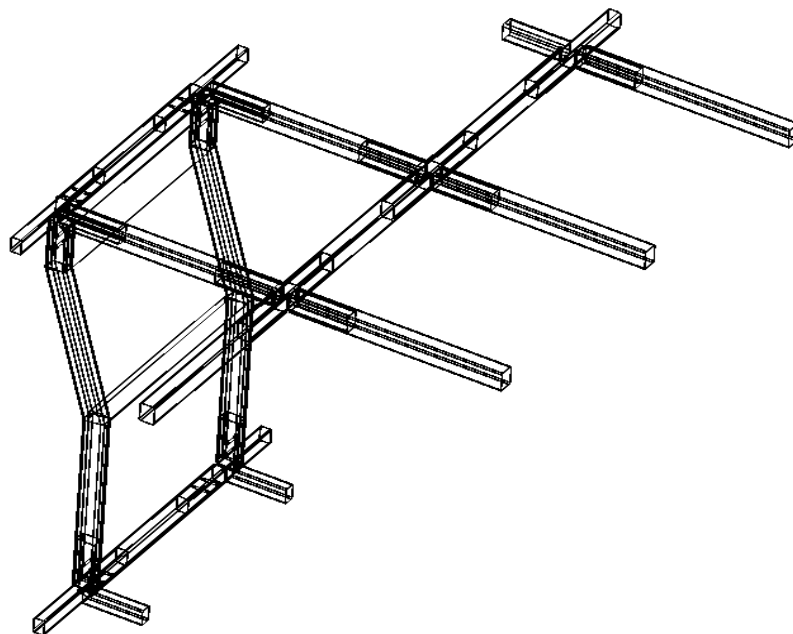
8.3 Tak

Taket er blitt en del nedprioritert ettersom fokuset har vært mest på rammen rundt, gulv og vegg /vindu. Det smarte, og det som blir tatt med videre, er profilen som går ifra gulv til tak. Denne profilen skal være med på å bære taket og gjøre festeanordningen så enkel som mulig.

Til tak har resultatet blitt å benytte samme prinsipp som med gulvet, men ikke benyttet like massive profiler. Rektangulære profiler som har et mindre tverrsnitt areal er ønskelig å benytte. Bildene under illustrerer hvordan det er tenkt at taket blir seende ut.(Fig 21 og 22)



Figur 20 - Tak eksempel



Figur 21 – Tak eksempel

8.3.1 Fordeler og ulemper

Fordeler	Ulemper
Trenger ikke tåle mye – maksimalt 500kg på utsatte steder, for eksempel monteringsplasser / vedlikehold.	Kan ikke benytte sveising.
Aluflex systemer kommer med mulige festemetoder. (Se Runde 2)	Kan ikke benytte lengder på mer enn 3000mm
	Skjøting er vanskelig, grunnet styrkeberegninger. Skjøten vil bli takets svake punkt. Dette er noe det er fokus på og jobbes med.

8.3.2 Konklusjon tak

Taket er den delen av skipsbrohuset det er grublet mye på. Det er et spenn på ca 6000 x 5000mm, der ingen lengder kan være mer enn 3000mm. Det kan ikke sette opp bæring på gulvarealet av brohuset. Dette sees på som en utfordring. Her er det benyttet mye av samme design og teknikk som for gulvet.

9. Sammenstilling

Under sammenstillingen benyttes det ulike teknikker. Noen deler er blitt laget som individuelle “parts” og deretter satt inn i en “assembly” (sammenstilling) når flere moduler skal settes sammen. Det er noe som har fungert bra grunnet gode forberedelser som har gitt faste mål og rammer og forholde oss til.

En utfordring var hvordan få disse faste målene og få til mest mulig like mål slik at det kan benyttes mest mulig like deler. Samtidig skal dette stemme overens med kravene til størrelse og utforming av brohuset (ref kravspesifikasjon). Det enkleste, siden arbeidet foregår i Runde 1, og ikke har fått så stort overblikk ennå, var å bestemme et rektangulært konsept. Dette konseptet har ikke fått hjørner ennå, det kommer senere. Med måleverktøy i SolidWorks er det veldig greit å forholde seg til om kravene i kravspesifikasjonen blir overholdt. Dette samkjøres med testspesifikasjonen gjennom hele prosessen.

9.1 Festeordninger

Det benyttes følgende festeordninger:

- M12 unbrako bolter og mutrer.
- Material: 316 Stainless Steel, syrefast (A4)

Festeordninger er lagt lite vekt på i 1. Runde. Følgelig er tankene fokusert på hvor deler skal festes og at det skal være praktisk gjennomførbart, men ikke hvilke konkrete festningsmetoder som skal benyttes. Dette er ikke kritisk for verken prosjekt eller resultat på dette tidlige stadiet, men kommer til å gå inn på dette noe i Runde 2, mer i Runde 3 og mest i Fase 4. Fase 4 er den avsluttende fasen der vi gjennomgår og videreutvikler vår endelige løsning eller løsninger.

10.Konklusjon – Runde 1

Dette er et aluminiumskonsept som er veldig robust. Det krever en del mekanisk arbeid fra leverandør og noe tilpasning. Med jobbingen underveis viser det seg at det er deler som må forandres på. Ideer som er ønskelige å utvikle videre tas med til de neste rundene.

Ideer som blir med videre:

- **Vegger/vindu:**
 - Veggprofilens størrelse og form. (fig 13). Tar med denne da den stemmer overens med kravspesifikasjonen.
 - Størrelsen på vinduet (b1100xh900) Dette er også i henhold til kravspesifikasjonen.
 - Avstivningen på tynnplatene som også fungerer som vinduskarm var smart og det er ønskelig å bruke dette også i neste runde.

- **Gulv:**
 - Bygge det opp av mange like deler for å gjøre det så anvendelig som mulig.

- **Tak:**
 - Ingen på nåværende tidspunkt, men konseptet er basert på det samme som gulvet. Dette er en utfordring, pga skjøtingen som må være med grunnet krav på maks lengde på 3000mm.

Det er laget en deleliste⁴ som tar for seg materialkostnader for Konsept 1. Generelt er konklusjonen om pris og vekt at dette konseptet er noe dyrt og noe tungt.

Allerede tidlig i Runde 1 viste det seg fort at kunnskapene i SolidWorks var noe mangelfulle med tanke på dette prosjektet. Dette ble løst med Solid Professor, et interaktivt læringsprogram, mye prøving og feiling, samt hentet en del kunnskap fra internett og via "tutorials." Det er ingen tvil om at dette har vært til stor hjelp fremover og all modellering vil gå mye enklere, og det har dannet seg en generelt bedre forståelse.

⁴ Vedlegg 11 - Deleliste

11.Vedlegg - Deleliste

Beskrivelse	Ant.	Størrelse	Tot. lengde	Vekt	Materiale	Ca pris
Veggprofil	18	120x80x4.5mm	45m	202kg	5058	9696kr
Hjørnekryss	36	110x70x5mm	43m	172kg	5058	8256kr
Rettprofil	36	120x80x4.5mm	42m	189kg	5058	9072kr
Gulvkryss	9	110x70x5mm	10m	40kg	5058	1920kr
Gulv profil	24	120x80x4.5mm	28m	126kg	5058	6048kr
Tak kryss	9	110x70x5mm	10m	40kg	5058	1920kr
Tak profil lang	12	120x80x4.5mm	18m	81kg	5058	3888kr
Tak profil kort	12	120x80x4.5mm	14m	63kg	5058	3024kr
Tynnplate gulv	16	1180x1180x7mm	22m ²	422kg	5052	14770kr
Tynnplate tak	20	1180x1180x3,5mm	26m ²	265kg	5058	9275kr
Tynnplate vegg bunn	18	1100x1180x3.5mm	23m ²	237kg	5058	8295kr
Tynnplate vegg topp	18	300x1180x3.5mm	6.5m ²	67kg	5058	3015kr
M12 syrefast bolt	250	M12 x90mm A4	x	x	316 stål	6750kr
Selvborende skruer	500	M4x25mm	x	x	316 stål	1000kr

12.Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper

Aluminium 7079		
Thermal Conductivity	121.10	W/m C
Density	2740	kg/m ³
Elastic modulus	7.172E+10	Pa
Heat capacity	963.00	J/kg C
Poisson's ratio in XY	0,3300	N/A
Thermal expansion coefficient	24.66	microns/m C
Tensile strength	570	Mpa
Yield strength	505	MPa

- 7079-T6 betyr at materialet er varmebehandlet og herdet.
- Dersom aluminiumsoverflaten er fersk og den utsettes for luft dannes et tynt (1mm) lag av oksidfilm. Denne "filmen" er ekstremt effektiv til å hindre at aluminium korroderer.

13.Vedlegg – Prosjektplan

[-] Hovedoppgave 2011	206 days	Mon 16.08.10	Fri 10.06.11
+ Undervisning	12 days	Mon 16.08.10	Tue 31.08.10
+ Oppstart	47,38 days	Wed 01.09.10	Fri 05.11.10
+ Dokumentasjon	136 days	Fri 05.11.10	Thu 26.05.11
+ Presentasjoner	117 days	Tue 21.12.10	Mon 06.06.11
+ Møter	104 days	Mon 10.01.11	Thu 02.06.11
[-] Fase 1-3 Runde 1	25 days	Mon 17.01.11	Fri 18.02.11
[-] Fase 1	7 days	Mon 17.01.11	Tue 25.01.11
Idemyldring	5 days	Mon 17.01.11	Fri 21.01.11
Utvikle kravspesifikasjone	2 days	Mon 24.01.11	Tue 25.01.11
[-] Fase 2	1 day	Wed 26.01.11	Wed 26.01.11
Valg av løsninger	1 day	Wed 26.01.11	Wed 26.01.11
[-] Fase 3	17 days	Thu 27.01.11	Fri 18.02.11
Konstruksjon av vegger	6 days	Thu 27.01.11	Thu 03.02.11
Konstruksjon av tak	11 days	Tue 01.02.11	Tue 15.02.11
Konstruksjon gulv	10 days	Tue 01.02.11	Mon 14.02.11
Beregninger	6 days	Thu 10.02.11	Thu 17.02.11
Assembly	3 days	Wed 16.02.11	Fri 18.02.11
Kostnadsoversikt	1 day	Fri 18.02.11	Fri 18.02.11
+ Fase 1-3 Runde 2	14 days	Mon 21.02.11	Thu 10.03.11
+ Fase 1-3 Runde 3	16 days	Fri 11.03.11	Fri 01.04.11
+ Eksamensperiode	20 days	Mon 21.03.11	Fri 15.04.11

Konseptdokument: Runde 2

*Dette er det andre av tre Konseptdokument og tar for seg
Runde 2 av prosjekt "Skipsbrohus" for Kongsberg Maritime.
Det tar for seg noen av ideene fra Runde 1, samt nye løsninger*

1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	23.02.11	Satt sammen
1.1	17.03.11	La til gulv/tak
1.2	23.03.11	Skrev om kravspesifikasjonen
1.3	28.03.11	Diverse visuelle endringer i dokumentet.
1.4	4.04.11	La til mer konkrete detaljer om Aluflex delen.
1.5	8.04.11	La til bilder til Aluflex
1.6	9.04.11	Skreiv teoridel og la til ligningsbaser vs konfigurasjon.
1.7	10.04.11	Tilsatt beregninger og satt navn på bilder
1.8	11.04.11	Satt inn flere bilder
1.9	21.05.11	Rettskriving

2. Innledning

Dette dokumentet er et innblikk i Runde 2. Den er mer omfattende enn Runde 1 i form av mer tid satt av i prosjektplanen og arbeid utført på produktutvikling. Det er ikke blitt brukt like mye tid på organisering av arbeidsmetoder. Gruppen har allerede jobbet sammen som et team siden semesterstart og er blitt mer effektive som en følge av dette.

Den tilegnede kunnskap fra forrige runde står til grunn når arbeidet med nye ideer og prototyper tar til i Runde 2. Dette medfører at det legges mer fokus på utførelsen av nye prototyper, videre tilegning av kunnskap i Solidworks og produksjonsmetoder. Nye problemstillinger og nye deler av kravspesifikasjonen kan også gripes tak i ettersom prosjektet modnes og vår kunnskap øker.

I Runde 2 er det hovedsakelig to konsepter som er jobbet med parallelt. Det ene er Aluflex systemet. Et omfattende byggesystem som er utviklet av Aluflex Systems AS¹. Her kan man lage avanserte strukturer av byggesett bestående av aluminiumprofiler og tynnplater i ulik form og størrelse. Samtidig jobbes det parallelt med et eget konsept, ettersom det ikke er ønskelig å bli låst til ett konsept tidlig i prosjektet. Skulle Aluflex systemet ikke strekke til i forhold til kravene i kravspesifikasjonen finnes det alternativer som likevel jobbes med.

¹ <http://www.aluflex.no/>

Innhold

1. Dokumenthistorie.....	1
2. Innledning.....	1
3. Planlegging	4
4. Teori – bakgrunn og tilegnelse	6
4.1 Krav og Testspesifikasjon.....	7
4.2 Materialvalg.....	8
4.2.1 Aluminiumlegeringer	8
4.2.2 Syrefaste bolter, skiver og mutrer.....	8
5. Konsept 1 - Aluflex Systemer.....	9
5.1 Deler og festeanordninger	10
5.2 Aluflex – Vegger / vindu	12
5.3 Aluflex -Hjørne.....	14
5.4 Aluflex – Gulv og hjørner	15
5.5 Aluflex – Tak	16
5.6 Sammenstilling	16
5.7 Aluflex - Konklusjon	17
6. Ligningsbasert VS konfigurasjoner	18
6.1 Fordeler og ulemper.....	19
6.2 Konklusjon	19
7. Konsept 2 – Eget konsept.....	20
7.1 Gulv.....	20
7.1.1 Gulv - Festeanordninger	20
7.1.2 Utvikling.....	21
7.1.3 Gulvkonsept – Konfigurasjon 1.....	22
7.1.4 Gulvkonsept – Konfigurasjon 2.....	23
7.1.5 Gulvkonsept – Konfigurasjon 3.....	24
7.2 Gulv, plater, ideer og konsepter.....	26
7.3 Konklusjon	31
7.4 Tak	32

7.4.1	Fordeler og ulemper	33
8.	Sammenstilling	34
8.1	Festeanordninger	34
9.	Beregninger	35
9.1	Gulv.....	35
9.2	Tak	36
9.3	Oppsummering:.....	37
9.4	Resultater:	37
9.5	Konklusjon	37
10.	Konklusjon	38
10.1	Aluflex.....	38
10.2	Eget konsept.....	38
11.	Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper	39
12.	Vedlegg – Prosjektplan	39

3. Planlegging

Det er alltid fristende å hive seg på oppgaven og begynne rett på utførelse og problemløsning. Dårlig eller lite planlegging fører til en prøve og feile metode, da kan man miste grepet på sluttproduktet. Dette kan bli dyrt i form av tap av dyrebar tid. Det er derfor viktig med fokus på en god planleggingsprosess der kravspesifikasjon og den overordnede problemstillingen styrer valgene.

Med dette i tankene har prosjektmodellen vår vært rundebasert, der det etter hver runde har forsøkt og til dels å frigjøre oss fra tidligere konsepter som har blitt utviklet. Hensikten har vært å kunne tenke nyskapende, og ikke kjøre seg fast i et spor tidlig i designfasen. Samtidig blir alle nyttige erfaringer tatt med videre. Begynnelsen av hver runde starter med en planleggingsfase, som i prosjektplanen er kalt idemyldringsfasen. Der gjennomgås oppdragsgivers krav, kundens behov og hvordan best mulig å imøtekomme dette med et produkt som er gjennomførbart.

I Runde 2 består planleggingsfasen av å skaffe oversikt over Runde 1 og samle trådene derfra. Hensikten er å se om det er ønskelig å ta med elementer videre og finne ut hva som kan forkastes. Det er fortsatt tidlig i prosjektet og det er på dette stadiet fokus i gruppa på å være nytenkende og produsere flere ideer. Det er et ønske fra Kongsberg Maritime at det skal vises frem mange alternativer underveis i prosjektets gang. Tanken er at sluttproduktet blir satt sammen av elementer fra vellykkede løsninger fra flere prototyper og at det kan komme frem enkelte gode løsninger som ikke er tenkt på før, siden vi kommer fra utsiden og ser prosjektet med nye øyne.

Prototypen fra Runde 1 er i all hovedsak forkastet grunnet alle delene som må spesiallages, og det blir som tidligere nevnt, arbeidet ut ifra at to ulike prototyper skal gjennomføres i løpet av denne runden. Disse prototypene vil settes sammen som fullstendige brohus med så mange av kravspesifikasjonene implementert som mulig. Tanken er at det skal vises frem produkter til Kongsberg Maritime etter endt Runde 2. Produktene kan ha flere ulike løsninger av sammensetting av modulene, ulike utforminger av tak og gulv osv. Etter å ha presentert prototypene, og tilbakemelding fra Kongsberg Maritime er gitt, vil målet være å snevre inn på færre alternative løsninger i runde 3.

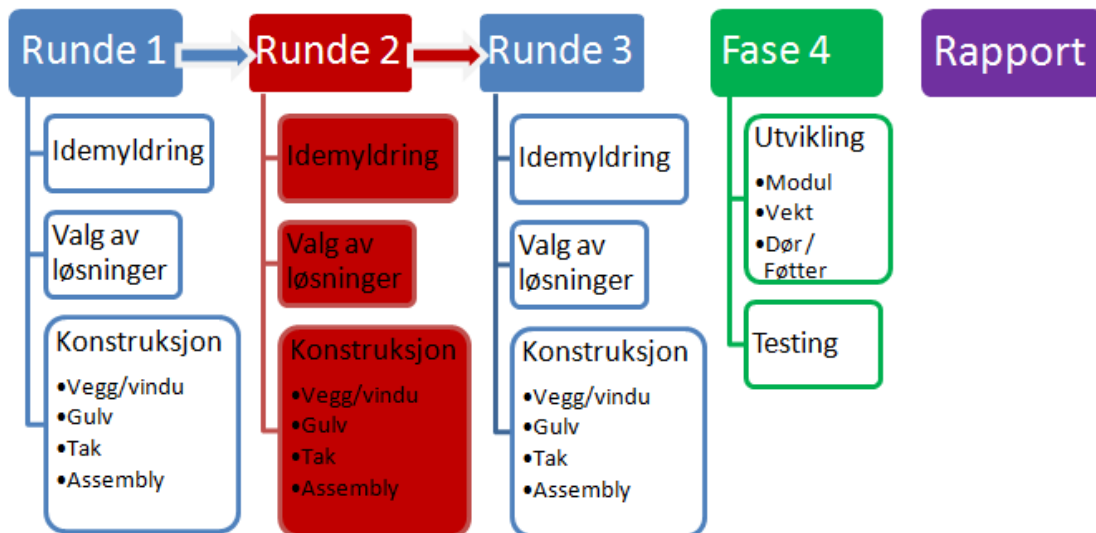
Det er lagt mindre arbeid ned i organisering av gruppa. Det fungerer på dette stadiet godt med deling og samarbeid av ulike arbeidsoppgaver. Prosjektplanen oppdateres og benyttes som et kritisk verktøy for å holde øyet på målet og for oppdeling av arbeidsoppgaver. Det er blitt mer fokus på dokumentering av valg og problemer som tidligere i Runde 1 ble ansett som selvfølgelige eller trivielle.

Det er flere viktige argumenter for valg som er tatt i løpet av konstruksjonsprosessen som kan gå tapt dersom kontinuerlig dokumentering ikke foregår. Alle i gruppa er enige om å dokumentere også mindre problemer som dukker opp. Alle møter og større avgjørelser er fra

før av dokumentert. Dette er også viktig for Kongsberg Maritime, dersom endringer eller alternative produkter skal utføres, kan de få en god oversikt over valgene som er tatt og hvorfor, dette kan spare tid, penger og ikke minst en hel del unødvendig jobb.

Planleggingsverktøy i Runde 2:

- Microsoft Project
- Dropbox
- Google wave



Figur 1 - Prosjektoversikt

Forklaring av Figur 1:

- Rød: Hvor vi er i stadiet nå. Tar for seg dette dokumentet.
- Blå: Viser runder som er ferdige og kommende runder.
- Grønn: Viser neste fase. Her er alle 3 rundene avsluttet og prosjektet går inn i utvikling av det endelige konseptet eller konseptene.
- Lilla: Sluttrapport

Runde 1:

- Avsluttet

Runde 2:

- Strekker seg ifra 21.02 – 10.03-2011.²

² Se vedlegg 12 for mer informasjon om prosjektplanen

Runde 3:

- Ikke påbegynt

Fase 4: (Avslutningsfase)

- Vil ikke bli dekt av noen av Konseptdokumentene, er kun med for å illustrere den videre gangen i prosessen etter de 3 rundene er over. Fase 4 tar for seg videreutvikling av ett eller flere mer eller mindre ferdige konsepter.

Rapport:

- Sluttrapporten samles det stoff til under hele prosessen.

4. Teori – bakgrunn og tilegnelse

Oversikt over teori og verktøy benyttet i utførelsen av Runde 2.

- SolidWorks
- SolidProfessor³
- FEM analyser
- Tilvirkningsteknikk og Materialteknologi
- Konstruksjonsteknikk
- System Design

I utførelsen av Runde 2 ligger mye av samme teorien til grunn som forrige runde, men det er nye problemer som skal løses, og behovet for videre kunnskap i SolidWorks, FEM analyse og tilvirkningsteknikk har stått i sentrum.

I SolidWorks er utfordringene mange. Nivået i gruppa er blitt høyere og deler av utviklingen av nye prototyper går raskere etter Runde 1. Likevel dukker det stadig opp nye problemstillinger ettersom kravspesifikasjonen stadig blir mer implementert inn i produktet. SolidProfessor benyttes stadig, samt egen prøving og feiling.

En ny utfordring er at brohuset skal være justerbart i følge kravspesifikasjonen, dette blir satt fokus på i denne runden. Det må opparbeides kunnskap om hvordan man skal kunne ha enten et antall ferdige konfigurasjoner av skipsbrohuset i ulike størrelser, eller ha muligheten til å kunne strekke ut modellen vår i ulike retninger ved hjelp av ligninger. Noe som vil se bedre ut, men er mer komplisert å gjennomføre.

³ www.solidprofessor.com

Aluflex systemet krever også nye kunnskaper. Prinsippene og egenskapene til systemet må læres. Det vil bli tatt kontakt med Aluflex-produzenten, i tillegg til at egen læring ved hjelp av tidligere pensum i tilvirkningsteknikk, materialteknologi og konstruksjonsteknikk vil bli benyttet.

Det skal utføres styrkeberegninger i FEM av Aluflex bjelkene og av sammensatte enheter, da det i denne runden jobbes mer med krav til de fysiske egenskapene som er beskrevet i kravspesifikasjon. Det vil bli nye utfordringer og krav til ny kunnskap i FEM ettersom delene som testes blir mer avanserte.

4.1 Krav og Testspesifikasjon

I kravspesifikasjonen er det krav fra Kongsberg Maritime (KM) som skal følges (A-krav). Det er ikke alle disse kravene er tatt hensyn til ennå. Nå i Runde 2 vil det bli utviklet 2 konsepter som bygger på grovheten i konstruksjonen. Det er ikke gått i dybden i detaljer av konstruksjonen i denne runden.

Refererer til kravspesifikasjonen for mer informasjon om hvert enkelt krav.

Prioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 2:

- Grove beregninger (FEM)
- Størrelse på brohuset innvendig (4500mmx5500mmx2300mm) (lxbxh)
- At brohuset deles inn i moduler. Ingen lengre enn 3000mm
- Materialet er aluminiumlegering 7079
- Ingen sveising tillatt for å sette sammen modulene
- Krav til synsvinkel, dødvinkler og størrelse på vinduer og vindussprosses.

Nedprioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 2:

- Dør (Inngang)
- Justerbare føtter
- Festeordninger (bolter osv)
- At kabler ikke skal være mer synlig enn nødvendig.

Testing av kravene har foregått fortløpende underveis og blir oftest gjort med måleverktøy i SolidWorks. Krav som ikke lar seg teste i SolidWorks har bedrifter gitt svar på, lest i oppslagsverk og dokumenter (DNV) og rådført med ekstern veileder Jon Kjell Sandberg hos Kongsberg Maritime.

4.2 Materialvalg

Her legges frem tekniske data om materialene som blir benyttet til konstruksjonen. Noen av materialtypene er et krav ifra oppdragsgiver (Kongsberg Maritime), mens andre materialer kan være løsninger gruppen har kommet frem til selv.

4.2.1 Aluminiumlegeringer

- Veier en tredjedel av jern, og i ren form er aluminium mykt og har lav styrke.
- 7xxx serien har Sink som hovedelement og når du tilsetter små deler av magnesium blir resultatet en legering som er veldig sterk og mulig å varmebehandle.
- 7079 legeringen har høyere flytegrense enn andre aluminiumslegeringer, har gode mekaniske egenskaper og blir brukt der det er kritisk at delene holder lav vekt.
- Blir benyttet i flyindustri, mobile enheter og til hydrauliske enheter.

⁴Aluminium er et meget gunstig materiale i vår konstruksjon grunnet at det er lett og korrosjonsbestandig. Ut ifra krav i offshore, gitt av DNV, skal det benyttes til denne type prosjekt aluminiumslegering 5058, det er derfor også et A-krav ifra Kongsberg Maritime. Denne typen materialer er ikke standardisert i SolidWorks. Det er i samsvar med oppdragsgiver og enighet at det benyttes en legering som heter 7079 eller 7076-T6 som erstatter i SolidWorks for å få korrekte beregningsdata.

4.2.2 Syrefaste bolter, skiver og mutrer

Krav fra oppdragsgiver sier at det skal benyttes syrefaste bolter av typen 316 Stainless steel (A4) til sammenstillingen av brohuset. ⁵Syrefast eller syrebestandig stål er jern som i tillegg til å inneholde karbon, også har en del nikkell og/eller mangan samt andre metaller som molybden, niob og titan. Dette er dyrt stål som er korrosjonsbestandig og som ikke er reaktivt med aluminium

Det er viktig i denne konstruksjonen fordi det er et krav fra Kongsberg Maritime om at det skal benyttes syrefast materiale i kombinasjon med aluminiumlegeringer. Grunnen til dette kravet er at bruk av bolter som ikke er syrefaste kan føre til at boltene ruster under lagring og transport. Det er tatt høyde for at det skal kunne lagres og fraktes i korrosive miljøer som blant annet når det fraktes sjøveien, der er kravet til korrosjonsbestandighet høy. Videre er andre typer bolter, som for eksempel galvaniserte bolter, reaktive i kontakt med aluminium. Det kan føre til at aluminiumskonstruksjonen vokser sammen med boltene. Dette vil gjøre demontering vanskelig.

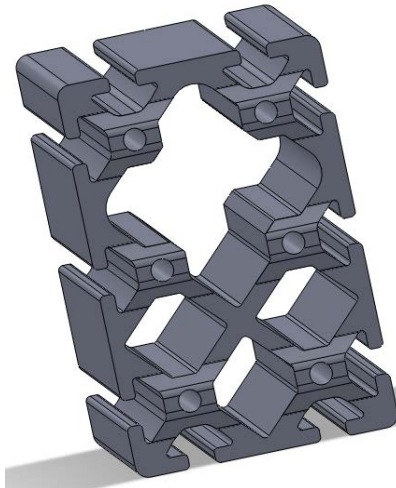
⁴ <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (3.mars 2011) – Vedlegg 12

⁵ http://no.wikipedia.org/wiki/Rustfritt_st%C3%A5l (25.feb 2011)

5. Konsept 1 - Aluflex Systemer

Aluflex Systemer er en underbedrift av tyske Item⁶ og holder til i Jessheim.

Dette er et system bestående av aluminiumprofiler, og tilleggsutstyr til dette, som gjør at det kan settes sammen til en komplett konstruksjon. Kobles opp til et system som gjør at en slipper å ha mange leverandører som må levere deler dersom noe skulle trenge vedlikehold, utskiftninger, endringer osv. (Fig 2)



Figur 2 - Aluflex profil

Det er blitt valgt å gå bort ifra den opprinnelige metoden angående modulene. Det var planlagt å sveise sammen aluminiumprofiler slik at de dannet en modul. Videre var det tenkt å skru disse modulene sammen. Nå jobbes det videre med AluFlex sine profiler. Ved å benytte dette systemet benyttes ingen form for sveising. Alt vil være deler som settes sammen ved hjelp av skruer og løsninger som er standard for dette systemet. Dette er valgt pga mindre kompleksitet og gjør det lettere å skifte ut en del om det skulle være nødvendig. Ved at sveising unngås vil det ikke bli noen drastiske temperaturendringer i aluminiumlegeringen. Rent praktisk med tanke på frakt og lagring vil dette bli forenklet med denne løsningen. De aller fleste delene er rette og ingen overstiger 3000mm.

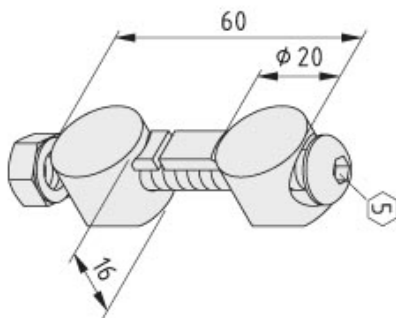
Tidlig i Runde 2 ble det sendt mail og snakket med Aluflex pr telefon om de kunne tilby festeanordninger som var av syrefast materiale. Dette skulle de bringe videre til sine teknikere i Sverige og de skulle komme tilbake til oss med et svar. Dette svaret kom sent i Runde 2 og syrefaste festeanordninger var dessverre ikke mulig pr dags dato. Dette er en av hovedgrunnene til at det også kjøres et eget konsept parallelt.

⁶ <http://www.item24.com/en>

5.1 Deler og festeanordninger

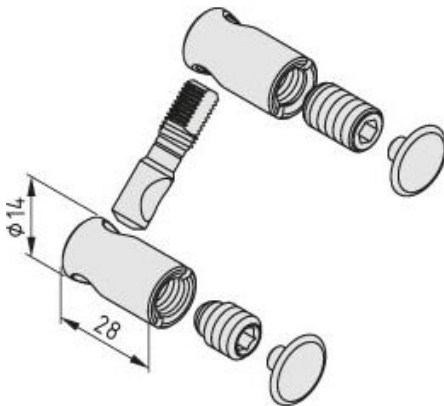
Her følger en oversikt over de delene som trengs for å sette sammen brohuset. Hvilke festeteknikker som er tenkt å benyttes, problemstillinger og løsninger underveis i runde 2. Bildene som følger er hentet fra Aluflex⁷ sine sider.

- **Universal butt fastning set. (Fig 3)**
 - Brukes for å skjøte Aluflex profilene
 - Det borres opp hull i hver profil som beslaget plasseres inni.
 - I 120x80 profilen må det borres 6 hull på hver profil



Figur 3 - Universal butt fastning set

- **Mitre butt fastning set. (Fig 4)**
 - Brukes til å lage vinklede skjøter med Aluflex
 - Det borres opp hull i hver profil som beslaget plasseres inni.

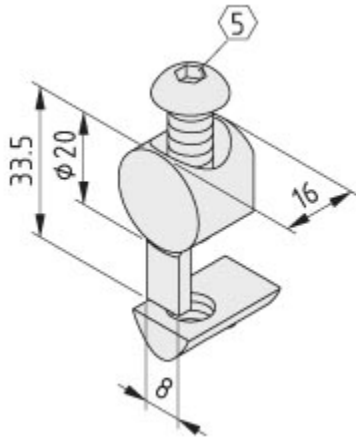


Figur 4 - Mitre butt fastning set

⁷ www.aluflex.no

- **Universal fastning set. (Fig 5)**

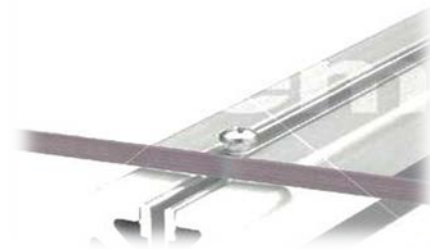
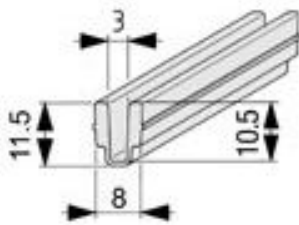
- Brukes til å lage vinkelrette koblinger med Aluflex profiler
- Det borres opp hull i hver profil som beslaget plasseres inni.



Figur 5 - Universal fastning set

- **Screw strip, Al. (Fig 6)**

- Aluminiumlist som tres inn i sporet.
- Gjør at man kan feste plater og lignende til profilen.



Figur 6 - Screw strip, Al

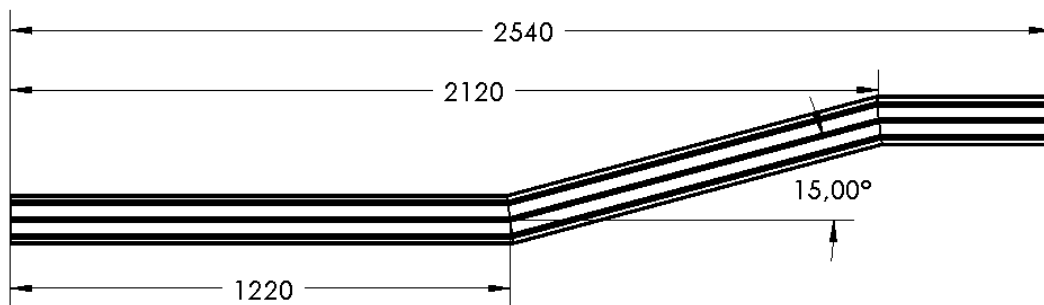
5.2 Aluflex – Vegger / vindu

Det samme konseptet som i slutten av Runde 1 blir benyttet her, men bytter ut den vanlige 120x80 aluminiumprofilen med Aluflex sin 120x80 aluminiumprofil. Den innehar festeanordninger vinkelrett på, kan skjøtes i lengden og kan vinkles i lengden.

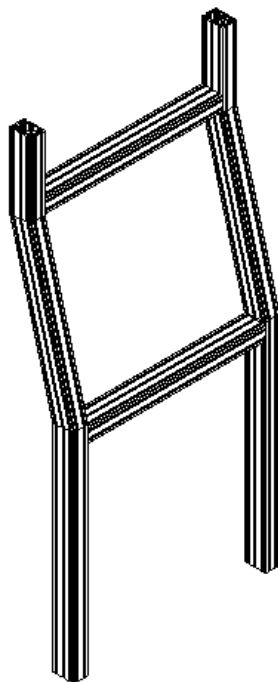
Bjolkene vil stå med 1000mm mellomrom innvendig mål. Og annenhver bjelke vil gå helt opp til taket, mens de resterende vil stoppe under vinduene. På den måten blir vinduene så breie som mulig og opprettholder bæringen, og det blir så mange like deler som mulig.

Disse profilene har spor som kan brukes til å feste tynnplater. Det vil bli satt inn gummilister, eller lignende for å få et fint resultat og for å unngå skarpe kanter i vinduene. Tynnplatene lages med "Sheet Metal" funksjon i Solidworks. Gruppen har besøkt en tynnplatebedrift så det er fokus på regler og begrensninger som finnes.

Selve veggprofilen blir konstruert av 3 deler festet sammen med 4 stk "mitre butt fastning set" i hver vinkelskjøt. Når to slike er laget, fastes de sammen med to stk 1000mm lange profiler ved hjelp av 4 stk "universal fastning set". (Fig 7 og 8)



Figur 7 - Veggprofil



Figur 8 - Sammenstilling av veggprofil

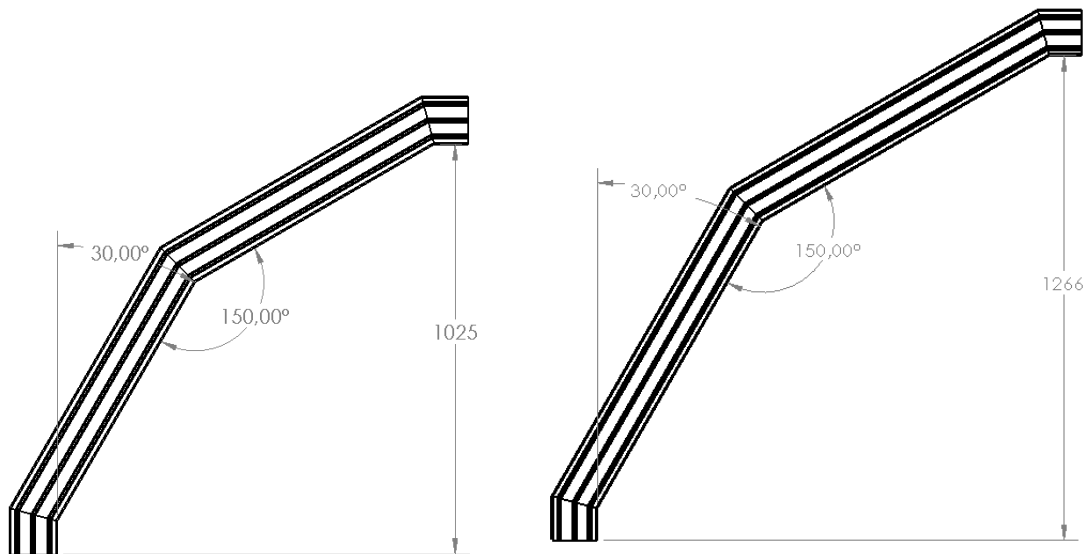
Når dette er gjort tres inn 2 stk "screw strip" inn i hver veggprofil, dermed kan tynnplatene monteres. Resultatet er en komplett veggmodul som er klar til å festes på gulv og tak. (Fig 9).



Figur 9 - Komplette veggmodul

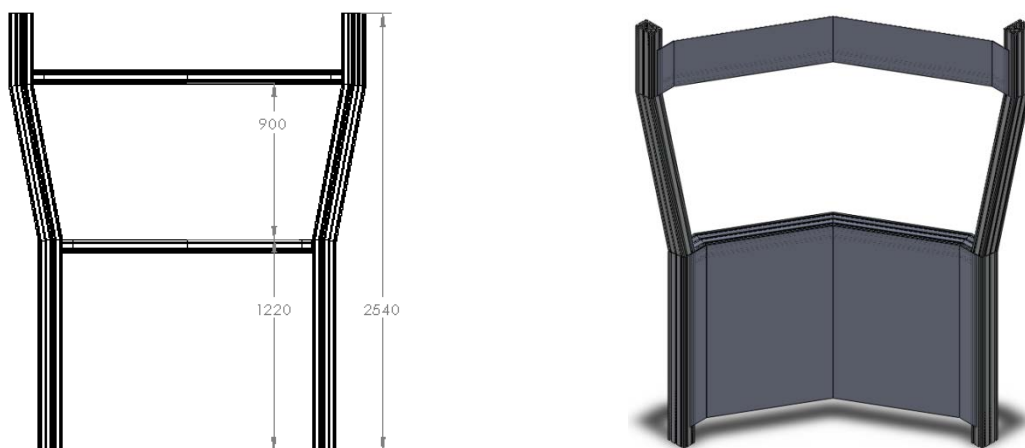
5.3 Aluflex -Hjørne

Brohuset er konstruert symmetrisk. Hjørnene består av en vinkel innover på 30 grader som går over i en ny vinkel på 30 grader. Til sammen ender dette opp i en vinkel på 90 grader (Se fig 10). De blir satt sammen av 4 deler som er kappet med 15 graders vinkel og satt sammen ved hjelp av 12 stk "mitre butt fastning set". Siden brohusets vegger heller utover med 15 grader, fra bunn til topp av vinduet, trengs det to hjørner med ulik størrelse. (Fig 10).



Figur 10 - Hjørneprofil

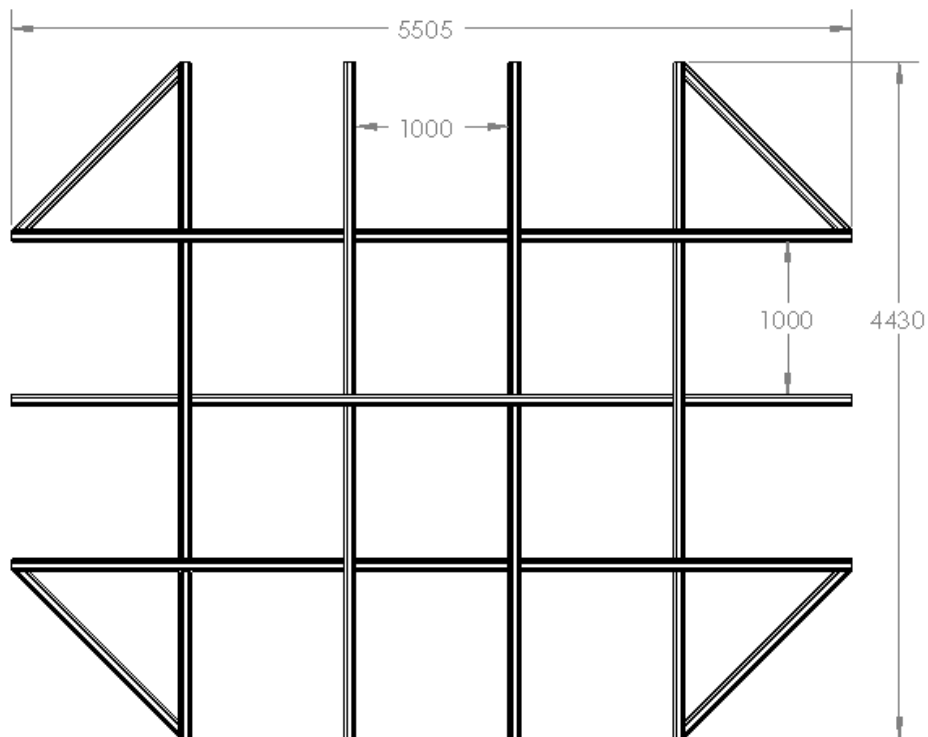
Deretter festes hjørnene på to stk veggprofiler ved hjelp av 16stk "universal fastning set". Så trer man inn "screw strips" inn i veggprofilene og vester på tynnplaten. Og ett hjørne er ferdig bygd opp. (Fig 11)



Figur 11 - Komplette hjørnemodul

5.4 Aluflex – Gulv og hjørner

Her er det valgt å lage rutenett som er kvadratisk med en avstand på 1000x1000mm. Det er for å ha mest mulig like deler. Avstanden mellom hver bjelke som går opp til vindu/tak er på 1000mm. Gulvet er konstruert på en slik måte at de ikke er i strid med kravet om ingen deler lengre enn 3000mm.(Fig 12)



Figur 12 - Gulv oppsett

5.5 Aluflex – Tak

Det er per dags dato ingen realiserbar løsning til takkonstruksjon. Dette er blitt fokusert på, men har vært en stor utfordring under hele prosessen. Ideene er å benytte deler av samme konsept som på gulv. Grunnen til at taket er blitt en så stor utfordring er kravet som sier at ingen deler skal være over 3000mm, derfor har skjøting av aktuelle profiler vært en utfordring. Det er også en utfordring siden det ikke kan benyttes bæring andre steder enn i ytterkantene til brohuset.

5.6 Sammenstilling

For å få satt sammen grunnstrukturen i bunn, rammen rundt og gulvbjelkene, ble det lagd en hjelpesketsj i sammenstillingen i SolidWorks. Sketsjen er en tegning bestående av hjelpelinjer som viser hvordan strukturen ser ut, med korrekte mål og avstander. Disse hjelpelinjene gjør det enklere å se hvor de forskjellige delene blir plassert, og hvordan det ligger an med tanke på avstander i forhold til kravene. Det er også en mulighet og “mate” til disse hjelpelinjene, eller bruke de som referansepunkter. Det å bruke “mates” i SolidWorks vil si at du kobler sammen, fester, partene til hverandre. Når flere parts (deler) mates (festes) sammen danner det igjen en assembly (sammenstilling).(Fig 13)



Figur 13 - Skipsbrohus uten tak

5.7 Aluflex - Konklusjon

Det var uheldig at Aluflex ikke hadde syrefast beslag til sitt system. På grunn av dette må det nå jobbes med å omgå Aluflex sine beslag, og heller konstruere egne festeanordninger. Velger allikevel å vise fordelene og ulempene med systemet:

Fordeler

- Stor fleksibilitet
- Lett å flytte på deler
- Monteringsmuligheter overalt på delene
- Ingen sveising
- Lett å endre plassering av dør
- Alt av kabler, strømledninger osv blir fint skjult innvendig i aluprofilen.
- Montering av tynnplater som vegger er mulig i et antall varianter.
- Eksisterende konsept

Lagringsplass og transport

- Tar liten plass, grunnet små deler
- Lett vekt
- Kan lagres over lang tid uten problem

Vedlikehold:

- Lett å skifte ut deler
- Trengs få verktøy
- Ukomplisert

Ulemper:

- Kan bli dyrt
- Mange deler.
- kan være komplisert/ eller i hvert fall tidkrevende å sette sammen. (kommer an på tegning, kompetanse osv.)
- Forholdsvis tung konstruksjon.
- Ikke syrefaste sammenføyningsmetoder

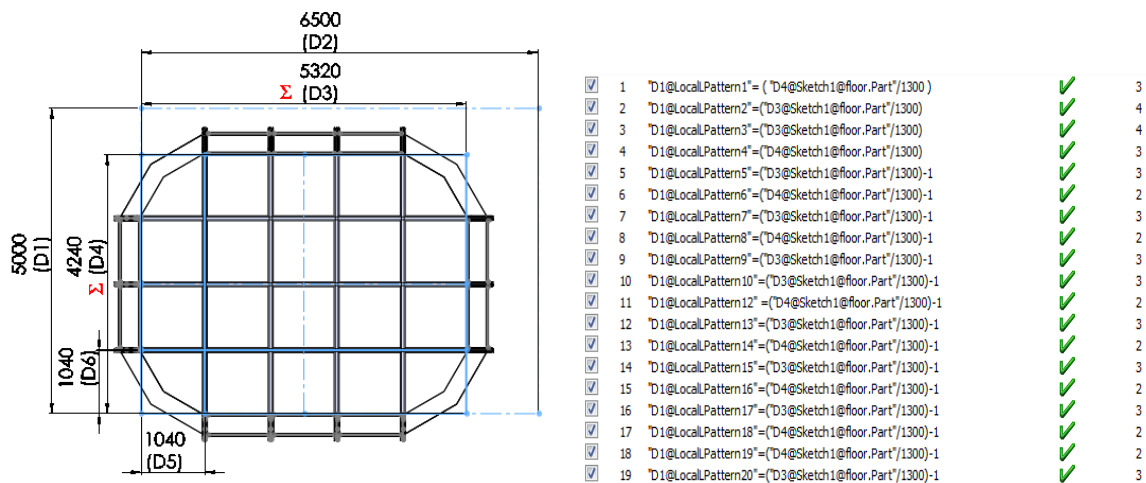
6. Ligningsbasert VS konfigurasjoner

Ved å bruke konfigurasjoner i SolidWorks kan en lage så mange versjoner av en sammenstilling eller del en måtte ønske. Deretter kan du gå inn og tilpasse hver enkelt konfigurasjon slik at en oppnår ønsket form, størrelse eller andre detaljer for hver spesifikke konfigurasjon.

Å bygge opp en modell på ligninger hadde ikke vært noe problem om det er kun hadde vært for en bjelke, men når det er for et helt brohus blir det verre. Dette blir sett på som en lærerik utfordring og håper det vil bidra til et resultat som er enklere og håndtere når det er ferdig.

Konsepter og deler ifra tidligere ideer ble satt sammen til et konsept basert på ligninger. Ligningene skal styre størrelsen på brohuset etter kundens behov og ønske. Kunden angir gulvarealet som er tilgjengelig til skipsbrohuset, deretter plottes arealet inn. Modellen bygger seg så opp til den ideelle størrelsen som holder seg innenfor oppgitt areal. Fig 14.

I eksemplet under er D1 og D2 verdiene som bestemmer arealet som er tilgjengelig for skipsbroen. Det er også lagt med et utdrag fra listen med likninger som brukes til sammenstilling.



Figur 14 - Ligningsbasert Skipsbrohus

Ettersom flere deler ble satt inn og gulv struktur, hjørner og gulvplater skal med, måtte ligningene bli mer avansert, og et større antall. Måten du utvider eller forminsker brohuset på er fortsatt den samme.

6.1 Fordeler og ulemper

Ligningsbasert		Konfigurasjoner	
Fordeler	Ulemper	Fordeler	Ulemper
Lett å endre størrelse	Mange ligninger	Har et visst antall konfigurasjoner	Har en del begrensninger
		God oversikt	

6.2 Konklusjon

Et vanskelig konsept som ikke har noe å si for utfallet av skipsbrohuset generelt. Derimot er det en luksuriøs teknisk bit som gjør det enkelt for nesten hvem som helst å kunne endre størrelsen på brohuset. Det er ikke mulig å endre brohuset med for eksempel 400mm fordi ligningene er laget på den måten at ettersom du utvider brohuset tilpasser det seg automatisk til å legge til en modul. Dette gjør at det tilpasser seg etter realistiske moduler, som er laget og eksisterer.

I dette prosjektet er det mest hensiktsfullt å benytte konfigurasjoner fordi størrelsene varierer innenfor et veldig like område i forhold til det en kan få til ved å benytte ligninger. Det er unødvendig å benytte ligninger i og med at størrelsen på brohuset varierer med pluss/minus en modul, alt etter som kunden ønsker.

7. Konsept 2 – Eget konsept

Siden det var noe usikkerhet om Aluflex kunne levere syrefast beslag til sitt system, er det blitt arbeidet med ett hybrid konsept parallelt med Aluflex systemet. Dette konseptet baserer seg på å lage egne beslag som kan brukes i sammenstillingen av Aluflex sine profiler.

7.1 Gulv

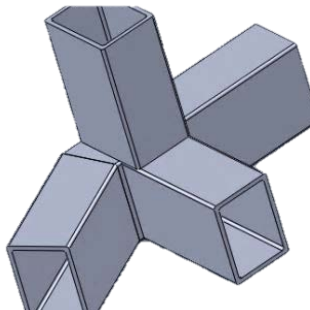
Den kvadratiske delen av gulvet lages av 1000mm aluminiumprofiler med "spor" til festeanordninger på oversiden. Disse festes sammen ved hjelp av en juletre fot, et kryss, som profilene tres innpå. Her vil de bli festet med bolter. Hvert kryss kan ta opptil 4 profiler innover seg. Dette skal styrkeberegnes ved FEM. Det er korte avstander mellom hvert kryss, men det gjør det enklere å utvide gulvet, og gjør det også mer bæredyktig med tanke på at det skal tåle 1500Kg.

Hjørnene på gulvet er hodebry, vi har 2 profiler på 30 grader som til sammen danner 90 grader og lager overgangen fra lengden til bredden på gulvet. Vurderte å ha et bindeledd midt i hjørnet, men det blei ikke noe av. Det ble for vanskelig å få opp en bjelke til bæring. Dette hindrer og utsynet. Isteden ble løsningen å sveise sammen to lengder på 30 grader som til sammen danner 90 grader, og tre disse innpå aluminiumsdeler som er laget for å ha bjelker rundt til rammen innpå seg, og ha bjelker innover mot gulvet. Bjelker ned fra taket blir og festet her.

7.1.1 Gulv - Festeanordninger

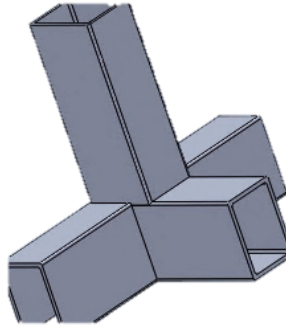
Dette er deler som må lages for å sette sammen gulvet, og for å tilknytte det til veggene og rammen rundt.

Denne delen holder sidene sammen med hjørnebjelkene. Bjelke til vegg kan settes nedpå. Dette gjøres først. Videre blir de andre bjelkene påført delen. (Fig 15)



Figur 15 – Gulvbeslag, hjørne

Denne delen fester sidene på rammen sammen og blir brukt i den kvadratiske delen av gulvet. Profilene blir tredd innpå krysset og festet ved hjelp av (2) bolter. (Fig 16). Juletre foten skjører profilene sammen i rammen rundt konstruksjonen. Profilen fra vegg tres på først og deretter resten. Også her går det en profil inn mot gulvet, som igjen blir koblet på juletre foten. Bolter er festemetode.



Figur 16 - Juletre fot

7.1.2 Utvikling

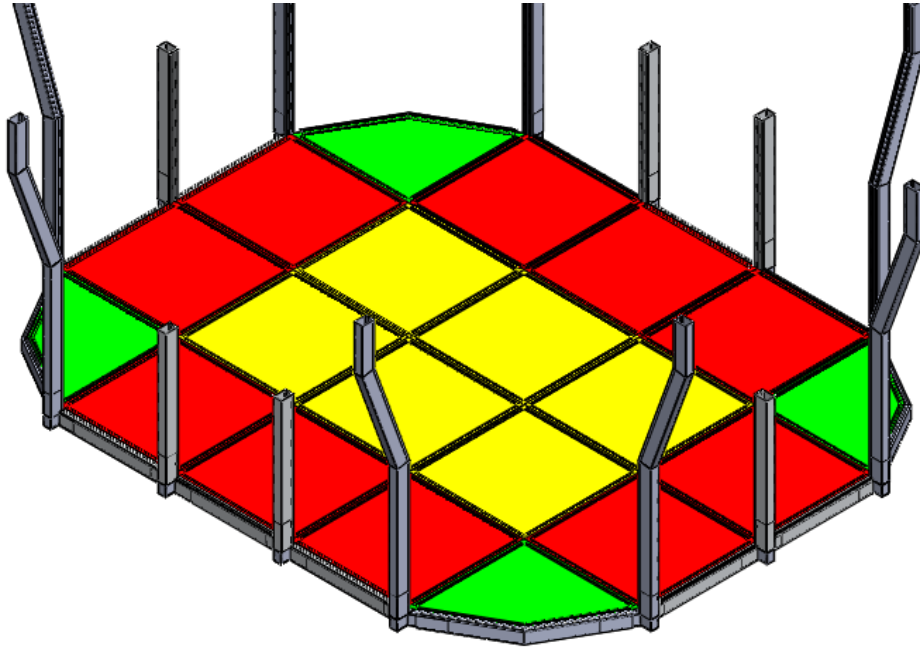
Endrer en del på føttene som holder profilene sammen. Det er for å få golvplatene til å ligge stabilt innpå bjelkene på alle sider. Har tegnet en del konsepter på golv, og det som tar mest tid er valg av riktig løsning. Det er og vanskelig å få til riktig mirrors og ligninger i SolidWorks.

Hvordan feste golvplatene? Det er mulig å bruke bolter og gjenge, men godset som kun er på 5mm er kanskje i tynneste laget til å være i aluminium. Gjennomgående bolter er mulig, men veldig tungvint og dumt. Ser bort ifra dette foreløpig.

7.1.3 Gulvkonsept – Konfigurasjon 1

Her følger et resultat av gulvplater laget ved tynnplatteteknikk med to størrelser.

De grønne platene er hjørnene, og vil være like for alle konfigurasjoner. De røde platene er lengre, grunnet at de trenger noe å ligge på for og tilfredsstillte styrkekravene som er stillt. Antall plater: 10 rektangulære, 6 kvadratiske og 4 hjørner. Til sammen 20 plater. Fig 17.



Figur 17 - Gulvkonsept

Farge	Lengde	Bredde	Tykkelse	Annet
Rød	1080mm	1105mm*	5mm	*Den lengste delen går alltid ut fra ramma.
Gul	1080mm	1080mm	5mm	Kvadratiske området innvendig.
Grønn	1105mm	1105mm	5mm	2 sider på 809mm som danner "trekanten"

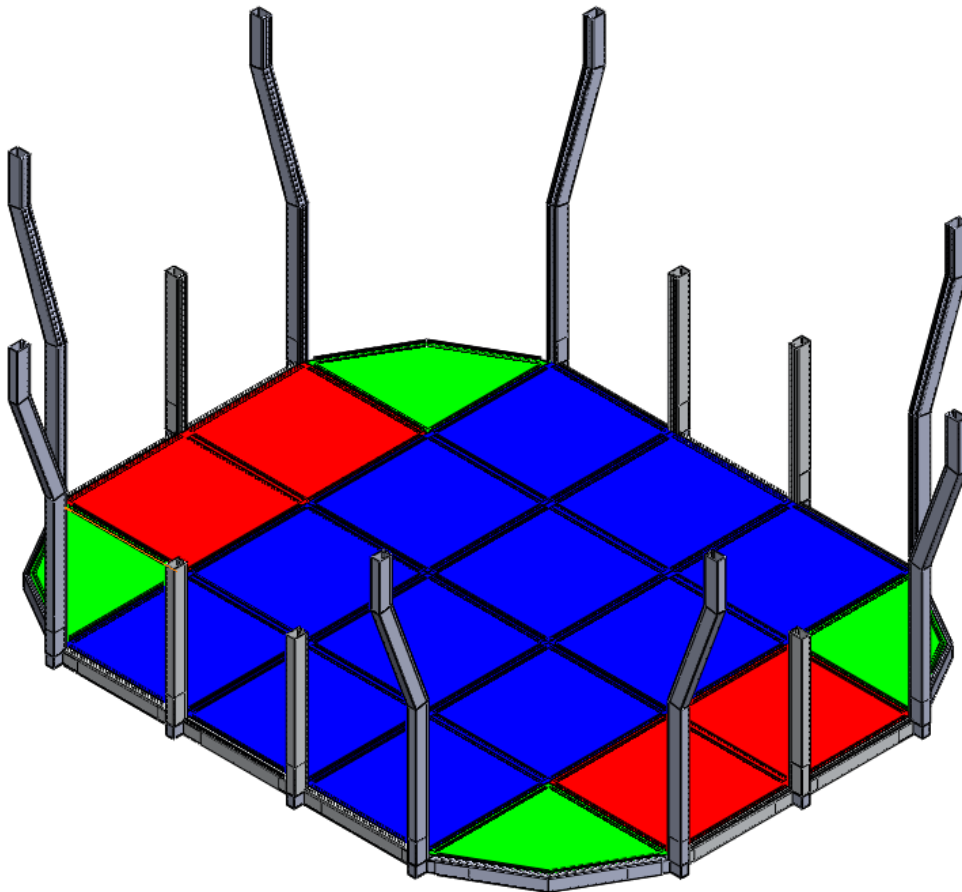
7.1.4 Gulvkonsept – Konfigurasjon 2

Dette er den første konfigurasjonen lagde med plater på ca 1000x1000mm hele veien. Videre er det bestemt at det skal lages større plater. Dette gjør at man får færre plater, færre skjøter og muligens færre fester. Utgangspunkt kommer til å være størrelser på ca 2000x1000mm.

Grunnen til at det ikke benyttes større plater enn dette er fordi kravet på maksimal lengde er 3000mm. Også med tanke på transport i lastebil, konteiner, vekt osv, så vil vi ikke at bredden skal overgå det. På 2000x1000mm er golvplatene lette å frakte rundt for hånd, og man kommer inn så å si overalt.

Figur 19 viser konfigurasjonen med ca 2000x1000mm, golvplater med 5mm tykkelse.

Konseptet er det samme som i konfigurasjon 1. Platene har fortsatt forskjellig størrelse gitt av fargene. Se tabell på siden under for spesifikasjoner. (Fig 18)



Figur 18 - Gulv konsept 2

Farge	Lengde	Bredde	Tykkelse	Annet
Rød	2160mm	1105mm*	5mm	*Går ut i fra ramma.
Blå	2185	1080mm	5mm	
Grønn	1105mm	1105mm	5mm	2 sider på 809mm som danner "trekanten"

7.1.5 Gulvkonsept – Konfigurasjon 3

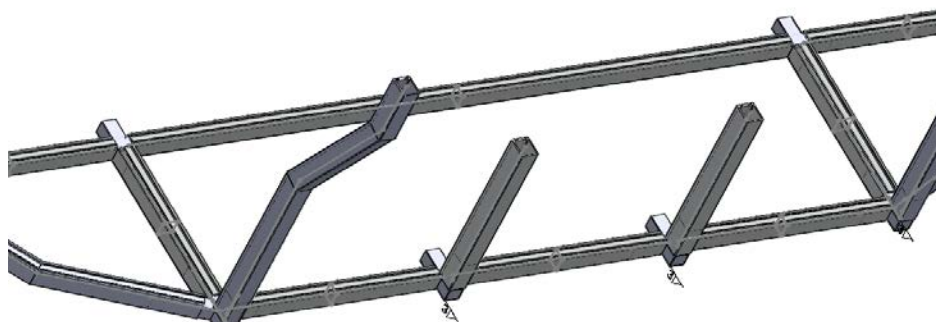
Denne ideen går ut på å benytte lengre bjelker i gulvkonstruksjonen. Ramma rundt er det ingenting å utsette på foreløpig. Ved å bruke lengre bjelker i konstruksjonen får man ned antall deler, og det blir enklere å montere. Det negative er at noen av bjelkene må være 3060mm, noe som overstiger kravet på 3000mm.

Ett problem blir hvordan en skal feste bjelkene som går vinkelrett på den lange bjelken på 3160mm. Det løses automatisk enkelt i endene av den lange bjelken, der denne går inn på et "kryss". (Fig 19 og 20)

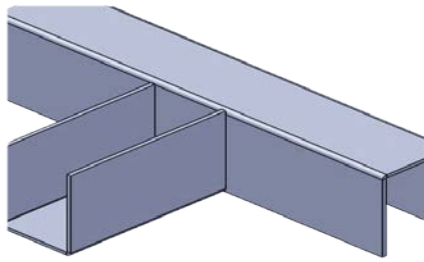
Kryssene møtes fint og bjelkene kobles sammen. Det er to plasser i bilde der det ikke er bjelker, som det skulle vært bjelker. Det er ingen problem å få de festet til ramma, men det er problematisk å feste de til den lange bjelken. Sveising er utelukket, og det er vrient, foreløpig i alle fall, å komme til med bolter.

Mulig løsning:

Ved å lage en del ved hjelp av tynnplatteteknologi kan denne delen tres innpå den lange bjelken. Og når den er rett utenfor der de korte bjelken vil være festet i ramma og stå vinkelrett på den lange bjelken vil det være et spor og legge denne oppi.



Figur 19 - Gulv konsept



Figur 20 - T-beslag

Delen blir tredd på / lagt oppå den lange bjelken og hvor den korte bjelken ifra ramma kommer oppi.

En situasjon som oppstår er at det vil bli en høydeforskjell på 5mm, som er tykkelsen i materialet, i forhold til bjelken der gulvplatene egentlig skal ligge. Denne ideen er urealistisk og vil ikke være med videre i runden.

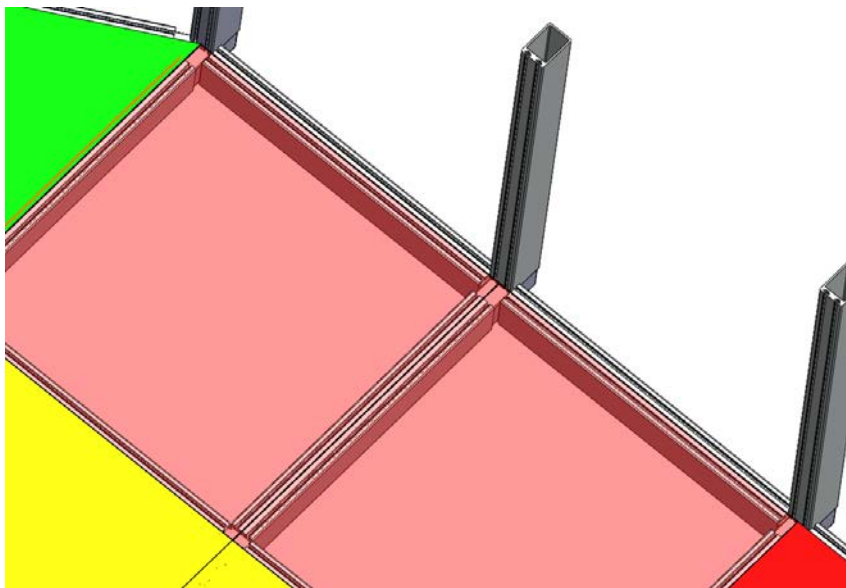
7.2 Gulv, plater, ideer og konsepter

Hvorfor er ikke alle platene på gulvet av lik størrelse? Dette er fordi alle sidene på platene skal ha et likt og jevnt underlag å ligge på. Dette skaper stabilitet og gjør at platene tåler mer belastning, og da gjør også gulvet det.

Noen eksempel på belastning:

- Når de frakter inn modulene.
- Brukes det sekke-tralle? Da blir det veldig punktbelastning der hvor hjulene er.
- Skal det stå "en hel skoleklasse" der inne. Med tanke på omvisning osv.

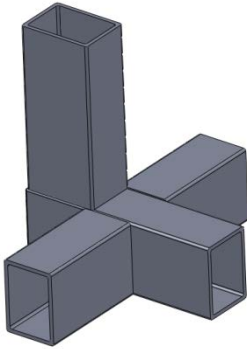
Langs ramma og inn mot midten blir avstanden 1105mm, istedenfor 1080mm. Platene i den kvadratiske midtdelen er kvadratiske 1080mm. (Fig 21)



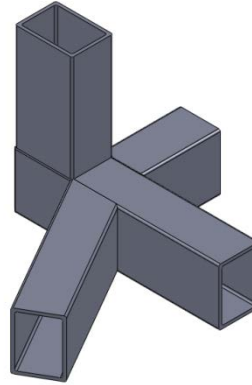
Figur 21 - Gulv konsept

De bjelkene som står oppover, og danner vegg og bæring til tak, er flyttet halvt utenfor rammen. Dette er endret siden forrige konsept, da var de plassert jevnt med rammen. Vi flytter bjelkene til vegg/tak utover slik at golvplatene skal få underlag på alle kanter, platene er også gjort noe større for å få til dette. Dette gjelder i ytterkantene rundt, ikke platene innover på gulvet.

Bjelkene som går til vegg/tak måtte flyttes utover. En konsekvens er endring av hjørnefestene og sidefestene som tak/vegg er tredd ned på. Se bilder under for resultat og sammenlign med de under avsnitt 6.1.1 Festeordninger. (Fig 22 og 23)



Figur 22 – Juletefot. Konfigurasjon 3

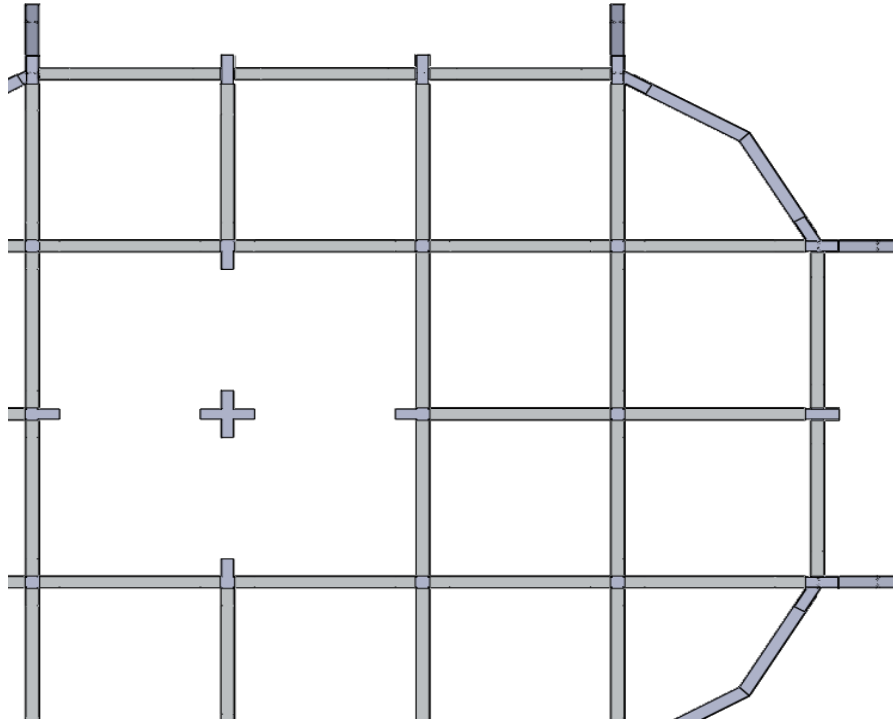


Figur 23 – Gulv beslag, hjørne. Konfigurasjon 3

Det negative ved å gjøre dette får du liten/ingen kontaktflate når du trer ned på bjelken fra tak/vegg, kun litt i forkant innover i brohuset. Det er ikke sikkert det er noe problem i og med at bjelken blir festet med 2xM12 gjennomgående bolter. Ser etter en bedre løsning, forkaster dette.

Problem:

Under utvikling av hvordan feste gulvplatene dukket et uventet problem opp, noe som hadde vært veldig enkelt og genialt i SW, men som i virkeligheten er ganske komplisert eller umulig. Gulvet til nå er koblet sammen ved hjelp av kryss og 1000mm lange bjelker over hele gulvet. Rammen rundt er satt sammen av samme konsept. (Fig 24)

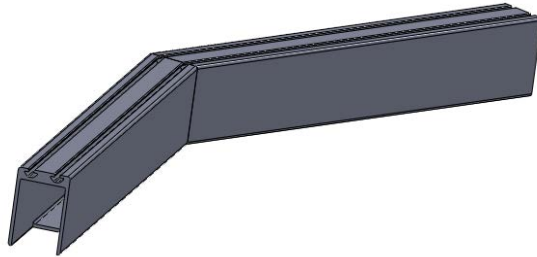


Figur 24 - Gulv konsept

Gulvet sett fra undersiden. Du ser kryssene og hvordan bjelkene blir satt på plass. Dette går ikke i virkeligheten, i alle fall ikke uten mye løfting og bøying. Før eller siden kommer du til et punkt/sted der du skal ha i et kryss eller bjelke og der er enten et kryss/bjelke/ramme i veien og hindrer deg i å gjøre dette.

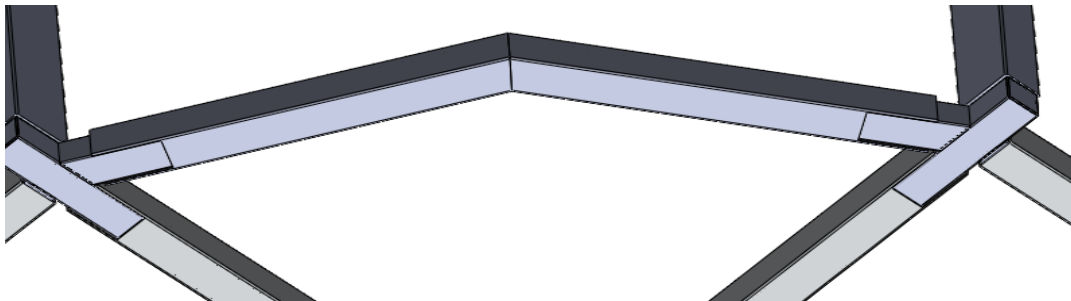
Løsning:

Deler av bunnen på konstruksjonsprofilene (120x80mm) blir kuttet bort. Slik vil de kunne bli satt ned på kryssene og ligge og hvile akkurat som de ville gjort på den forrige konfigurasjonen. Det samme gjøres på de bjelkene som danner hjørnene. Det vil fortsatt være gjennomgående bolter. (Fig 25)



Figur 25 - Gulv konsept

Deler av bunnen er skjært ut. Dette gjør at delen er mer fleksibel og kan settes på og utskiftes "når som helst". Praktisk løsning.



Figur 26 - Gulv konsept

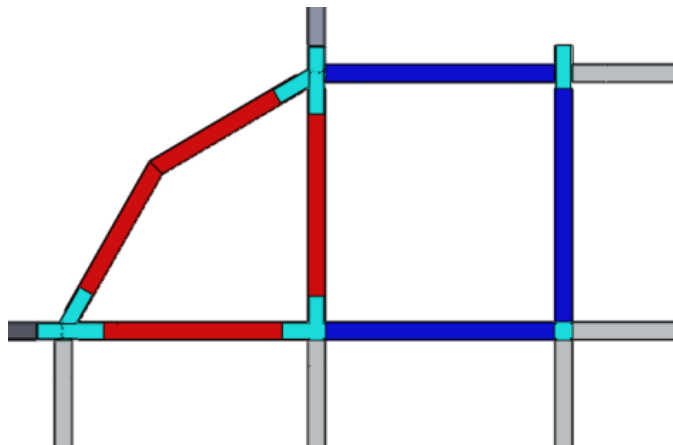
Den samme bjelken som du ser på bildet over ligger her midt i bildet snudd opp ned. Dette er tatt ifra bunnen av gulvet. (Fig 26)

Den samme teknikken blir brukt på bjelkene som danner gulvet videre innover. Under vises den mest brukte delen (1000mm 120x80mm profil). Kuttet kan skimtes på begge sider. (Fig 27)



Figur 27 - Gulv profil

Fra undersiden vil dette bli seende slik ut: De røde delene er blitt kuttet, mens de blå er fortsatt av det gamle konseptet.(Fig 28)

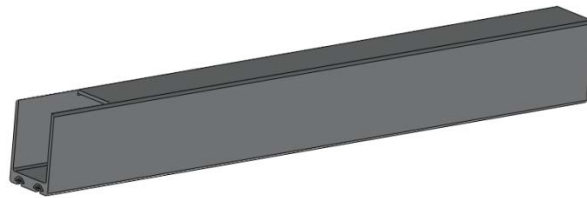


Figur 28 - Gulv konsept

Denne løsningen er veldig fleksibel og gjør det mulig å skifte ut deler mer lett. Sammenstillingen vil også bli betraktelig mindre komplisert. Dette går ikke på bekostning av noe betydningsfulle beregninger. Foretatt FEM analyse.

Dersom vi gjør dette på alle bjelkene som går inntil kryssene, så vil kryssene føre de blir skrudd sammen med bjelkene, være løse. De vil kunne falle ned dersom de da ikke allerede er plassert på gulvet. Skulle gulvet i brohuset være en gitt avstand over underlaget vil ikke kryssene være på riktig plass før de blir skrudd sammen. Festemetoden blir 2xM12 gjennomgående bolter igjennom hele den rektangulære bjelken. Dette gjør at krysset vil bli satt på rett plass, og vil ikke tippe, eller helle noen annen vei enn den riktige.

Et alternativ kunne være å kutte i den ene siden av de to bjelkene og se om det er like mulig å sette sammen konstruksjonen da. (Fig 29)



Figur 29 - Gulv profil

7.3 Konklusjon

Hvordan man skal sette sammen gulvet er lett å forstå. Den største ulempen vil være alle de spesiallagde delene som vil koste mye. Dette medfører også at delene ikke er lett erstattelige. Og hvis det er en feilproduksjon i første omgang, vil det gi store problemer siden delene ikke er hylleware.

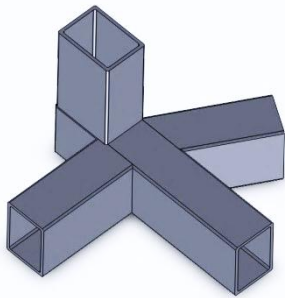
Fordeler	Ulemper
Robust – tåler 1500kg (Se Beregninger)	Tungt – Kun delene vist på bildet over veier 115Kg
Mange like deler	Delene er ikke nødvendigvis hylleware verden rundt. Tenker særlig da på kryssfestene og festene i ramma rundt.
Konseptet er enkelt og forståelig. Trengs lite utstyr for å settes sammen.	Demontering kan bli vanskelig grunnet deformasjon av aluminiumprofilene som bærer gulvet.
Holdes på plass ved hjelp av bolter.	Kryssfester / vinkelbein som holder sammen rammen, og er festeanordning til gulvet må bli spesiallaget.

Gulvkonseptet består av 3 ulike måter å sette sammen et gulv på. Det er kun de delene som er tilpasset ved hjelp av kutting som enkelt lar seg montere. Se fig 25, 26 og 27.

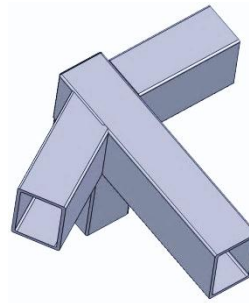
7.4 Tak

Taket lages på nesten samme måte som gulvet i denne runden, men det brukes færre bjelker her fordi belastningen kun er på maks 500kg. Materialer og profildimensjonene var i første omgang også lik de som ble brukt i Runde 1. Etterpå ble det gjort beregninger for å finne ut av om det var nødvendig å forsterke eller redusere takkonstruksjonen.

Tanken var å ikke ta med de midterste bjelkene på konstruksjonen. Men hjørnefestene som ble brukt til gulvet førte til at det ble hulrom som ikke kunne tildekkes helt på taket. Derfor måtte de festene forandres litt på designen slik at det tilpasset taket bedre. Det var ikke en stor forandring. Noen av festepunktene måtte bare flyttes litt lengre bakover. (Fig 30 og 31)

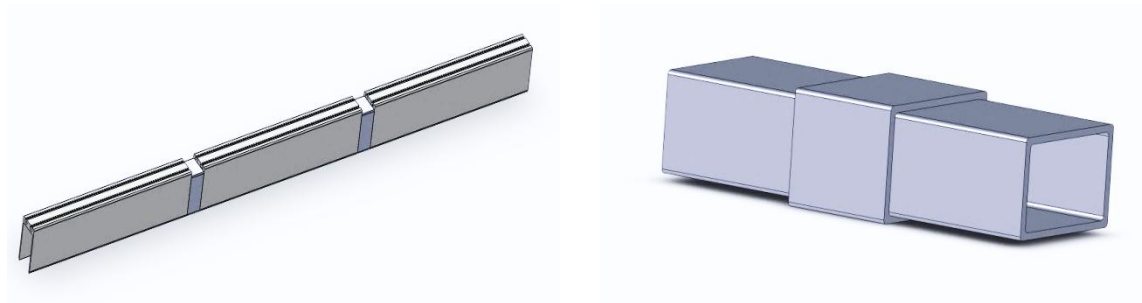


Figur 30 – Gulv hjørnefeste



Figur 31 - Tak hjørnefeste

På grunn av vinkelen på veggene blir takarealet større enn gulvet. Dermed kom neste vårt neste problem som var at de 1-metersbjelkene som ble brukt for å sette sammen gulvet ikke kunne brukes. I stedet ble det prøvd å bruke de kun på langsiden. Langsidene var litt over 3 meter og det passet da fint med disse 1-metersbjelkene som kunne skjøtes sammen med en spesial konstruert 2-punktsskjøt. De resterende bjelkene må nok spesiallages etter behov. (Fig 32)

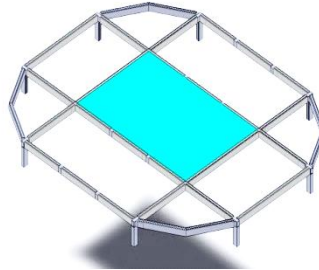


Figur 32 - Punktsskjøt

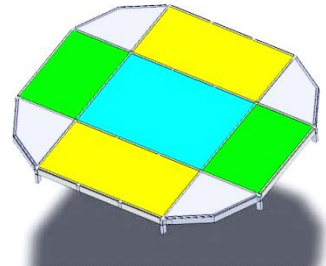
Hele takkonstruksjonene kan ses i (Fig 33, 34 og 35). Det som gjenstod var da å lage takplatene. Takplatene besto av tynnplater på 5mm som var brettet på kantene slik at de kunne bare legges inn i de sporene på takbjelkene.



Figur 33 Takkonstruksjon



Figur 34 - Takkonst. m/senterplate



Figur 35 - Takkonst. m/alle plater

7.4.1 Fordeler og ulemper

Hvordan man skal sette sammen taket er lett å forstå, men tyngden vil gi en liten utfordring. Den største ulempen vil være alle de spesiallagde delene som vil koste mye. Dette medfører også at delene ikke er lett erstattelige. Og hvis det er en feilproduksjon i første omgang, vil det gi store problemer siden delene ikke er hyllevarer.

Fordeler	Ulemper
Trenger ikke tåle mye – 500kg fordelt på arealet.	Kan ikke benytte sveising.
Aluflex systemer kommer med mulige festemetoder. (Se Runde 2)	Kan ikke benytte lengder på mer enn 3000mm
Tåler mye belastning og er lett og sette sammen ved hjelp av bolter.	Skjøting er vanskelig, grunnet styrkeberegninger. Skjøten vil bli takets svake punkt. Dette er noe som er tett fokus mot og jobbes med.
	Dyrt og produsere
	Må bygges / settes sammen etter veggens konfigurasjon.

8. Sammenstilling

Sammenstillingen ble gjort på samme måte som i Runde 1 hvor flater blir “matet” mot hverandre. En “mate” er koble sammen deler i SolidWorks. Forskjellen i Runde 2 er at det kom frem så mange innspill og forslag til hvordan få til en best mulig konstruksjon. Det blir fortløpende underveis i arbeidet med SolidWorks satt deler inn i sammenstillingen. Dette gjør det mer oversiktlig og en får et bedre bilde av hvordan konseptet vil bli seende ut.

8.1 Festeordninger

Det er benyttet følgende festeordninger.

- M12 unbrako bolter og mutrer.
- Materiale: 316 Stainless Steel, syrefast (A4)

Dette er noe som ikke er lagt mye vekt på i Runde 2 siden Aluflex har egne festeordninger og for det alternative konseptet er ikke dette blitt prioritert. Underveis i konstrueringen tas det hensyn til hvor deler skal festes og at det skal være praktisk gjennomførbart, men ikke hvilke konkrete festningsmetoder som skal benyttes. Dette er ikke er kritisk for verken prosjekt eller resultat så tidlig i utviklinga, men retter fokus mot dette i Runde 3 og mest i Fase 4. Fase 4 er den avsluttende fasen der det endelige konseptet blir videreutviklet.

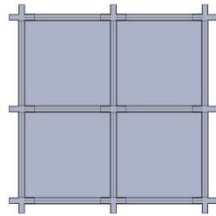
9. Beregninger

Her er noen grove beregninger på hvordan gulvet og taket vil oppføre seg med påførte krefter..

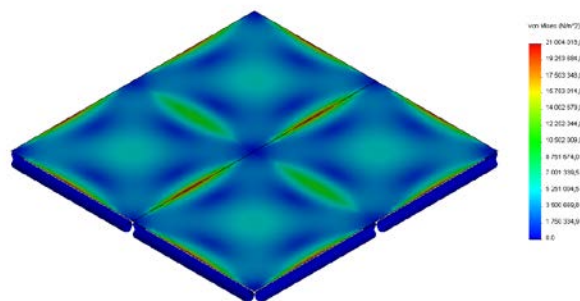
9.1 Gulv

Del navn	Lengde	Bredde	Høyde	Material
Lang bjelke	2000 mm	80 mm	120 mm	Aluminium 6063
Kort bjelke	1000 mm	80 mm	120 mm	Aluminium 6063
Tynnplate	2160 mm	1180 mm	5 mm	Aluminium 7079

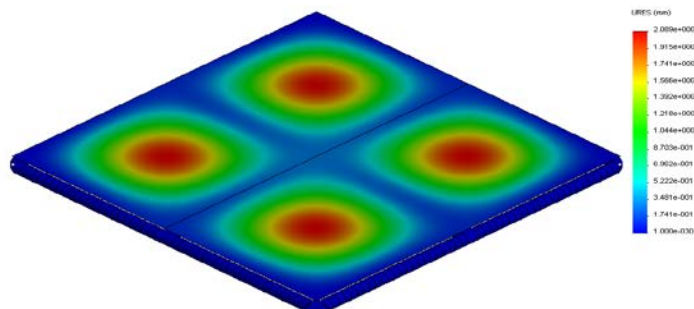
Totalt belastning: 4000 N



Stress analyse:



Forskyvnings analyse:



Figur 36 - FEM

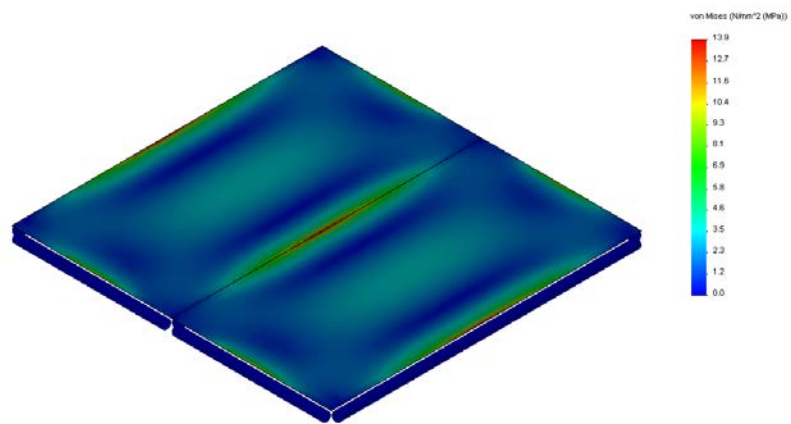
9.2 Tak

Del navn	Lengde	Bredde	Høyde	Material
Lang bjelke	2000 mm	80 mm	120 mm	Aluminium 6063
Kort bjelke	1000 mm	80 mm	120 mm	Aluminium 6063
Tynnplate	2160 mm	1180 mm	3 mm	Aluminium 6063

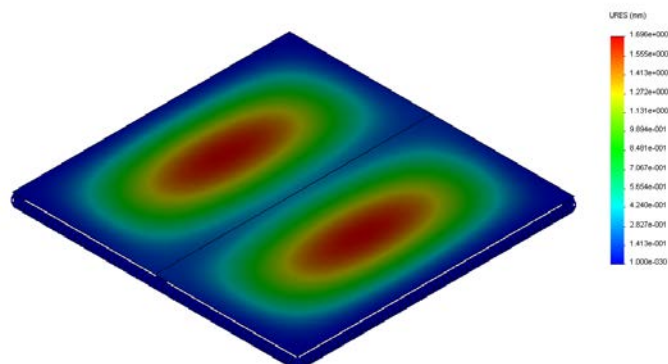
Total belastning: 4000 N



Stress analyse:



Forskyvnings analyse:



9.3 Oppsummering:

Siden skipsbrohuset har en symmetrisk form, så er det valgt ut moduler og testet disse slik at resultatene tilsier det samme som de ville gjort dersom det hadde blitt gjort beregninger på hele brohuset. Dette er kun grove beregninger som i hovedsak viser hvor modulene blir utsatt for mest stress og forskyvning. Det gir en indikasjon på antall moduler som trengs og hvor store disse må være.

Det er benyttet 5mm aluminium tynnplater på gulvet og 3mm tykkelse til takplatene.

9.4 Resultater:

- Stabilt med hensyn på belastninger
- Lav forskyvning
- Sikkerhetsfaktoren er svært høy
- Mulighet til å bruke færre deler og tynnere plater

9.5 Konklusjon

Dette er grove beregninger med upresise tall. Det er gjort med tanke på å få svar på hvor i modulene det er mest stress og størst forskyvning. De beregningene som er gjort er tilfredsstillende, selv om noen deler er overdimensjonert. Det er ikke kommet frem til noen konkret konklusjon siden beregninger vil bli lagt mer vekt på i neste runde og i Fase 4, dette er bare en pekepinn.

10.Konklusjon

Her følger konklusjoner for hver av de to konseptene som er presentert i Runde 2.

10.1 Aluflex

Det er mange fordeler ved å benytte Aluflex systemet i konstruksjonen. Hovedfordelene er fleksibilitet i form av mange muligheter til å konstruere den. Det er et system som eksisterer og det er ferdig testet og gjennomførbart, alle deler er produserte fra før og systemet kan settes sammen i et utall varianter. Det er monteringsmuligheter overalt, og det krever ingen sveising.

Den største ulempen er at skruer og fester ikke leveres i syrefast. Ellers er det en konstruksjon som vil bestå av mange ulike deler, det er ikke gunstig i forhold til tid på montering, kompleksitet under montering og pris. Konstruksjonen er forholdsvis massiv og tung.

10.2 Eget konsept

Dette er en robust design som bærer preg av mye bra, og enkelte deler som kan bli vanskelig å produsere. Det er mange kraftige deler som gjør at resultatet blir høy vekt, og siden det er mange spesiallagde deler, fører dette til at fleksibilitet og enkelheten blir satt i skyggen.

Gulvprofilene som det er kuttet spor i slik at de er enkle og montere/demontere er et friskt innspill, men en enkel måte å feste gulvplater mangler foreløpig.

Taket er ikke blitt prioritert og er en utfordring å få til grunnet kravet på ingen deler lengre enn 3000mm og ingen bæring andre steder enn rundt kantene på brohuset.

11.Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper

Aluminium 7079		
Thermal Conductivity	121.10	W/m C
Density	2740	kg/m ³
Elastic modulus	7.172E+10	Pa
Heat capacity	963.00	J/kg C
Poisson's ratio in XY	0,3300	N/A
Thermal expansion coefficient	24.66	microns/m C
Tensile strength	570	Mpa
Yield strength	505	MPa

- 7079-T6 betyr at materialet er varmebehandlet og herdet.
- Dersom aluminiumoverflaten er fersk og den utsettes for luft dannes et tynt (1mm) lag av oksidfilm. Denne "filmen" er ekstremt effektiv til å hindre at aluminium korroderer.

12.Vedlegg – Prosjektplan

[-] Fase 1-3 Runde 2	14 days	Mon 21.02.11	Thu 10.03.11	Hans Andreas Øyga
[-] Fase 1	1 day	Mon 21.02.11	Mon 21.02.11	
Idemyldring	5 hrs	Mon 21.02.11	Mon 21.02.11	Johannes Moen;Lar
Utvikle kravspesifikasjoner	3 hrs	Mon 21.02.11	Mon 21.02.11	Johannes Moen
[-] Fase 2	1 day	Tue 22.02.11	Tue 22.02.11	
Valg av løsninger	1 day	Tue 22.02.11	Tue 22.02.11	Hans Andreas Øyga
[-] Fase 3	13 days	Tue 22.02.11	Thu 10.03.11	
Konstruksjon av vegger	7 days	Tue 22.02.11	Wed 02.03.11	Johannes Moen
Konstruksjon av tak	7 days	Tue 22.02.11	Wed 02.03.11	Lars Stange;Ryan Hong Moc
Konstruksjon gulv	7 days	Wed 23.02.11	Thu 03.03.11	Hans Andreas Øyga
Beregninger	4 days	Fri 04.03.11	Wed 09.03.11	Ryan Hong Moc;Lar
Assembly	3 days	Tue 08.03.11	Thu 10.03.11	Hans Andreas Øyga
Kostnadsoversikt	1 day	Thu 10.03.11	Thu 10.03.11	Lars Stange
[+] Fase 1-3 Runde 3	22 days	Fri 11.03.11	Mon 11.04.11	Lars Stange;Ryan Hong Moc;Seraj

Konseptdokument: Runde 3

Dette er det siste av de tre Konseptdokumentene og tar for seg den avsluttende runden av prosjekt "Skipsbrohus" for Kongsberg Maritime. Runde 3 inneholder det konseptet som blir tatt med inn i Fase 4 (Avslutningsfasen) og utviklet videre mot et endelig produkt.

1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	23.02.11	Satt sammen mal
1.1	17.03.11	La til teoridelen
1.2	08.04.11	Satt inn alt som har med konseptet
1.3	10.04.11	FEM
1.4	11.04.11	Skrevet innledning, konklusjon og lagt til prosjektplan
1.5	21.05.11	Rettskriving

2. Innledning

Dokumentet viser konseptet som ble laget i Runde 3 i forbindelse med hovedoppgaven, og har som hensikt å gi innsikt i tanker og problemstillinger underveis. Prosessen blir forklart steg for steg, og inneholder forklaringer av valg som er tatt, samt hvorfor. Det legges vekt på ideer som er utviklet og testet, men forkastet. Dette gjøres slik at bedriften skal få innsikt i arbeidet og unngå de samme problemene som oss.

Runde 3 består kun av ett konsept, dette konseptet benytter bruk av tynnplater som del av bæring av konstruksjonen i større grad enn tidligere konsepter. At konseptet er enkelt i form av færre deler og moduler er mer i fokus. Meningen er å gjøre det billigere, lettere å produsere og lettere å montere. Dette kommer som følge av presentasjon og tilbakemelding fra konsepter Runde 1 og 2 for oppdragsgiver Kongsberg Maritime. En større del av kravspesifikasjonen vil bli implementert i konseptet denne runden. Taket som tidligere har vært et problem vil bli jobbet med for å finne en løsning. Dette vil by på nye utfordringer.

Innhold

1. Dokumenthistorie.....	1
2. Innledning.....	1
3. Planlegging	3
4. Teori – bakgrunn og tilegnelse	5
4.1 Krav og Testspesifikasjon.....	6
4.2 Materialvalg.....	7
4.2.1 Aluminiumlegeringer	7
4.2.1 Syrefaste bolter, skiver og mutrer.....	7
5. Konsept 3 - Tynnplater	8
5.1 Vegger/vindu	8
5.2 Tak	11
5.3 Takplater.....	12
6. FEM.....	14
6.1 Takbjelke.....	14
6.1.1 Konklusjon takbjelke.....	15
6.2 Veggmodul.....	16
6.2.1 Konklusjon	17
7. Sammenstilling	18
7.1 Festeanordninger	19
8. Konklusjon	19
9. Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper	20
10. Vedlegg – Prosjektplan	20
11. Vedlegg - Deleliste	21

3. Planlegging

Det er alltid fristende å hive seg på oppgaven og begynne rett på utførelse og problemløsning. Dårlig eller lite planlegging fører til en prøve og feile metode, da kan man miste grepet på sluttproduktet. Dette kan bli dyrt i form av tap av dyrebar tid. Det er derfor viktig med fokus på en god planleggingsprosess der kravspesifikasjon og den overordnede problemstillingen styrer valgene.

Med dette i tankene har prosjektmodellen vår vært rundebasert, der det etter hver runde har forsøkt og til dels å frigjøre oss fra tidligere konsepter som har blitt utviklet. Hensikten har vært å kunne tenke nyskapende, og ikke kjøre seg fast i et spor tidlig i designfasen. Samtidig blir alle nyttige erfaringer tatt med videre. Begynnelsen av hver runde starter med en planleggingsfase, som i prosjektplanen er kalt idemyldringsfasen. Der gjennomgås oppdragsgivers krav, kundens behov og hvordan best mulig å imøtekomme dette med et produkt som er gjennomførbart.

Under planlegging av Runde 3 ble de gamle ideene og konseptene gjennomgått. Erfaringer som er gjort vil bli tatt med videre. Tidlig i Runde 3 var det et møte med Kongsberg Maritime der konsepter og ideer ble presentert. Dette ble, som det var håpet på, et vendepunkt for prosjektet. Mye tilbakemeldinger og konstruktiv kritikk ble gitt, dette førte til at det er mulig å snevre ned til en prototype.

Konklusjonene som kunne trekkes etter planleggingsfasen til Runde 3 er at de fleste som kjøper skipsbrohussimulatorer hos KM bruker ikke hydrauliske føtter for ytterligere å simulere forhold. De baserer seg på enklere versjoner som står på bakken. Våre tidligere konsepter er derfor en slags luksusvariant. Kundene til KM spør først og fremst etter pris, plass og vekt. Dette vil det bli lagt mye vekt på under den konstruksjonsprosessen i denne runden.

Våre brohuskonsept er per i dag litt smør på flesk. De er generelt overdimensjonert i forhold til bruken til den største kundegruppen, de er tunge, dyre og er tidkrevende å sette sammen. Det kreves litt for mye kapp og festinger. Det må tenkes enklere, lettere og spinklere.

Konstruksjonen vil tåle mye når alt er skrudd sammen, det blir et galt bilde av styrkeberegningene da det foreløpig kun har gjort beregninger på enkelte komponenter og deler av konstruksjonen.

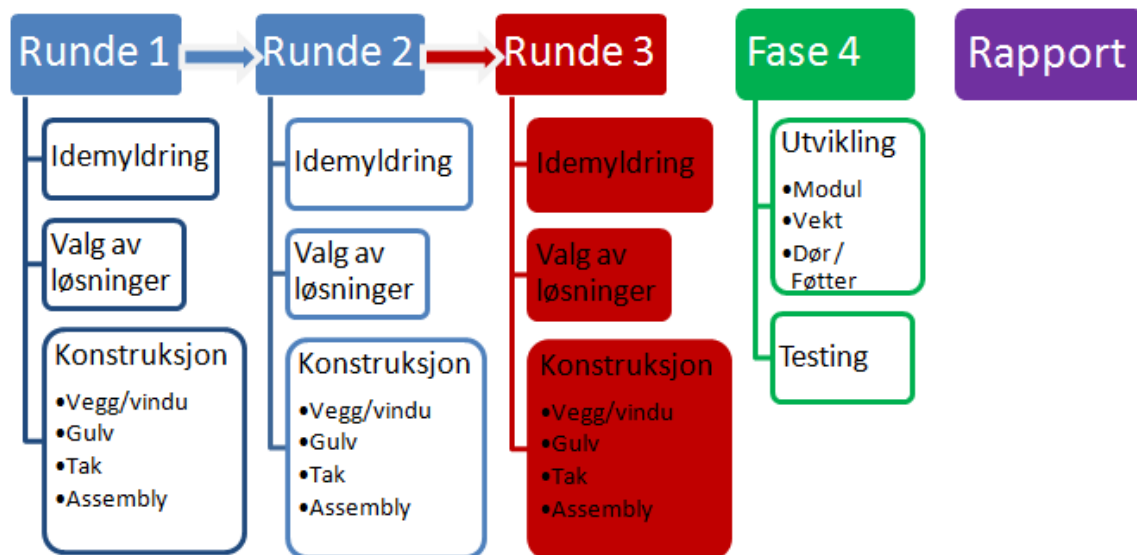
Det vil bli mer fokus på standardvarer da kundene kanskje vil sette sammen huset med varer fra en lokal produsent og leverandør. Spesiellagde profiler som det er mye av i konsept 2 er dyre å produsere, og reservedeler må sendes til kunder da det ikke er hyllevare. Det vil bli forsøk å bruke mer symmetri, og ha gjenbruk av så mange deler som mulig for å kutte kostnader under produksjon. Mange av disse fokusområdene er enklere å ta for seg i denne runden. Gruppen er mer kompetent i alle verktøy og teori, og prosjektet modnes på den måten at mange ideer og problemer er gjennomgått i de forrige rundene.

Vekt er som nevnt noe kunden er opptatt av. Skipsbrohuset må kunne stå i annen etasje i et skolebygg. Det vil bli tatt grep for å minske vekten. Noe som vil bli forsøkt er å benytte tynnplater som en del av bæringen av konstruksjonen for å lette vekten på brohuset. Dette vil bli nærmere beskrevet i senere.

Etter møtet med Kongsberg Maritime er det forstått at det vil være optimalt å forsøke å ha lite eller ingen sveising under produksjonen av modulene. Det er fra før av et krav om at det ikke skal forgå sveising under montering hos kunden. Sveising forandrer egenskapene på aluminium, bjelker kan slå seg. Og en dårlig sveiser kan utgjøre forskjellen på om kunden får satt sammen produktet eller ikke, det er en unødvendig risikofaktor. Tidligere konsept hadde mye sveising for å sette sammen bjelker i ønsket form, det vil det bli forsøkt å unngå så godt det lar seg gjøre.

Planleggingsverktøy i Runde 3:

- Microsoft Project,
- Dropbox
- Google wave



Figur 1 - Prosjektoversikt

Forklaring (Fig 1):

- Rød: Hvor vi er i stadiet nå. Tar for seg dette dokumentet.
- Blå: Viser runder som er ferdige.
- Grønn: Viser neste fase. Her er alle 3 rundene avsluttet og prosjektet går inn i utvikling av det endelige konseptet eller konseptene.
- Lilla: Sluttrapport

Runde 1 og 2:

- Avsluttet.

Runde 3:

- Strekker seg ifra 21.02 – 10.03-2011.¹

Fase 4: (Avslutningsfase)

- Vil ikke bli dekt av noen av Konseptdokumentene, er kun med for å illustrere den videre gangen i prosessen etter de 3 rundene er over. Fase 4 tar for seg videreutvikling av ett eller flere mer eller mindre ferdige konsepter.

Rapport:

- Sluttrapporten samles det stoff til under hele prosessen.

4. Teori – bakgrunn og tilegnelse

Oversikt over teori og verktøy benyttet i utførelsen av Runde 3

- Solidworks
- SolidProfessor²
- FEM analyser
- Tilvirkningsteknikk og Materialteknologi
- System Design
- Konstruksjonsteknikk

De samme teorier og verktøy ligger til grunn for utførelsen av Runde 3 som de tidligere rundene, men med mer fokus på sheet metal i Solidworks, System Design og FEM analyser.

I denne runden vil det trenges mer kompetanse i sheet metal funksjonene i Solidworks, da det er planlagt å bruke tynnplater mer aktivt som bæring av konstruksjonen. Solidprofessor og tutorials på nettet vil bli benyttet som hjelpemidler. Det er ikke på langt nær like mange utfordringer med resten av konstrueringen ellers i Solidworks grunnet gruppen har vært borte i de fleste problemstillingene der ved de tidligere rundene.

Som planleggingsdelen indikerer er det blitt lagt mer vekt på System Design denne runden. Ettersom det nærmer seg et fullverdig produkt blir det mulig å se for seg mer av helheten. Med flere av kravspesifikasjonene implementert dukker det stadig opp nye utfordringer for at overgangen fra 3d modeller skal fungere i praksis, i produksjonsfasen og montering hos kunden.

¹ Se vedlegg 9 for mer informasjon om prosjektplanen

² www.solidprofessor.com

FEM analyser blir i løpet av runden gjennomført som et testverktøy for å se om produktet tilfredsstiller kravspesifikasjoner. Her er det ikke like mange utfordringer da enkeltdeler og moduler fortsatt vil bli testet som i Runde 2.

4.1 Krav og Testspesifikasjon

I kravspesifikasjonen er det krav fra Kongsberg Maritime (KM) som skal følges (A-krav). Det er også krav som vi har stilt til prosjektet selv (B-krav). Her i Runde 3 nærmer det seg mer at alle kravene stilt til konstruksjonen er oppfylt, men det er fortsatt noen som er nedprioritert. Disse vil bli lagt fokus på i Fase 4 (Avslutningsfasen).

Under følger en oppsummering over krav det er lagt vekt på i Runde 3. Henviser til kravspesifikasjonen for mer informasjon om hvert enkelt krav.

Prioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 3:

- Tynnplatteteknikk (store deler av konstruksjonen)
- Beregninger (Tak og vegger)
- Sammenføyningsmateriale er syrefaste (A4) bolter.
- Kommet med ideer til plassering til dør.
- Kabler påvirker ikke funksjonaliteten til brohuset. De er også så lite synlig som mulig.
- Størrelse på brohuset innvendig (4500mmx5500mmx2300mm) (lxbxh)
- At brohuset deles inn i moduler. Ingen lengre enn 3000mm
- Materialet er aluminiumlegering 7079
- Ingen sveising tillatt for å sette sammen modulene
- Krav til synsvinkel, dødvinkler og størrelse på vinduer og vindussprosses.

Nedprioriterte krav til selve konstruksjonen i Runde 3:

- Dør vil ikke bli realisert som endelig løsning, men vært oppmerksom på.
- Justerbare føtter
- Beregninger på gulv.

Testing av kravene har foregått fortløpende underveis og blir oftest gjort med måleverktøy i SolidWorks. Krav som ikke lar seg teste i SolidWorks har bedrifter gitt svar på, lest i oppslagsverk og dokumenter (DNV) og rådført med ekstern veileder Jon Kjell Sandberg hos Kongsberg Maritime.

4.2 Materialvalg

Her legges frem tekniske data om materialene som blir benyttet til konstruksjonen. Noen av materialtypene er et krav ifra oppdragsgiver (Kongsberg Maritime), mens andre materialer kan være løsninger gruppen har kommet frem til selv.

4.2.1 Aluminiumlegeringer

- Veier en tredjedel av jern, og i ren form er aluminium mykt og har lav styrke.
- 7xxx serien har Sink som hovedelement og når du tilsetter små deler av magnesium blir resultatet en legering som er veldig sterk og mulig å varmebehandle.
- 7079 legeringen har høyere flytegrense enn andre aluminiumslegeringer, har gode mekaniske egenskaper og blir brukt der det er kritisk at delene holder lav vekt.
- Blir benyttet i flyindustri, mobile enheter og til hydrauliske enheter.

³Aluminium er et meget gunstig materiale i vår konstruksjon grunnet at det er lett og korrosjonsbestandig. Ut ifra krav i offshore, gitt av DNV, skal det benyttes til denne type prosjekt aluminiumslegering 5058, det er derfor også et A-krav ifra Kongsberg Maritime. Denne typen materialer er ikke standardisert i SolidWorks. Det er i samsvar med oppdragsgiver og enighet at det benyttes en legering som heter 7079 eller 7076-T6 som erstatter i SolidWorks for å få korrekte beregningsdata.

4.2.1 Syrefaste bolter, skiver og mutrer

Krav fra oppdragsgiver sier at det skal benyttes syrefaste bolter av typen 316 Stainless steel (A4) til sammenstillingen av brohuset. ⁴Syrefast eller syrebestandig stål er jern som i tillegg til å inneholde karbon, også har en del nikkell og/eller mangan samt andre metaller som molybden, niob og titan. Dette er dyrt stål som er korrosjonsbestandig og som ikke er reaktivt med aluminium. Det betyr at det ikke får aluminium, som forøvrig er reaktivt i forhold til mange andre metaller, til å forandre egenskaper. Det er viktig i denne konstruksjonen fordi det er stilt krav ifra Kongsberg Maritime at det skal benyttes syrefast materiale i kombinasjon med aluminiumlegering.

³ <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (3.mars 2011) – Vedlegg 12

⁴ http://no.wikipedia.org/wiki/Rustfritt_st%C3%A5l (25.feb 2011)

5. Konsept 3 - Tynnplater

Etter samtale med Kongsberg Maritime endres arbeidsstrategien over til mer aktiv bruk av tynnplater i selve konstruksjonen.

Dette ble lagt fokus på:

- Benytte tynnplatteteknikk i større grad som del av bæring av konstruksjonen
- Gjenbruk av like deler og sammenføyningsmetoder i hele konstruksjonen.
- Konseptet er lett av vekt
- Muligheter for justeringer i størrelse ved enkelt å legge til eller fjerne moduler

5.1 Vegger/vindu

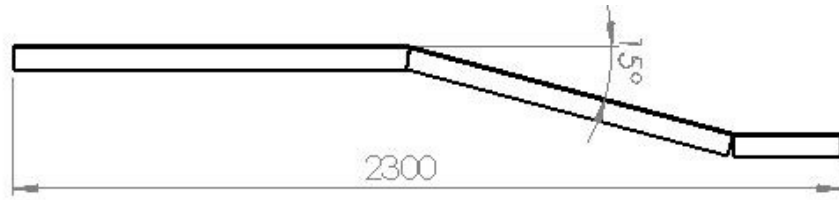
Hele veggmodulens form blir nå formet ut fra en tynnplate med tykkelsen 4mm. Formen på vinduet blir skåret ut. Deretter blir 60mm av ytterkantene knekt 90 grader utover for å stive opp modulen. Disse ytterkantvinklene vil også fungere som støtte for taket som monteres til slutt.

Figur 2 viser en illustrasjon av hvordan en veggmodul blir seende ut.



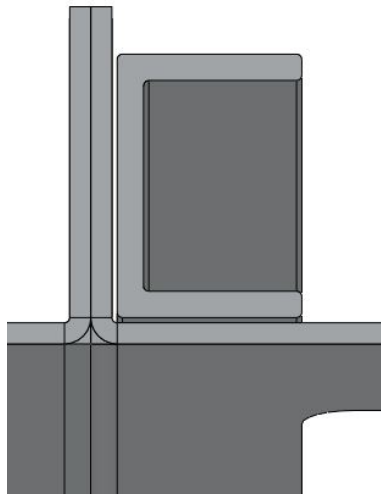
Figur 2 - Veggmodul

For ekstra støtte for taket bolter det fast en c-profil som er bøyd og sveiset i samme form som veggmodulen. (Fig 3)



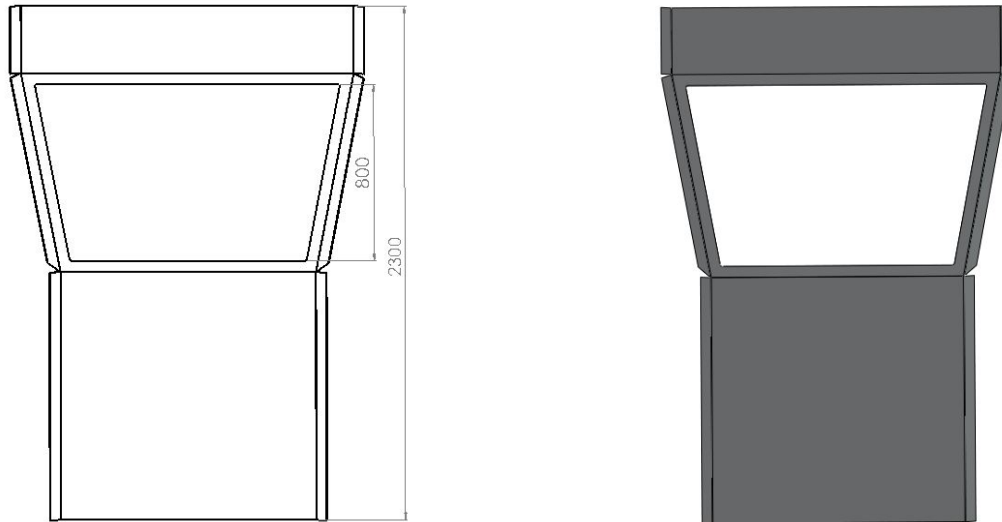
Figur 3 - Veggprofil

Når to moduler og en c-profil blir boltet sammen vil det bli seende ut som illustrert i fig 4.



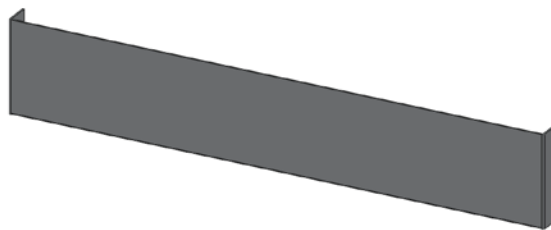
Figur 4 - Toppen av c-profil

Hjørnemodulene blir konstruert på samme måte som veggmodulene, forskjellen er at siden vinduene heller 15 grader utover så må hjørnemodulene øke i bredden for å kunne festes i veggmodulene. (Fig 5)



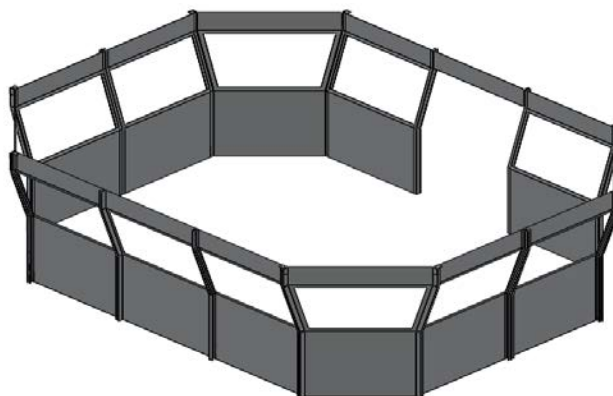
Figur 5 - Hjørnemodul

Figur 6 viser inngangspartiet over døra, som foreløpig bare er en åpning. Det blir festet sammen på lik måte som de andre modulene. Inngangsparti er ikke blitt prioritert verken i Runde 1,2 eller 3, men med dette konseptet i Runde 3 er en løsning nær. Dette vil bli prioritert i Fase 4 (Avslutningsfasen). (Fig 6)



Figur 6 - Inngangsparti

Når alle modulene er boltet sammen vil det bli seende slik ut.(Fig 7)

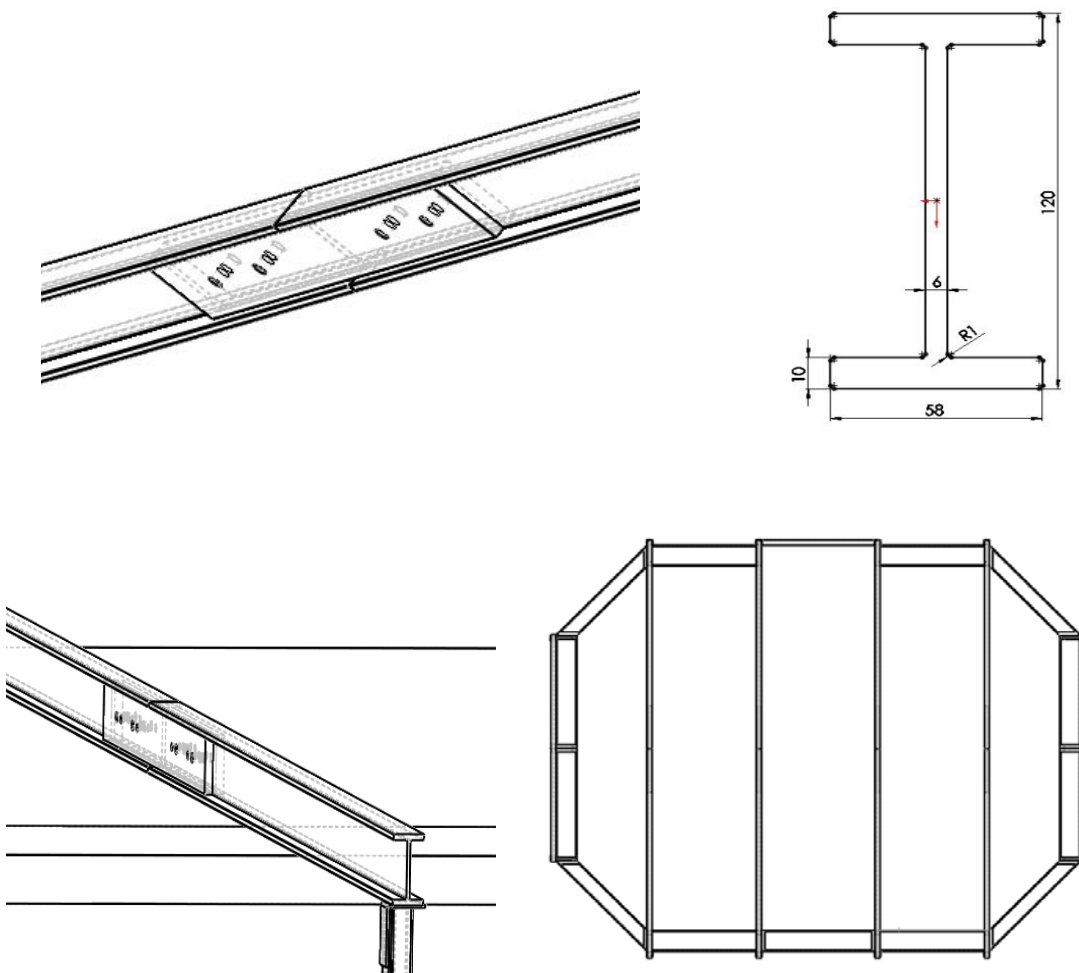


Figur 7 - Skipsbrohus

5.2 Tak

Taket har vært et problem i Runde 1 og 2, men dette er nå løst med bruk av I-bjelker fra Alunor⁵ som skjøtes ved hjelp av 2stk aluminiumskinner fra Norsk Stål⁶.(Fig 8)

- Skinnene som fester sammen I-bjelkene er 100mmx15mm (Fig 8)
- Hver skinne har en lengde på 1000mm
- I-bjelkens lengde vil alltid være halvparten av lengden (fra akter til baug) til brohuset.
- I-bjelkene blir montert på c-profilen og veggmodulen med et vinkelbeslag slik at de på dekker den korteste avstanden på taket (fra akter til baug).(Fig 8)



Figur 8 - Takbjelker og montering

⁵ www.alunor.no

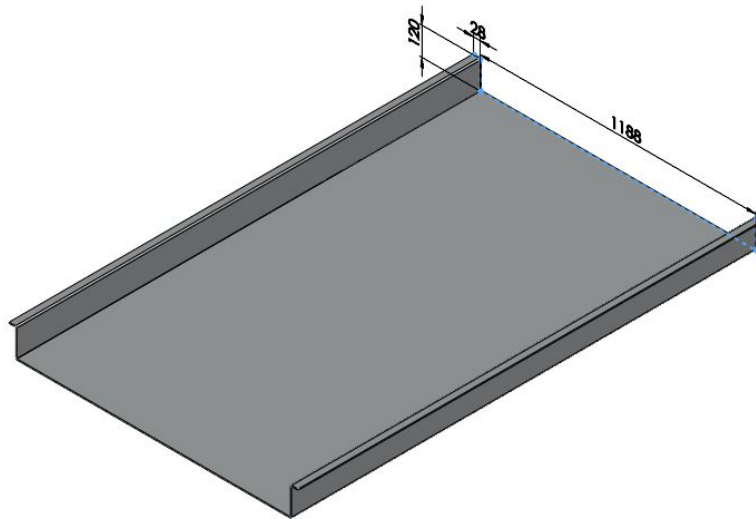
⁶ www2.norskstaal.no

5.3 Takplater

Dette er et veldig enkelt og genialt konsept til å dekke taket. Grunnene er listet under.

- Tynnplatteteknikk. 4mm tykt materiale.
- Takplatene er formet slik at de legges mellom I-bjelkene på taket.(Fig 9 og 10)
- Undersiden av takplatene vil ligge jevnt med undersiden av I-bjelken. Dette fører til:
 - Slipper å feste platene fast i I-bjelkene. De forflytter seg ikke på grunn av egen form og vekt.
 - God plass til å strekke kabler fra et sted til et annet uten at det syntes.
 - En mulighet er å knekke platene i en vinkel som er større enn 90grader. Det er fordi da vil platen feste seg bedre i mellom I-bjelkene.
- Montering kan gjøres ovenfra eller det kan gjøres fra innsiden av brohuset.
- Enkelt å skifte ut plater grunnet ingen festeteknikk, lett vekt og enkelt å komme til.
- Plater kan enkelt fjernes / modifiseres til å strekke for eksempel kabler til prosjektorer.

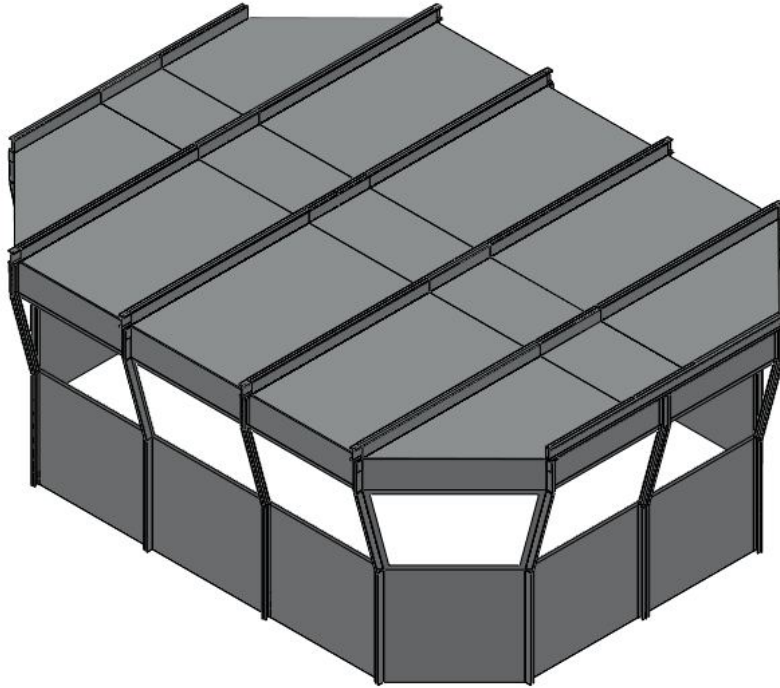
Per dags dato så har platene på taket forskjellige bredder, noe som er et resultat av festeanordningene mellom I-bjelker og c-profilen. Dette problemet er noe som fokuseres på, for å løse i nærmeste fremtid.



Figur 9 - Takplate



Figur 10 - Takplate



Figur 11 - Skipsbrohus

De minste platene midt på taket er med på å dekke over boltene der I-bjelken blir skjøttet, de kan fjernes om det skal legges kabler til for eksempel projektorer.(Fig 11 og 12)



Figur 12 - Skipsbrohus

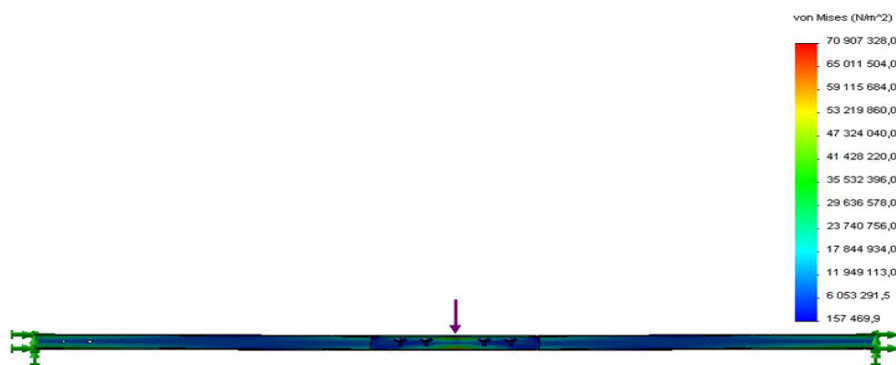
6. FEM

Her er noen beregninger på de delene som er mest vitale for brohuset, nemlig takbjelkene og veggmodulene som skal holde taket oppe. I kravspesifikasjonen er det et krav som sier at taket skal tåle en vekt på 500kg.

6.1 Takbjelke

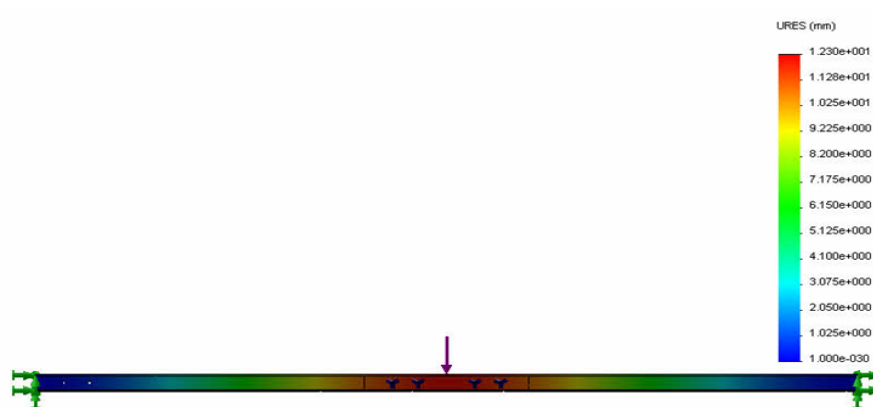
Siden takbjelken er boltet på 4 steder trengs det litt ekstra arbeid med å sette opp kontaktflatene og boltene i simulasjonen. I denne simulasjonen glir I-bjelken og aluminiumskinnene friksjonsløst på hverandre og boltene er satt opp som pinnebolter. Dette er gjort for å forenkle simulasjonen. Testene er utført med en kraft på 5000N som virker normalt på midten av bjelken. Dette burde gi et godt bilde av hvordan bjelken oppfører seg i virkeligheten med tanke på stress og forskyvning.

Første testen viser stress i takbjelken:



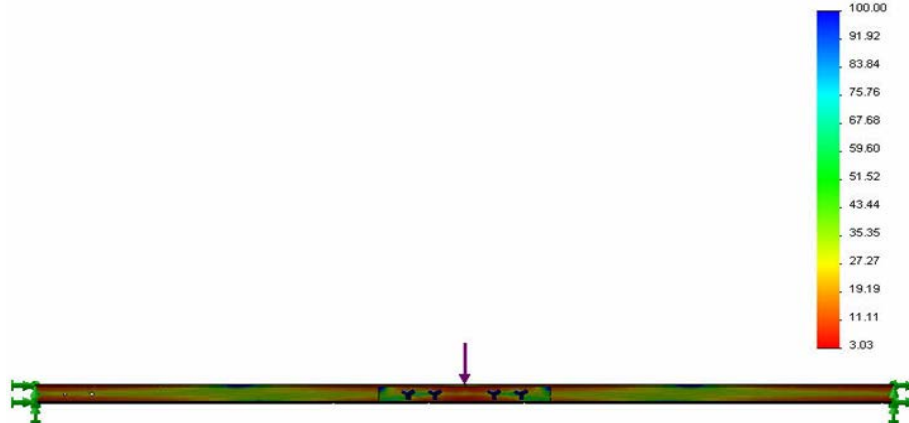
Figur 13 - Stress

Andre testen viser forskyvningen i takbjelken.



Figur 14 - Forskyvning

Til slutt testes sikkerhetsfaktoren:



Figur 15 - Sikkerhetsfaktor

6.1.1 Konklusjon takbjelke

Simulasjonen viser følgende resultater:

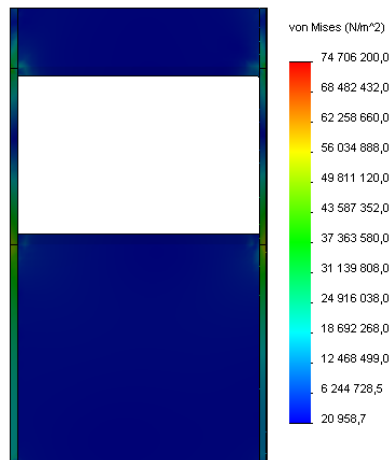
- Maks stress: 71MPa (Strekkfasthet i materialet: 240MPa)
- Maks forskyving: 12mm
- Minimum sikkerhetsfaktor: 3

Det er som forventet at det største stresset i takbjelken ble på aluminiumsskinnene som skjører I-bjelkene, noe som ga en sikkerhetsfaktor på 3. Dersom det hadde vært forventet at brukerne av brohuset skulle oppholde seg mye oppå taket, ville ikke en sikkerhetsgrad på 3 være nok. I dette tilfellet er det tilstrekkelig, da det eneste som skal forgå på taket er montering av projektorer, strekking av kabel og eventuelt noe vedlikehold.

6.2 Veggmodul

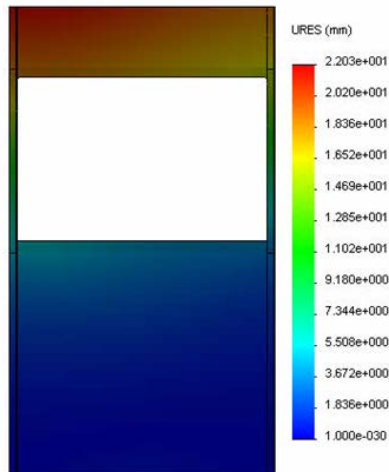
Takbjelkene i forrige avsnitt skal monteres oppå veggprofilen, derfor er det viktig at også disse kan tåle en belastning på 500kg. Testen blir derfor utført med en kraft på 5000N på hver side av veggmodulen hvor c-profilen er festet. Selv om dette gir en totalkraft på 10000N vil det gi ett godt bilde av hvordan veggmodulen oppfører seg i virkeligheten.

Første testen viser stress i veggmodulen:



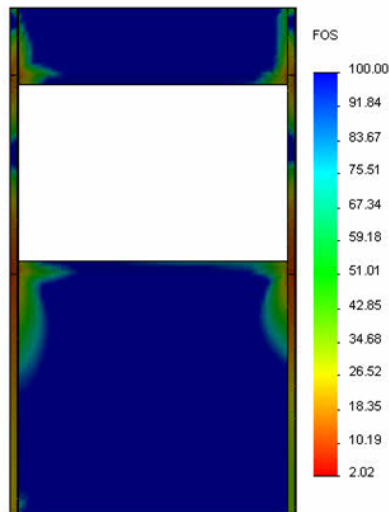
Figur 16 - Stress

Andre testen viser forskyvninger i veggmodulen:



Figur 17 – Forskyvning

Til slutt testes sikkerhetsfaktoren:



Figur 18 - Sikkerhetsfaktor

6.2.1 Konklusjon

Simulasjonen viser følgende resultater:

- Maks stress: 74MPa (Strekfasthet i C-profil: 240MPa, Tynnplate:570MPa)
- Maks forskyving: 22mm
- Minimum sikkerhetsfaktor: 2

Denne testen bekrefter at veggmodulen tåler de påkjenningene som påføres av takbjelkene. Selv om forskyvningen på 22mm er litt i meste laget, ligger det meste av forskyvningene i det horisontale planet. Dersom man tar i betraktning at takbjelkene holder veggmodulen fast i det horisontale planet, så vil forskyvningen bli neglisjerbar.

7. Sammenstilling

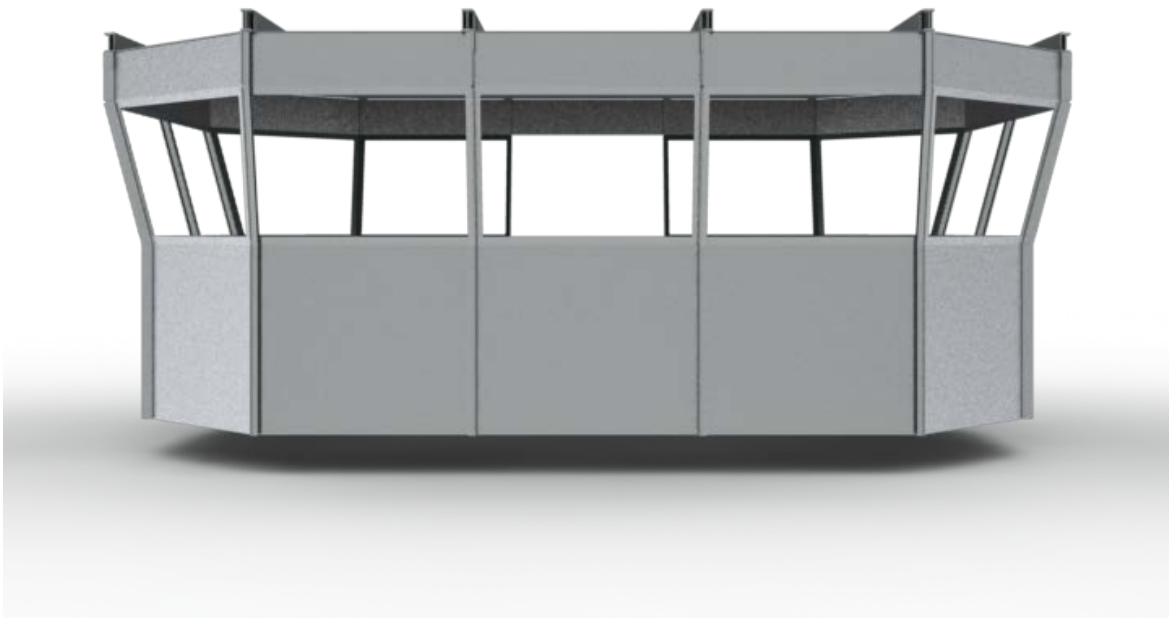
Skipsbrohuset er satt opp av 75 deler, dette er litt for mange deler å ha i en enkel sammenstilling. Derfor er det laget et par "del sammenstillinger" som for eksempel med hjørnene, her består hver hjørnemodul av ett hjørne og to veggmoduler. Dette gjør den endelige sammenstillingen mye enklere.

Gulvet er ikke med i denne sammenstillingen da denne delen fortsatt er under utvikling, men det er tenkt at det blir konstruert opp på samme måten som taket ble gjort.

Inngangen til brohuset kan settes inn i stedet for hvilken som helst veggmodul. Per dags dato består inngangen kun av en tynnplate i toppen, dette er kun for å illustrere hvordan en dør til skipsbrohuset kan plasseres.

Bilde av hvordan skipsbrohuset ser ut når det er fullstendig satt sammen.

Mass properties funksjonen i SolidWorks viser at Konsept 3 vil veie 960Kg, da er ikke gulv lagt til. I Avslutningsfasen (Fase 4) vil videreutvikling av brohuset bli lagt vekt på.



Figur 19 - Skipsbrohus

7.1 Festeordninger

Det benyttes følgende festeordninger:

- Bolter
 - M16 til takbjelkene.
 - M12 til å sammenføye veggmodulene sammen med C-profilen.
- Materiale: 316 Stainless Steel, syrefast (A4)

Dette konseptet baserer seg kun på bolter. Takplatene festes ikke fordi de blir liggende av egen vekt og på en slik måte at de ikke flytter seg. (Refererer til 5.3 Takplater).

8. Konklusjon

Ved å benytte tynnplatteteknikk som del av bæring av konstruksjonen går vekten på brohuset ned grunnet en annerledes utforming av rammeverket enn ved tidligere konsepter.

Det er gått drastisk ned i kompleksitet ved konsept 3. Konstruksjonen består av 5 hovedmoduler som til sammen gjør brohuset. Disse modulene er vegger, hjørner, tak, gulv (som ikke er gjennomført per dags dato) og bæringene i taket som også sannsynligvis også vil bli brukt under konstruksjonen av gulvet.

Det er i denne runden blitt en tilfredsstillende løsning på taket. Det er enkelt å montere og det er gjennomførbart med mange like deler.

FEM beregninger viser at konstruksjonen tilfredsstiller kravspesifikasjonene. Resten av kravspesifikasjonene er fulgt til punkt og prikke. Det som gjenstår til Fase 4 er plassering av dør, føtter og gulv samt konfigurasjoner med ulike størrelser.

Dette er et konsept som vil videreutvikles i Fase 4 (Avslutningsfasen).

9. Vedlegg – Aluminium 7079 egenskaper

Aluminium 7079		
Thermal Conductivity	121.10	W/m C
Density	2740	kg/m ³
Elastic modulus	7.172E+10	Pa
Heat capacity	963.00	J/kg C
Poisson's ratio in XY	0,3300	N/A
Thermal expansion coefficient	24.66	microns/m C
Tensile strength	570	Mpa
Yield strength	505	MPa

- 7079-T6 betyr at materialet er varmebehandlet og herdet.

Dersom aluminiumoverflaten er fersk og den utsettes for luft dannes et tynt (1mm) lag av oksidfilm. Denne "filmen" er ekstremt effektiv til å hindre at aluminium korroderer.

10. Vedlegg – Prosjektplan

+ Fase 1-3 Runde 1	126 days	Mon 16.08.10	Fri 18.02.11	
+ Fase 1-3 Runde 2	14 days	Mon 21.02.11	Thu 10.03.11	Hans Andreas Øyga
- Fase 1-3 Runde 3	22 days	Fri 11.03.11	Mon 11.04.11	Lars Stange; Ryan Hong Moc; Seraj
- Fase 1	1 day	Fri 11.03.11	Fri 11.03.11	
Idemyldring	3 hrs	Fri 11.03.11	Fri 11.03.11	Lars Stange; Ryan H
Utvikle kravspesifikasjoner	1 hr	Fri 11.03.11	Fri 11.03.11	Lars Stange; Ryan Hong Moc; Seraj
- Fase 2	1 day	Fri 11.03.11	Mon 14.03.11	
Valg av løsninger	1 day	Fri 11.03.11	Mon 14.03.11	Lars Stange; Ryan Hong Moc; Seraj
- Fase 3	21 days	Mon 14.03.11	Mon 11.04.11	
Konstruksjon av vegger	7 days	Mon 14.03.11	Tue 22.03.11	Johannes Moen
Konstruksjon av tak	21 days	Mon 14.03.11	Mon 11.04.11	Lars Stange; Johannes
Konstruksjon gulv	12 days	Fri 25.03.11	Mon 11.04.11	Seraj Delavari; Ryan
Beregninger	16 days	Mon 21.03.11	Mon 11.04.11	Lars Stange; Seraj D
Assembly	4 days	Mon 21.03.11	Thu 24.03.11	Hans Andreas Øyga
Kostnadsoversikt	1 day	Thu 24.03.11	Thu 24.03.11	Johannes Moen
+ Eksamensperiode	20 days	Mon 21.03.11	Fri 15.04.11	
+ Fase 4	9 days	Mon 18.04.11	Thu 28.04.11	Lars Stange; Ryan H
+ Sluttrapport	77 days	Mon 07.02.11	Tue 24.05.11	

11.Vedlegg - Deleliste

Beskrivelse	Ant.	Størrelse	Tot. lengde	Vekt	Materiale	Ca pris
Veggmodul	9	2330x1417x4mm	29m ²	317kg	7079 Al	12680kr
Hjørnemodul	4	2315x1500x4mm	14m ²	140kg	7079 Al	8260kr
I-bjelke	10	120x58x10x6mm	26m	48kg	7079 Al	2400kr
C-profil	16	50x35x5mm	40m	60kg	6060 Al	2880kr
Takplater	14	2000x1477x5mm	26m ²	371kg	6082 Al	13356kr
Beslag	12	x	x	x	x	x
M12 syrefast bolt	120	M12 x90mm A4	x	x	316 stål	3240kr
M16 syrefast bolt	36	M12 x90mm A4	x	x	316 stål	x

Konseptdokument: Avslutningsfasen

Dette dokumentet tar for seg videre utvikling av Runde 3 og inneholder mer konkrete detaljer og endelige avgjørelser enn de foregående dokumentene. Det blir presentert ideer og begrunnede forslag som det argumenteres for, og til slutt lages "Endelig produktdokument."

1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	11.05.11	Lagt til dokumentasjon kap 5-8. Og innledning.
1.1	16.05.11	Skrevet Teori og diverse annet materiale.
1.2	27.05.11	Ferdigstilt, rettskrevet, skrevet konklusjon, satt inn bilder
1.3	29.05.11	Satt inn flere bilder.

2. Innledning

Dette dokumentet vil gi en innføring i avslutningsfasen. De tidligere rundene har bestått av å finne stadig bedre løsninger på de viktigste kravene og gradvis legge til flere krav ettersom konseptene har utviklet seg. Målet med avslutningsfasen er komplettering og videreutvikling av konseptet som ble utviklet i Runde 3.

Det som gjenstår for et komplett brohus er å legge til en endelig løsning for gulv og gulvplater samt å legge til dør og justerbare føtter. Videreutviklingen av konseptet fra Runde 3 innebærer ytterligere kostnadsbesparelser og økt produktkvalitet ved å tilpasse best mulig for produksjon, frakt, generell enkelhet og montering.

3. Innhold

1. Dokumenthistorie.....	1
2. Innledning.....	1
3. Innhold.....	2
4. Planlegging	3
5. Teori – bakgrunn og tilegnelse	5
5.1 Krav og Testspesifikasjon.....	5
5.2 Materialvalg.....	6
5.3 Aluminiumlegeringer.....	6
5.3.1 Syrefaste bolter, skiver og mutrer.....	7
5.4 Festeanordninger	7
6. Utbedring av Konsept 3.....	8
6.1 Veggmodul / Hjørnemodul.....	8
6.2 Brakett til tak / gulv.....	9
6.3 Takplater.....	12
7. Konsept 3 – Gulv og gulvplater.....	13
7.1 Gulv - Bæring.....	13
7.2 Gulvplater	13
7.2.1 Gulvplater - Datagulv.....	13
7.2.2 Gulvplater – Eget konsept	14
7.2.3 Gulvplater - Industriegulv.....	15
7.2.4 Endelig valg av gulvplate - Eget konsept 2	16
8. Konsept 3 – Dør	17
9. Konsept 3 – Justerbare føtter.....	18
10. Konsept 3 – Ligningsbasert.....	19
11. Konklusjon	20
12. Vedlegg 1 – Prosjektplan	21
13. Vedlegg 2 – Komplette deleliste.....	22

4. Planlegging

Det er alltid fristende å hive seg på oppgaven og begynne rett på utførelse og problemløsning. Dårlig eller lite planlegging fører til en prøve og feile metode, da kan man miste grepet på sluttproduktet. Dette kan bli dyrt i form av tap av dyrebar tid. Det er derfor viktig med fokus på en god planleggingsprosess der kravspesifikasjon og den overordnede problemstillingen styrer valgene.

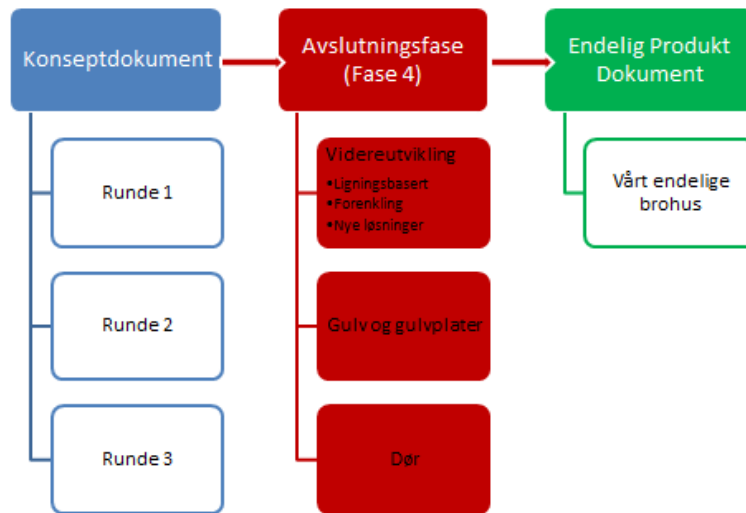
Under planlegging av avslutningsfasen jobbes det med hvordan prosjektgruppen best mulig skal koordineres og ta fatt på de oppgavene som gjenstår. Microsoft project gjennomgås og nødvendige forandringer blir gjort. Etter måneder med samarbeid er rollene innad i gruppen godt fordelt, men avslutningsfasen består av nye oppgaver. I tillegg til videreutvikling av konseptet fra Runde 3 er det dokumenter som beskriver produksjon, transport og sammenstilling som gjenstår.

Etter endt Runde 3 tilfredsstiller konseptet de viktigste kravspesifikasjonene. Nå skal konseptet og kravspesifikasjonen gås etter sømmene for å se etter mulige forbedringer. Målet med denne fasen er at enkeltdelene skal være så enkle som mulig å produsere. Deretter skal oppbyggingen av modulene planlegges slik at de settes sammen med tanke på internasjonal frakt. Det innebærer at modulene overholder mål og vekt slik at det ikke blir nødvendig med spesialfrakt. Modulene skal også settes sammen slik at de er enkle å montere hos kunden, da legges det vekt på at det ikke skal behøves spesialkompetanse, og at to til tre personer skal kunne håndtere modulene uten at det blir for tungt. I tillegg til at de overnente justeringene er positive for sluttproduktets kvalitet, vil det også føre til kostnadsbesparelser for Kongsberg Maritime. Det er mye tid og penger å spare på at det går smertefritt under produksjon, transport og sammenstilling.

Etter milepælspresentasjon i slutten av Runde 3, og et møte med arbeidsgiver kort tid etter, er det gitt gode tilbakemeldinger som er med på å legge føringer på det videre arbeidet. Det kom frem enkelte konkrete justeringer av konstruksjonen, som at nedkanten av vinduet skal være 900mm, dette forandres i kravspesifikasjonen og i SolidWorks- modellen. På taket ble det ønsket av Kongsberg Maritime at takplatene skulle skrues sammen, men etter et nærmere møte angående dette ble gruppas ide for utforming av taket ytterligere presentert og det ble godkjent at å feste takplatene sammen ikke var noe som trengtes. Mer om dette følger videre.

Planleggingsverktøy i avslutningsfasen:

- Microsoft Project
- Dropbox
- Google wave



Figur 1 – Prosjektoversikt

Forklaring (Fig 1):

- Rød: Hvor vi er i stadiet nå. Tar for seg dette dokumentet.
- Blå: Viser runder som er ferdige.
- Grønn: Viser dokumentet som tar for seg vår endelige løsning.

Runde 1, 2 og 3:

- Avsluttet.

Avslutningsfase (Fase 4)

- Strekker seg fra 27.04.11 – 25.05.11¹.

Endelig produktdokument:

- Er planlagt å starte 23.05.11 og slutte 26.05.11. Dette produktet inneholder kun den endelige løsningen. Noe av dette dokumentet vil lages parallelt med Avslutningsfasen ettersom brohuset blir mer og mer ferdig.

¹ Se Vedlegg 1 for mer detaljer om prosjektplan.

5. Teori – bakgrunn og tilegnelse

Oversikt over teori og verktøy benyttet i utførelsen av Avslutningsfasen.

- Solidworks
- SolidProfessor²
- FEM analyser
- Tilvirkningsteknikk og Materialteknologi
- System Design
- Konstruksjonsteknikk

De samme teorier og verktøy ligger til grunn for utførelsen av avslutningsfasen som de tidligere rundene.

Under avslutningsfasen må kunnskap om transport, frakt og emballasje tilegnes slik at alle hensyn tas rundt dette. Dette er med på å bestemme hvordan enkeltdelene skal designes og hvordan modulene skal settes sammen. Dokumenter som produksjonsunderlag og transportunderlag og sammenstillingsdokument vil deretter lages i samråd med oppdragsgiver, da KM har egne rutiner for hvordan de skal lages.

I denne fasen er det fokus på videreutvikling og ferdigstilling av produktet. Gulv, dør og justerbare føtter gjenstår. Det er ikke forventet noen nye utfordringer i SW. Utfordringene ligger heller i valg av løsninger og hvordan videreutvikle konseptet på en best mulig måte frem mot et fullstendig produkt. System design ligger i bunn som teori for hvordan sluttproduktet skal kvalitetssikres. Det vil bli utført FEM analyser av det fullstendige produktet samt en gjennomgang av testspesifikasjonen, der FEM og solidworks benyttes som testverktøy.

5.1 Krav og Testspesifikasjon

I kravspesifikasjonen er det krav fra Kongsberg Maritime (KM) som skal følges (A-krav). Det er også krav som vi har stilt til prosjektet selv (B-krav). Nå i Avslutningsfasen (Fase 4) blir alle krav tatt hensyn til og fulgt

Under følger en oppsummering over krav det er lagt ekstra vekt på i Avslutningsfasen. Det stilles større krav til gruppa nå som dette er det siste dokumentet med muligheter for endring. Her er alt laget i henhold til kravspesifikasjonen og laget riktig med tanke på tegninger som skal benyttes til produksjonsunderlag osv. Henviser til kravspesifikasjonen for mer informasjon om hvert enkelt krav.

² www.solidprofessor.com

Prioriterte krav til konstruksjonen og funksjonalitet til Avslutningsfasen:

- Tynnplatteteknikk (store deler av konstruksjonen)
- Beregninger (tak og gulv)
- Sammenføyningsmateriale er syrefaste (A4) bolter.
- Dør skal på plass og være flyttbar.
- Kabler påvirker ikke funksjonaliteten til brohuset. De er også så lite synlig som mulig.
- Størrelse på brohuset innvendig, tas utgangspunkt i 4500mmx5500mmx2300mm (lxbxh)
 - Brohuset skal innvendig ha plass til 3-4 konsoller akter. De har følgende mål. 1x1100mm, 2-3x650mm. Dette utgjør bredden på brohuset før hjørnene knekkes.
- Avstand fra gulv og opp til nedre vinduskant er 900mm
- At brohuset deles inn i moduler. Ingen lengre enn 3000mm
- Materialet er hovedsakelig aluminiumlegering 7079. Unntak kan gjøres på gulvplater.
- Ingen sveising tillatt for å sette sammen modulene.
- Krav til synsvinkel, dødvinkler og størrelse på vinduer og vindussprosser.
- Justerbare føtter

Testing av kravene har foregått fortløpende underveis og blir oftest gjort med måleverktøy i SolidWorks. Krav som ikke lar seg teste i SolidWorks har vi fått svar på ifra bedrifter, lest i oppslagsverk og dokumenter (DNV) og vi har rådført oss med ekstern veileder Jon Kjell Sandberg hos Kongsberg Maritime. Det er foretatt FEM analyser for å trekke konklusjoner opp imot kravspesifikasjon.

5.2 Materialvalg

Her legges frem tekniske data om materialene som blir benyttet til konstruksjonen. Noen av materialtypene er et krav ifra oppdragsgiver (Kongsberg Maritime), mens andre materialer kan være løsninger gruppen har kommet frem til selv. Det er viktig at materialene kan overflatebehandles.

5.3 Aluminiumlegeringer

- Det veier en tredjedel av jern, og i ren form er aluminium mykt og har lav styrke.
- 7xxx serien har Sink som hovedelement og når du tilsetter små deler av magnesium blir resultatet en legering som er veldig sterk og mulig å varmebehandle.
- 7079 legeringen har høyere flytegrense enn andre aluminiumslegeringer, har gode mekaniske egenskaper og blir brukt der det er kritisk at delene holder lav vekt.
- Blir benyttet i flyindustri, mobile enheter og til hydrauliske enheter.

³Aluminium er et meget gunstig materiale i vår konstruksjon grunnet at det er lett og korrosjonsbestandig. Ut ifra krav i offshore, gitt av DNV, skal det benyttes aluminiumslegering 5058 til denne type prosjekt. Det er derfor også et A-krav ifra Kongsberg Maritime. Denne typen materialer er ikke standardisert i SolidWorks. Vi har forhørt oss og blitt enige med oppdragsgiver om at det benyttes en legering som heter 7079 eller 7076-T6 som erstatter i SolidWorks for å få korrekte beregningsdata.

5.3.1 Syrefaste bolter, skiver og mutrer

Krav fra oppdragsgiver sier at det skal benyttes syrefaste bolter av typen 316 Stainless steel (A4) til sammenstillingen av brohuset. ⁴Syrefast, eller syrebestandig stål, er jern som i tillegg til å inneholde karbon, også har en del nikkel og/eller mangan samt andre metaller som molybden, niob og titan. Dette er dyrt stål som er korrosjonsbestandig og som ikke er reaktivt med aluminium. Det betyr at det ikke får aluminium, som forøvrig er reaktivt i forhold til mange andre metaller, til å forandre egenskaper. Det er viktig i denne konstruksjonen fordi det er stilt krav ifra Kongsberg Maritime at det skal benyttes syrefast materiale i kombinasjon med aluminiumlegering.

5.4 Festeordninger

Vi har følgende festeordninger:

- Bolter
 - M16 til takbjelkene.
 - M6 til å sammenføye veggmodulene, C-profilen og braketten.
- De justerbare føttene har M8 festeløsning.
- Brakettene festes til H-bjelkene ved hjelp av M8 bolter.
- Materiale: 316 Stainless Steel.

Dette konseptet baserer seg kun på bolter. Takplatene og golvplatene festes ikke fordi de blir liggende i ro av egen vekt og på en slik måte at de ikke flytter seg.

³ <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (3.mars 2011) – Vedlegg 12

⁴ http://no.wikipedia.org/wiki/Rustfritt_st%C3%A5l (25.feb 2011)

6. Utbedring av Konsept 3

Etter samtaler innad i prosjektgruppen, og med Kongsberg Maritime er det enighet om å gjøre enkelte utbedringer på brohuset for at det skal blir så funksjonelt og lettvtint som mulig. Dette er det lagt fokus på i Avslutningsfasen. En komplett deleliste er lagt med som vedlegg⁵.

Oversikt over hvilke utbedringer som er blitt gjort:

- Veggmodul / hjørnemodul
- Takplater
- Brakett til tak / gulv

6.1 Veggmodul / Hjørnemodul

I Runde 3 var bredden på en veggmodul 1300mm. I samsvar med Kongsberg Maritime er dette målet endret til 1100mm. Grunnen til det er for å unngå dødvingler for styrmann, og mannskap på skipsbroa. Det er ønskelig at konsollene som blir installert inne i brohuset ikke skal være plassert slik at sprosser er i veien og dekker for nødvendig utsikt for de som bemanner konsollene. Den midterste konsollen akterut i brohuset har en bredde på 1100mm, de andre på sidene har 650mm. Derfor tas det utgangspunkt i veggmoduler med bredde på 1100mm. Dette fører til:

- Brohuset blir mindre enn før med like mange moduler.
- Avstanden mellom hver H-bjelke blir kortere. Dette får innvirkning på både takplater og gulvplater. Kommer mer om dette senere i kapitlet.
- Mindre vekt og størrelse pr modul.
- Det tilfredsstiller fremdeles alle kravene i kravspesifikasjonen.

Videre er avstanden fra gulv til nedre vinduskarm redusert fra 1100mm til 900mm. Dette er et krav fra Kongsberg Maritime. Det begrunnes med følgende punkter:

- Best mulig utsikt alle steder ifra skipbroa.
- Siden det er en skipsbro med 360 graders utsikt, og den kan benyttes til simulerte situasjoner på alle sider av skipet, er det viktig at en har utsyn ned på dekk slik at en har kontroll over alle faremomenter og utfordringer som skulle komme.

Etter samtaler med Kongsberg Maritime er det blitt bestemt at det vil bli benyttet M6 bolter med skiver og sprengskiver som sammenføyningsmateriell for vegg og hjørnemoduler.

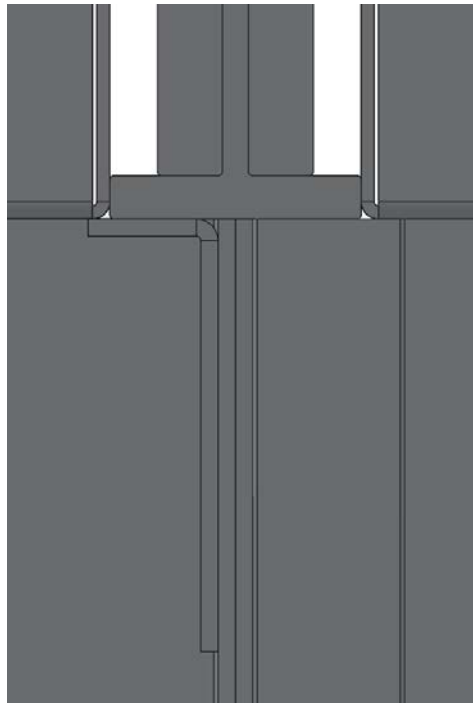
⁵ Se Kapittel 13 – Komplette Deleliste

6.2 Brakett til tak / gulv

Denne braketten har i hovedoppgave å holde H-bjelkene på tak / gulv på plass.

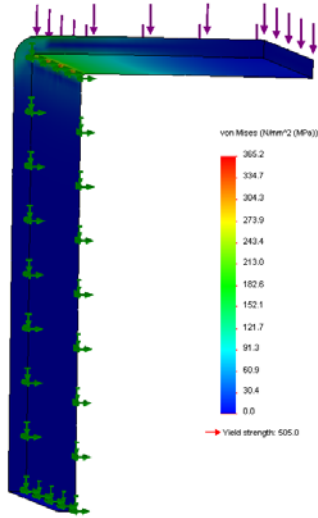
Braketten på taket ble i Runde 3 plassert på en slik måte at når H-bjelkene ble montert ble det forskjellige avstander mellom dem. Dette er pga måten brakettene som holde H-bjelkene er plassert. Hovedproblemet med dette er at det vil føre til ulike størrelser på takplatene. Det betyr mer maskinering, flere ulike deler og mer krevende jobb for montør.

Nå i Avslutningsfasen er dette lagt fokus på, resultatet er blitt en tilfredsstillende løsning som forenkler det hele betraktlig. Som bildet under viser er braketten montert på veggmodulen og festet med bolter som går igjennom braketten, 2 veggmoduler og en C-profil. Dette fungerer på hver eneste modul og det fører til lik avstand mellom hver H-bjelke. Det er til stor hjelp siden en nå kan benytte like størrelser på takplatene. Braketten fungerer nå på hele brohuset. Se kapittel 6.3 Takplater for mer informasjon.

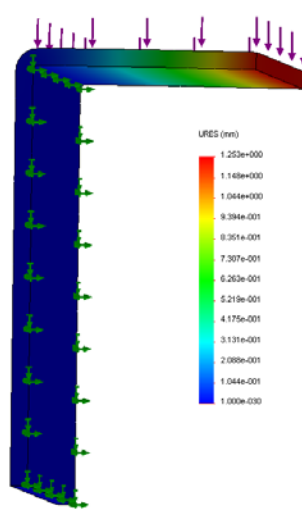


Figur 2 - Brakett

En ide som muligens blir lagt til er å utbedre disse brakettene ved å tilsette ribber. Når det ble foretatt FEM analyse på braketten med 1000N som påført kraft ble resultatene følgende:



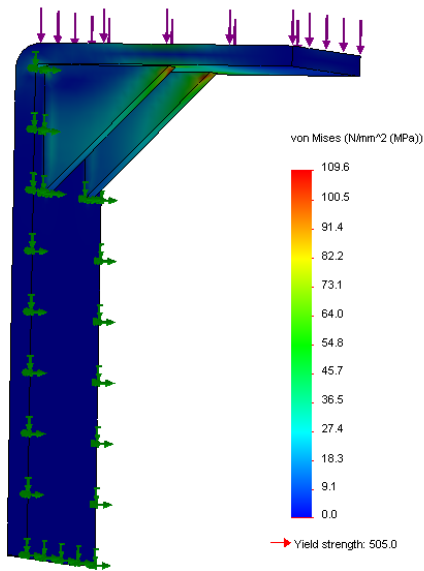
Figur 3 – Stress



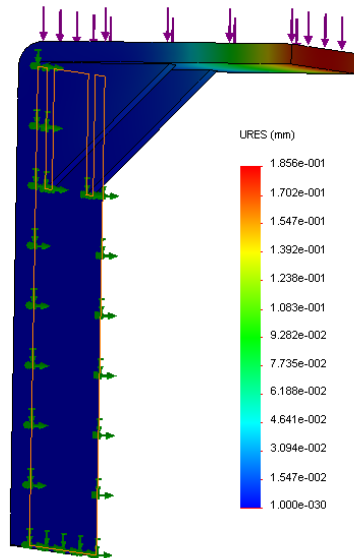
Figur 4 - Displacement

Stress uten ribs: 365Mpa, Yield strengt 505Mpa. FOS ca 1,3. Dette skjer i knekken.

Displacement uten ribs: 1,25mm ytterst.



Figur 5 – Displacement



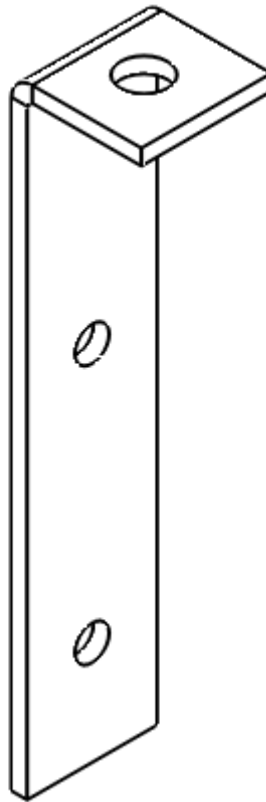
Figur 6 - Stress

Stress med ribs: 110Mpa. Yield str: 505MPa. FOS 4,5. Stresset forflytter seg til ribs.

Displacement: 0,2mm ytterst.

Ser av resultatene at med ribs så er det lavere stress og displacement i materialet. De forsterker så bra at FOS går ifra 1,3 til 4,5. Dette er gode resultater, men det er ikke sikkert at det er nødvendig.

Lengre ut i utviklingsprosessen oppdages det at de nåværende brakettene ikke er nok universale, de passer ikke overalt der man skulle ønske. Dette problemet ble lagt merke til når bolter skulle plasseres. Siden hovedoppgaven til brakettene er å holde H-bjelkene på plass endres designet. Braketten blir laget smalere og tynnere som illustrert av figuren under. Det er plassert to M6 hull og ett M8 på braketten. M6 for å montere braketten sammen med veggmodul og c-profil og M8 for å feste H-bjelken til gulv/tak. Plassering er som tidligere.



Figur 7 - Ny brakett

6.3 Takplater

Takplatene i Runde 3 er noe store og blir tunge med tanke på montering. De ble laget med 3mm godstykkelse og knekt opp i kantene slik at det skulle være mulig å montere bolter fra plate til plate. Dette ble gjort slik at de skulle tåle belastningen fra personer på taket under installering og vedlikehold av blant annet projektorer.

Nå som veggmodulene får en mindre bredde (fra 1300mm til 1100mm) vil dette føre til at H-bjerkene på taket kommer nærmere hverandre. I samråd med Kongsberg Maritime er det kommet frem til følgende løsninger angående takplatene:

- Det blir kortere avstand mellom H-bjerkene. Fører til mindre spenn når belastning blir påført.
- Det er besluttet å benytte 4mm godstykkelse fremfor 3mm pga den minkede avstanden.
 - Dette fører igjen til at det ikke trengs bolter til å feste platene sammen for å tilfredsstille kravet om belastning.
 - Ingen bolter som sammenfører platene fører til at takplatene kan monteres fra innsiden av brohuset likegodt som ifra taket.
- Takplatene generelt:
 - Består av fler enheter enn i Runde 3. Reduserer størrelse, vekt og lettere montering.
 - Takplatene er like overalt, bortsett fra i hjørnene og kortsidene. Dette er nytt. I Runde 3 var det forskjellige mål pga ulik avstand mellom H-bjerkene. Det fordi braketten som er plassert på C-profilen, som holder veggmodulene sammen, var plassert på en annen måte enn den er blitt i Avslutningsfasen.
 - Mer fleksible for montering / demontering.
 - Oppfyller kravspesifikasjonen.

7. Konsept 3 – Gulv og golvplater

Gulv har vært en utfordring igjennom hele prosjektperioden, men i slutten av Runde 3 falt ideene på plass både for bæring og for golvplater. Under følger ulike løsningene på gulv og en gjennomgang av fordelene og ulempene ved dem.

7.1 Gulv - Bæring

Bæringen til gulvet er det samme som prinsippet som til bæringen til taket. H-bjelker i aluminium som skjøtes. Dette er en løsning prosjektgruppen og Kongsberg Maritime er tilfreds med. Det er en økonomisk fordel med like bæring i tak og gulv. Desto mer gjenbruk av like deler i konstruksjonen jo billigere blir det å produsere, og mindre krevende under monteringen.

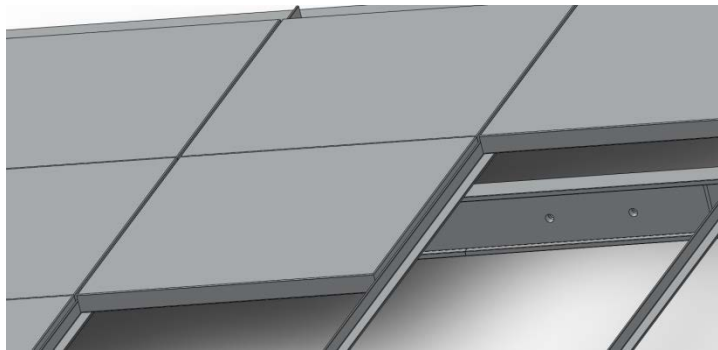
7.2 Golvplater

I denne avslutningsfasen er det 2 til 3 konsepter på golvplater som fungerer og er kandidater å ha med i det endelige produktet. Etter dialog med Kongsberg Maritime kom det frem at det var ønskelig og presenter flere enn et enkelt gulvkonsept før den endelige avgjørelsen blir gjort.

Under kommer det til å bli presentert 3 gulvkonsepter der alle er forskjellige. To av dem eksisterer mer eller mindre, mens det ene ett konsept vi er kommet frem til.

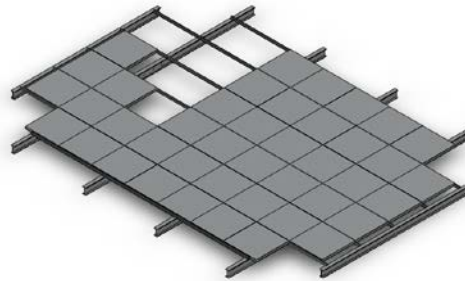
7.2.1 Golvplater - Datagulv

Dette er et eksisterende konsept som ofte blir brukt. Størrelsen på platene er kvadratiske og er 600mm x 600mm. Høyden i vårt konsept må være like høye som T-profilen som ligger vinkelrett oppå H-bjelkene på gulvet. Grunnen til at det benyttes T-bjelker er for at en skal slippe å feste platene til gulvet. Med dette konseptet blir de bare lagt i sporene sinde og holdt på plass av T-bjelkene, som har en avstand i mellom seg på ca 600mm. Høyden som er valgt på datagulvet er 34mm og T-bjelkene har en høyde på 23mm. Illustrert ved bilde under.



Figur 8 - Datagulv

T-bjolkene må festes til H-bjolkene ved hjelp av gjennomgående bolter.

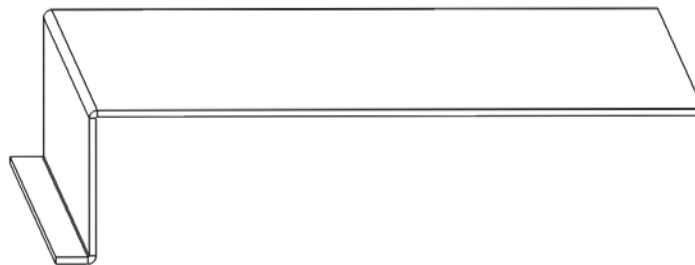


Figur 9 - Sammenstilling av datagulv

Fordeler	Ulemper
Enkelt konsept. Mange like deler	Må benytte seg av T-bjelker og feste disse. Mer jobb for montør. Flere deler totalt.
Robust design.	Kostbart. 700kr pr m ² for datagulv
Lett å montere / demontere	
Eksisterende system	

7.2.2 Gulvplater – Eget konsept

Dette konseptet bygger på mye av det samme som takplatene gjør. Det er basert på tynnplatteteknikk i aluminium slik som store deler av resten av brohuset. Det trengs ingen bolter eller andre sammenføyningsmetoder for å feste platene til hverandre eller til bæringa av gulvet (H-bjolkene).



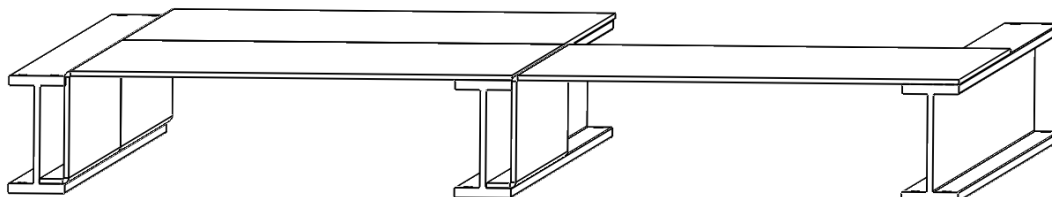
Figur 10 - Eget konsept

Det er et egenutviklet konsept så det er ikke dokumentert hvordan det vil fungere i praksis.

Fordeler	Ulemper
Unikt konsept. Lett å montere / demontere	Aldri blitt laget før. Nytt.
Tynnplatteteknikk.	Skaper problemer i skjøtene til H-bjolkene

Rimelig konsept.	Vanskelig å feste i sidene av brohuset.
Like deler hele veien, bortsett fra hjørnene.	
Trenger ikke T-bjelker som på datagulv	

Viser her et oversiktsbilde av hvordan gulvplatene vil bli seende ut når de er montert sammen med H-bjeldene.



Figur 11 - Sammenstilling av eget konsept

7.2.3 Gulvplater - Industrigulv

Dette er et annet allerede eksisterende konsept som benyttes ute i all slags industri. Gulvplatene er i aluminium og kan være i varierende størrelser og tykkelse etter hva kunden ønsker. Det geniale er måten disse platene er festet til H-bjelken på gulvet. En trenger ikke bore hull i H-bjeldene, men i gulvplatene må det være hull og en foresenka unbrako bolt, med en spesial- "skive" på baksiden av plata. Det er en fordel at bolten er lang slik at den rekker nedenfor det første nivået på H-bjelken.

Disse platene legges oppå H-bjelken, de plasseres slik at en får plass til 2 plater ved siden av hverandre på hver H-bjelke.

Festingen skjer ved at en benytter muttetrekker og skrur unbrakoskruen fast, da vil skiva, som har en halvmåneform, feste seg i underkant av det øverste nivået av H-bjelken og platen sitter fast. For å løsne platen gjøres det på samme måte og skiva vil vri seg ut og platen er løs. Forsenkede bolter gjør at det blir en jevn og fin overflate på gulvet.

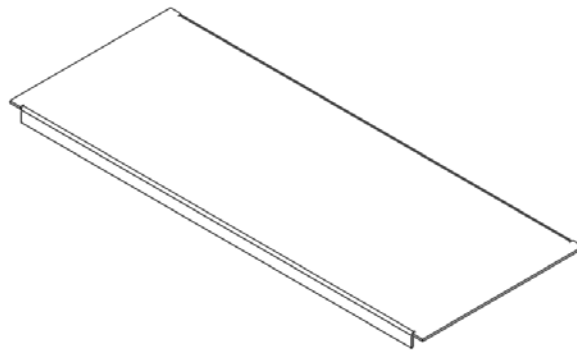
Fordeler	Ulemper
Finnes fra før og fungerer	Skivene som fester seg til H-bjelken kan bli sittende fast, men det løser seg lett.
Få deler. Lett å tilpasse	Må ha muttetrekker på luft eller batteri tilgjengelig.
Ingen hull andre steder enn i platene.	
Like deler hele veien, bortsett fra hjørnene.	
Trenger ikke T-bjelker som på datagulv	

7.2.4 Endelig valg av gulvplate - Eget konsept 2

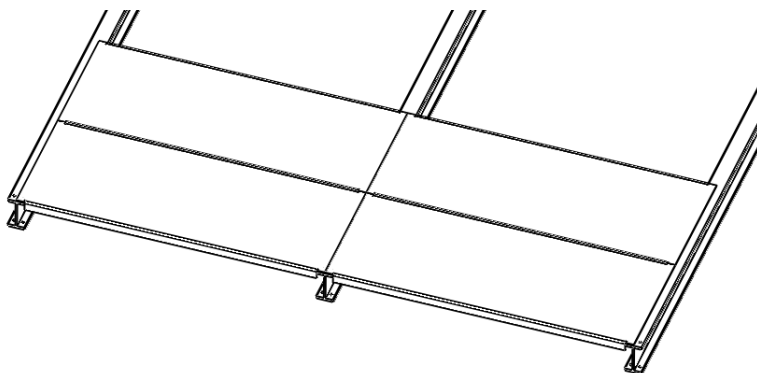
Dette konseptet er en videreutvikling av det egne konseptet som allerede finnes. Det er gjort en del modifikasjoner og resultatet er mer tilfredsstillende. Der som H-bjelkene blir skjøtet var det før problemer, disse slipper vi unna nå og sidene av brohuset er heller ingen problem. Dette er konseptet som blir brukt i det endelige brohuset.

Fordeler	Ulemper
Unikt konsept. Enkelt å montere / demontere	Aldri blitt laget før. Nytt.
Tynnplateteknikk.	
Rimelig konsept.	
Like deler hele veien, bortsett fra hjørnene.	

Under vises en gulvplate. Langsidene er knekt 90 grader for å gjøre platen stivere. Tykkelsen på materialet er satt til 5mm. Kortsidene av platen blir plassert på hver H-bjelke.



Figur 12 - Ny takplate



Figur 13 - Ny takplate vist i sammenstilling

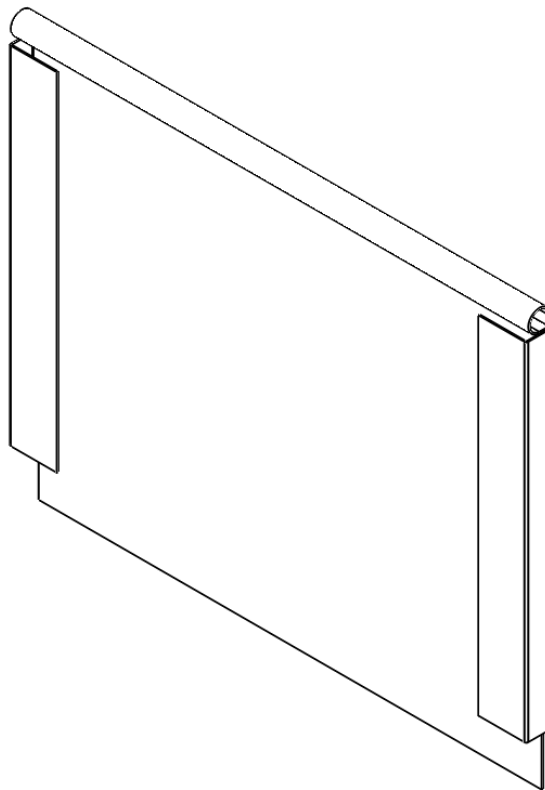
Illustrerer hvordan platene blir plassert på H-bjelker som utgjør gulvet i brohuset.

8. Konsept 3 – Dør

Dør er noe som har vært med i prosessen hele veien, men har ikke blitt prioritert. Nå er det klart for å gjøre ideene om dør om til virkelighet. Brohuset skal ha 360graders utsyn og derfor kan det ikke plasseres en dør uten vindu.

Døra som vil bli brukt i konstruksjonen er kun festet i nedre del av veggmodulen (delen under vinduet) og plassert på midt på baugen av brohuset. Alle veggmodulene er like, så døren kan plasseres etter eget ønske. Den blir festet med hengsler skrudd i veggmodulen under nivået på vinduene (900mm). Over døren vil det da være åpent og fullt utsyn. Over vindusnivå blir det lagt på en bred list av aluminiums tynnplate opp til taket og vil stå i stil med resten av brohuset.

Døren er laget ved tynnplatteteknikk. Den knekkes til en sirkelfasong med en radius på 20mm i toppen. Dette for å forebygge mot skarpe kanter. Den knekkes videre 90 grader 2 ganger på sidene. Det gjør at døra blir stivere og kantene kan og brukes til å lukke og åpne døren. Døren kan kun åpnes utover, grunnen til det er for å få inn konsoller på 1100mm, det hadde vært betraktelig verre dersom døren hadde gått innover, eller begge veier. For at det skal gå an å lukke døren benyttes det magneter som limes på brohuset og på døra.

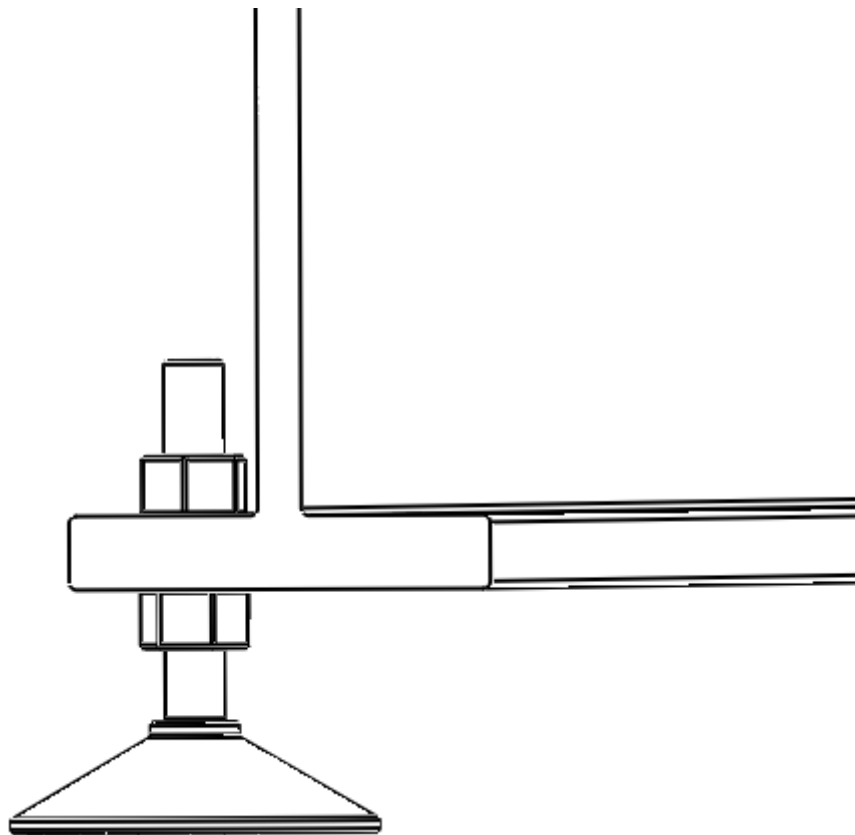


Figur 14 - Dør

9. Konsept 3 – Justerbare føtter

I likhet med døren så er justerbare føtter noe som er hele tiden har vært i tankene, men ikke satt i gang med skikkelig før nå. Det er fordi det ville vært unødvendig å bruke tid på en så liten detalj tidligere med tanke på alle de andre avgjørende delene i brohuset.

De justerbare føttene er allerede på markedet og kan handles inn uten noen endringer. De kommer i syrefast materiale. Føttene kommer til å bli festet under hver ende på hver H-bjelke. H-bjerkene blir boret og gjenget hull i fra fabrikant slik at hullene stemmer overens med et M8 gjengesnitt på de justerbare føttene. Måten man justerer disse på er ved hjelp av en fastnøkkel som du bruker til å skru en mutter, liggende på undersiden av H-bjelken, opp eller ned etter ønsket behov. Hovedfunksjonen til de justerbare føttene er å stabilisere små ujevnheter i gulvet, vandring på 20-30mm er nok. Bildet under illustrerer en justerbar fot som er festet i H-bjelken på gulvet. Disse kjøpes hos Arnott-group⁶.

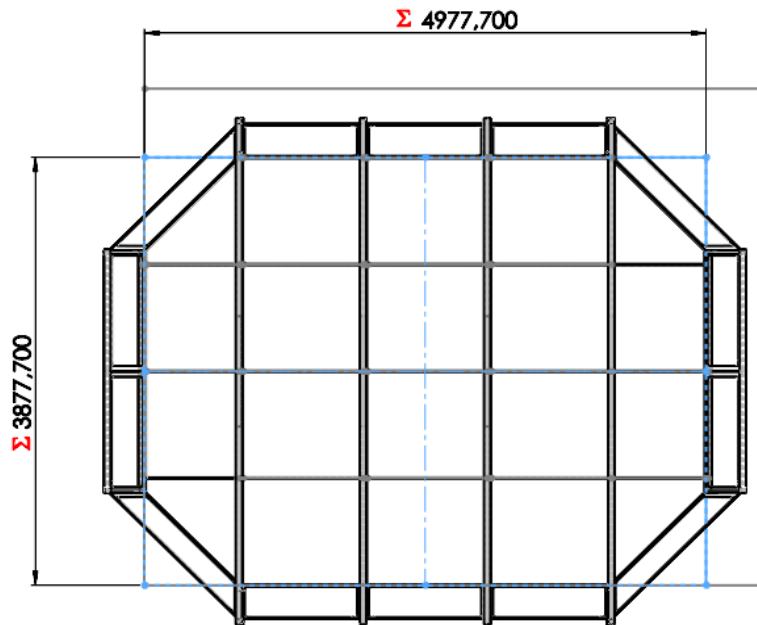


Figur 15 - Justerbare føtter

⁶ www.arnott-group.co.uk

10.Konsept 3 – Ligningsbasert

På oppfordring fra Kongsberg Maritime er det gjort en innsats for å få hele brohuset ligningsbasert i SolidWorks. Dette er en krevende prosess og krever innsikt i ligninger i SolidWorks. Dette har sine fordeler først og fremst når en skal fremstille brohuset visuelt. Det er laget en modell som er ligningsbasert, som kun er for å illustrere dette.



Figur 16 - Ligningsbasert

Active	Equation	Evaluates To	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	1 "Width@DoNotTouch" = (int(("Width@AvailableArea"-1677.7)/1100))*(110...	✓ 4977.7mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	2 "Length@DoNotTouch" = (int(("length@AvailableArea"-1677.7)/1100))*(11...	✓ 3877.7mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	3 "D1@WidthWallModulePatternFront" = int("Width@DoNotTouch"- 1675....	✓ 3	
<input checked="" type="checkbox"/>	4 "D1@LengthWallModulePatternLeft" = int("Length@DoNotTouch"- 1675....	✓ 2	
<input checked="" type="checkbox"/>	5 "D1@WidthWallModulePatternBack" = int("Width@DoNotTouch"- 1675.3...	✓ 3	
<input checked="" type="checkbox"/>	6 "D1@LengthWallModulePatternRight" = int("Length@DoNotTouch"- 167...	✓ 2	
<input checked="" type="checkbox"/>	7 "D1@Sketch1@Alunor120x58.Part" = ("Length@DoNotTouch"+100)/2	✓ 1988.85mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	8 "D1@FloorBeams" = int(("Width@DoNotTouch"- 1675.34)/1100)+1	✓ 4	
<input checked="" type="checkbox"/>	9 "D1@Sketch1@Alunor120x58 - Roof.Part" = ("Length@DoNotTouch"+710...	✓ 2294.31mm	
<input checked="" type="checkbox"/>	10 "D1@RoofBeams" = int(("Width@DoNotTouch"- 1675.34)/1100)+1	✓ 4	
<input checked="" type="checkbox"/>	11 "D1@Sketch1@Alunor120x58 - Side.Part" = "Length@DoNotTouch"-1671.7	✓ 2206mm	

Figur 17 - Ligninger

Hovedmodellen er ikke laget på denne måten. Det er lettere å endre og tilpasse modellen dersom den ikke er ligningsbasert, det er også enklere for datamaskinen.

11. Konklusjon

Denne fasen har vært nyttig for kvaliteten på sluttproduktet. Brohuset er gjennomgått og hver enkelt del er diskutert og forsøkt forbedret. Det har vært verdifullt siden det er kommet opp løsninger som forenkler konseptet.

Nevner som eksempel:

- Brakett:
 - Ny plassering og form – Lik lengde mellom H-bjelkene på taket. Lik bredde på takplatene.
- Gulv og gulvplater:
 - Fire (4) gode løsninger til gulvplater. Velger å gå for vårt eget konsept nr 2. Det er enklest å montere, billigst å produsere og baseres på tynnplatteteknikk.
- Justerbare føtter:
 - Gode enkle løsninger som enkelt lar seg feste i H-bjelkene. Gjør at brohuset kan kompensere for ujevnheter og små høydeforskjeller på gulv.
- Dør er laget av tynnplatteteknikk. Hengslene kjøpes fra forhandler. Refererer til avsnitt om dør.
 - Døren kan skiftes ut med alle veggmoduler
 - Dørens høyde strekker seg til nedre vinduskant slik at det er åpning, på samme måte som i veggmodulene, der det ellers ville vært vindu.
 - Døren lukkes ved hjelp av magneter.

Ligningsbasert brohus der følgende fordeler trekkes frem:

- Enklere for Kongsberg Maritime å endre størrelse på brohuset.
- Enklere for kunder å se hvordan brohuset visuelt vil bli seende ut.
- Du kan enkelt se, og måle opp, hvor begrensninger går med tanke på romstørrelse og hva kunden trenger.

12.Vedlegg 1 – Prosjektplan

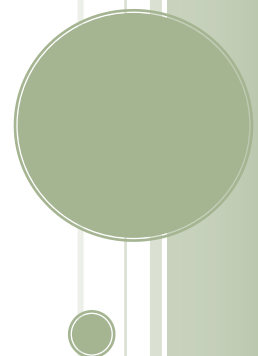
+ Undervisning	12 days	Mon 16.08.10	Tue 31.08.10
+ Oppstart	47,38 days	Wed 01.09.10	Fri 05.11.10
+ Dokumentasjon	136 days	Fri 05.11.10	Thu 26.05.11
+ Presentasjoner	118 days	Tue 21.12.10	Tue 07.06.11
+ Møter	103,25 days	Mon 10.01.11	Thu 02.06.11
+ Fase 1-3 Runde 1	25 days	Mon 17.01.11	Fri 18.02.11
+ Fase 1-3 Runde 2	14 days	Mon 21.02.11	Thu 10.03.11
+ Fase 1-3 Runde 3	16 days	Fri 11.03.11	Fri 01.04.11
+ Eksamensperiode	20 days	Mon 21.03.11	Fri 15.04.11
- Avslutningsfase (Fase 4)	22 days	Wed 27.04.11	Thu 26.05.11
- Utvikle konseptet	18 days	Wed 27.04.11	Fri 20.05.11
Videreutvikle taket	8 days	Wed 27.04.11	Fri 06.05.11
Videreutvikle gulv	8 days	Wed 27.04.11	Fri 06.05.11
Utvikle gulvplater	14 days	Wed 27.04.11	Mon 16.05.11
Sette på plass dør	10 days	Mon 02.05.11	Fri 13.05.11
Kostnadsbesparelser	5 days	Mon 09.05.11	Fri 13.05.11
Produksjonsvennelighet	5 days	Mon 09.05.11	Fri 13.05.11
Fraktbarhet	5 days	Mon 16.05.11	Fri 20.05.11
Utbedringer av sluttprodukt	5 days	Mon 16.05.11	Fri 20.05.11
- Testing	1 day	Thu 26.05.11	Thu 26.05.11
Gjennomgå testspesifikas	1 day	Thu 26.05.11	Thu 26.05.11
+ Sluttrapport	81 days	Mon 07.02.11	Mon 30.05.11
+ Hovedpresentasjon	20 days?	Mon 16.05.11	Fri 10.06.11

13.Vedlegg 2 – Komplette deleliste

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	Thickness	Weight	QTY.	Total Weight
1	WallModule		7075-T6 (Alu)	3	14 921	9	134 291
2	CornerModule		7075-T6 (Alu)	3	17 358	4	69 430
3	Cprofile		7075-T6 (Alu)		3 685	7	25 795
4	CprofileMirror		7075-T6 (Alu)		3 685	7	25 795
5	Alunor120x58 - Floor	AluNor	6063-T83 (Alu)		9 425	8	75 399
6	Alunor120x58 - Roof	AluNor	6063-T83 (Alu)		10 883	8	87 061
7	Alunor120x58 - Side	AluNor	6063-T83 (Alu)		10 464	4	41 856
8	NS100x15	Norsk-staal	6063-T6 (Alu)		4 009	16	64 140
9	FloorPlate	Normal	7075-T6 (Alu)	5	7 440	27	200 868
10	FloorPlate	Short version for sides	7075-T6 (Alu)	5	5 641	6	33 844
11	FloorCorner		7075-T6 (Alu)	5	10 971	2	21 942
12	MirrorFloorCorner		7075-T6 (Alu)	5	10 971	2	21 942
13	RoofPlate	Normal	7075-T6 (Alu)	4	10 183	21	213 839
14	RoofPlate	Long version for sides	7075-T6 (Alu)	4	10 599	4	42 396
15	RoofPlateCorner		7075-T6 (Alu)	4	16 723	2	33 446
16	MirrorRoofPlateCorner		7075-T6 (Alu)	4	16 723	2	33 446
17	AngleBracket		7075-T6 (Alu)		29	24	686
18	Door		7075-T6 (Alu)	3	10 701	1	10 701
19	DoorTop		7075-T6 (Alu)	3	3 932	1	3 932
20	AdjustableFoot	(M8 x 40; 50)Arnott Group	Stainless steel 316			16	-
21	DIN 7990 - M16 x 45-WN	M16 Hex bolt	Stainless steel 316			32	-
22	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M16 - N	M16 Thin nut	Stainless steel 316			32	-
23	B18.2.3.5M - Hex bolt M6 x 1.0 x 30 --30N		Stainless steel 316			97	-
24	B18.2.2M - Plain washer, 6 mm, narrow		Stainless steel 316			97	-
25	DIN 6905-5.5-FSt	M6 Spring lock washer	Stainless steel 316			97	-
26	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M6 x 1 --D-N		Stainless steel 316			97	-
27	B18.2.2M - Plain washer, 8 mm, narrow		Stainless steel 316			24	-
28	B18.2.3.1M - Hex cap screw, M8 x 1.25 x 30 --30N		Stainless steel 316			24	-
29	DIN 6905-7.4-FSt	M8 Spring lock washer	Stainless steel 316			24	-
30	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M8 x 1.25 --D-N		Stainless steel 316			24	-
31	Hinge	Allegis Corp	-			2	-
Total:						721	1141 Kg

Endelig produkt dokument

Dette dokumentet er et resultat fra de tre foregående konseptdokumentene samt Avslutningsfasen. Her presenteres det endelige produktet.



1. Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer
1.0	16.05.11	Satt opp mal og disposisjon til innhold
1.1	18.05.11	Skrevet diverse punkter, laget oversiktsbilde.
1.2	26.05.11	Rettskriving, laget konklusjon. Satt inn bilder.

2. Innledning

Siden januar 2011 har prosjektgruppen vært gjennom 3 runder med produktutvikling og en avslutningsfase viet til ferdigutvikling av det endelige produktet. I hver runde ble nye konsepter til og videreutviklet. Ettersom prosjektgruppen fikk økt kunnskap i modelleringsverktøyet SW og om produksjonsmetoder ble produktet forbedret fra runde til runde.

Dette dokumentet presenterer det endelige produktet av brohuset. Det vil gi en detaljert beskrivelse av brohusets egenskaper og delene det består av. De ulike valg som er gjort angående konstruksjonen blir ikke diskutert i dette dokumentet ettersom de er redegjort for i tidligere konseptdokumenter

3. Innhold

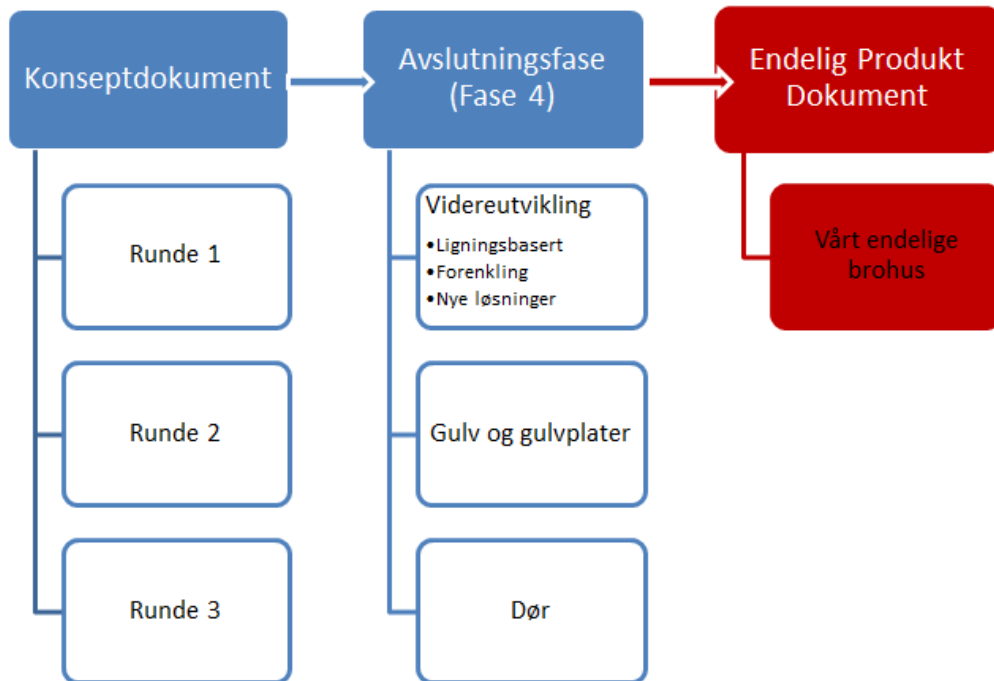
1.	Dokumenthistorie.....	1
2.	Innledning.....	1
3.	Innhold.....	2
4.	Planlegging	4
5.	Kravspesifikasjonen VS Testspesifikasjon.....	5
6.	Materialvalg.....	6
6.1	Aluminiumlegeringer	6
6.1.1	Syrefaste bolter, skiver og mutrer.....	6
6.2	Festeanordninger	7
7.	Skipsbrohus	8
7.1	Hovedsammenstilling.....	10
7.2	Vegger.....	11
7.2.1	Veggmodul.....	12
7.2.2	Hjørnemodul.....	13
7.2.3	C-profil	14
7.3	Tak	15
7.3.1	Bæring	16
7.3.2	Skjøting av H-bjelker.....	17
7.3.3	Takplater.....	18
7.4	Gulv.....	19
7.4.1	Bæring	20
7.4.2	Skjøting av H-bjelker.....	20
7.4.3	Gulvplater	21
7.5	Brakett.....	22
7.6	Dør	22
7.7	Justerbare føtter.....	24
8.	Etterbehandling.....	25
8.1	Eloksering	25
8.2	Pulverlakkering.....	26

8.3	Generell overflatefinish.....	26
9.	Konklusjon.....	27
10.	Endelig resultat.....	28
11.	Vedlegg 1 – Komplette deleliste.....	29

4. Planlegging

Planleggingsverktøy Endelig Produkt Dokument:

- Microsoft Project
- Dropbox
- Google wave



Figur 1 – Prosjektoversikt

Forklaring (Fig 1):

- Rød: Hvor vi er i stadiet nå. Tar for seg dette dokumentet.
- Blå: Viser runder som er ferdige.

Konseptdokument og Avslutningsfasen (Fase 4):

- Avsluttet.

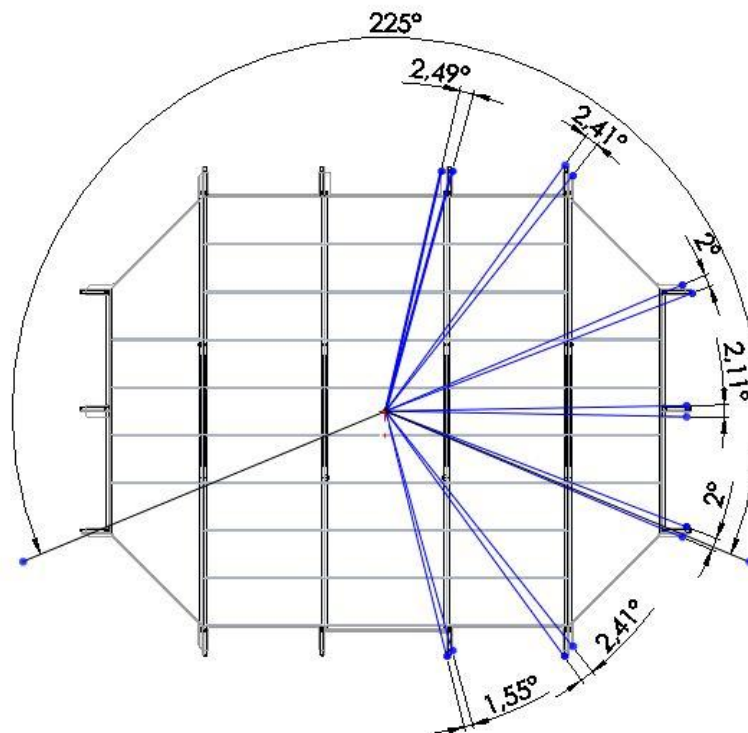
Endelig produkt dokument:

- Er planlagt å starte 23.05.11 og slutte 26.05.11. Dette produktet inneholder den endelige løsningen.

5. Kravspesifikasjonen VS Testspesifikasjon

I kravspesifikasjonen¹ er det krav fra Kongsberg Maritime (KM) som skal følges, de betegnes som A-krav. Det er også krav som prosjektgruppen har stilt i tillegg som betegnes som B-krav. I Avslutningsfasen (Fase 4) ble alle A og B-kravene til selve konstruksjon oppfylt og det ble foretatt kontroller opp imot testspesifikasjonen².

For å trekke frem et eksempel på hvordan et krav er testet illustrerer figuren under at brohuset dekker kravet om at summen av dødsvinkler ikke skal overstige 30grader i en siktssone på 225grader.



Figur 2 - Dødsvinkler

I dette dokumentet er de resterende kravene om produksjonsunderlag, sammenstillingsdokument og logistikkdokument gjennomgått opp imot testspesifikasjonen. Disse dokumentene er blitt satt sammen i samarbeid med fagpersonell fra Kongsberg Maritime, da de har egne rutiner for hvordan disse skal gjøres.

¹ Kravspesifikasjonsdokument

² Testspesifikasjonsdokument

6. Materialvalg

Her legges frem tekniske data om materialene som blir benyttet til konstruksjonen. Noen av materialtypene er et krav ifra oppdragsgiver (Kongsberg Maritime), mens andre materialer kan være løsninger gruppen har kommet frem til selv. Det er viktig at materialene kan overflatebehandles.

6.1 Aluminiumlegeringer

- Det veier en tredjedel av jern, og i ren form er aluminium mykt og har lav styrke.
- 7xxx serien har Sink som hovedelement og når små deler av magnesium tilsettes blir resultatet en legering som er veldig sterk og mulig å varmebehandle.
- 7079 legeringen har høyere flytegrense enn andre aluminiumslegeringer, har gode mekaniske egenskaper og blir brukt der det er kritisk at delene holder lav vekt.
- Blir benyttet i flyindustri, mobile enheter og til hydrauliske enheter.

Aluminium³ er et meget gunstig materiale i vår konstruksjon grunnet at det er lett og korrosjonsbestandig. Ut ifra krav i offshore, gitt av DNV, skal det benyttes til denne type prosjekt aluminiumslegering 5058, det er derfor også et A-krav ifra Kongsberg Maritime. Denne typen materialer er ikke standardisert i SolidWorks. Vi har forhørt oss og blitt enige med oppdragsgiver at vi benytter en legering som heter 7079 eller 7076-T6 som erstatter i SolidWorks for å få korrekte beregningsdata.

6.1.1 Syrefaste bolter, skiver og mutrer

Krav fra oppdragsgiver sier at det skal benyttes syrefaste bolter av typen 316 Stainless steel (A4) til sammenstillingen av brohuset.⁴ Syrefast, eller syrebestandig stål, er jern som i tillegg til å inneholde karbon, også har en del nikkel og/eller mangan samt andre metaller som molybden, niob og titan. Dette er dyrt stål som er korrosjonsbestandig og som ikke er reaktivt med aluminium. Det betyr at det ikke får aluminium, som forøvrig er reaktivt i kontakt med mange andre metaller, til å forandre egenskaper. Det er viktig i denne konstruksjonen siden det skal benyttes syrefast materiale i kombinasjon med aluminiumlegering.

³ <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (3.mars 2011) – Vedlegg 12

⁴ http://no.wikipedia.org/wiki/Rustfritt_st%C3%A5l (25.feb 2011)

6.2 Festeordninger

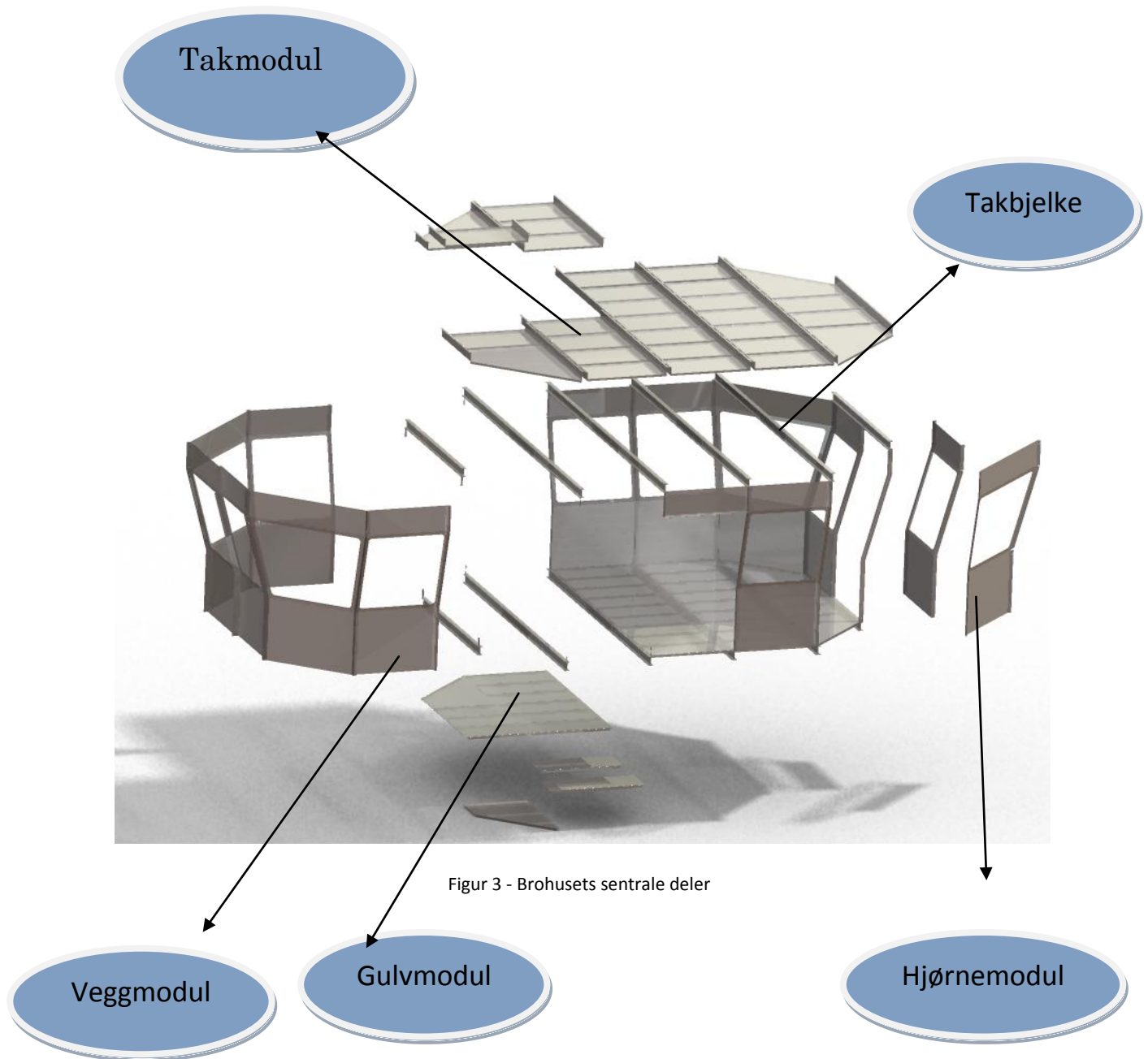
Vi har følgende festeordninger:

- Bolter
 - M16 til å skjøte takbjelkene sammen.
 - M8 til å sammenføye veggmodulene sammen med C-profilen. Brakett fester også med M8
 - M6 til å feste dørhengslene
- Materiale: 316 Stainless Steel, syrefast (A4)

Dette konseptet baserer seg kun på bolter. Takplatene og gulvplatene festes ikke fordi de blir liggende av egen vekt og på en slik måte at de ikke flytter seg. (Refererer til 5.3 Takplater).

7. Skipsbrohus

Viser brohusets sentrale deler samt en oversikt over alle deler i en deleliste⁵.



Figur 3 - Brohusets sentrale deler

⁵ Vedlegg 11: BOM – Bill of Materials

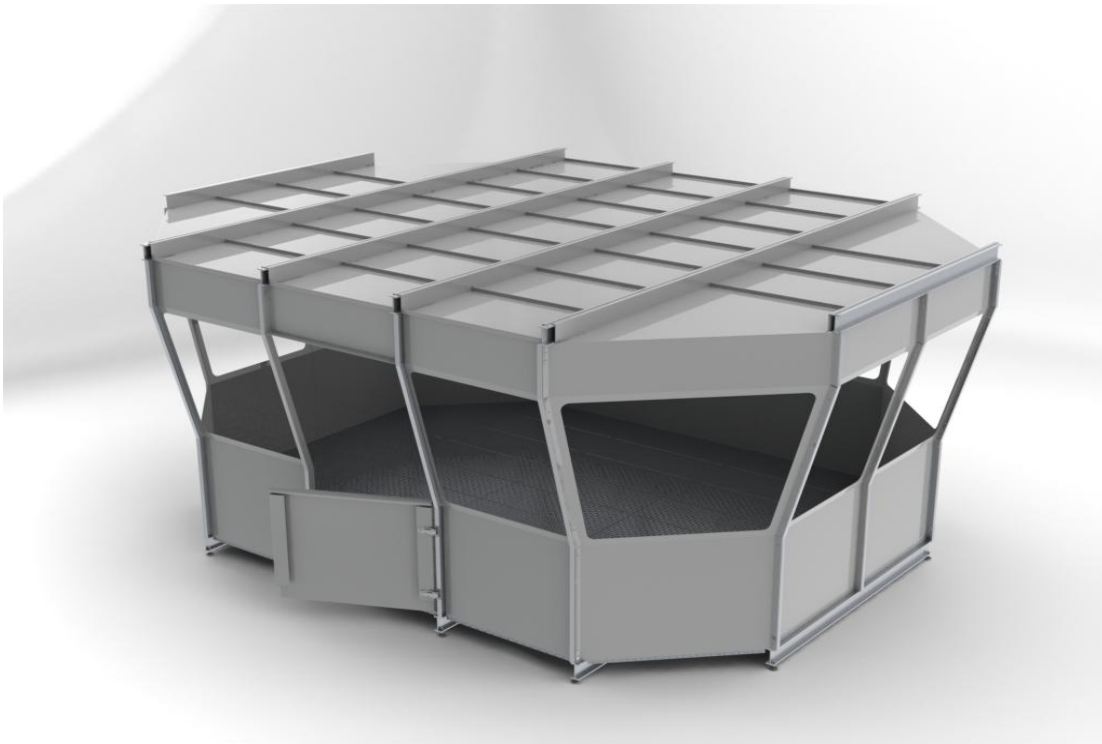
Gjennom de foregående Konseptdokumentene og Avslutningsfasen er det endelige produktet blitt fremstilt. Det vil bli gjort rede for alle delene brohuset består av og lagt frem fakta rundt disse. Det vil bli referert til kravspesifikasjonen for å vise til at delene oppfyller ønskede krav.

Sammenlignet med tidligere konsepter nevnes det noen klare fordeler:

- Betraktelig lettere av vekt (1141kg)
- Bestående av færre deler
- Mindre kompliserte deler
- Betraktelig billigere enn tidligere konsepter.
- Lar seg enkelt montere sammenlignet med tidligere konsepter
- Tynnplateteknikk er benyttet på alle deler bortsett fra bæring til tak, gulv og stivere til vegg.
- Standardiserte deler, hylleware.
- Endring av størrelse på brohuset lar seg lett endre ved å skifte ut veggmoduler, tak og gulv er og lett å endre siden delene er like
- Dør lar seg enkelt skifte ut med veggmodul etter ønsket plassering eller behov.

For mer informasjon om tekniske data henvises til dokumentene for *Produksjonsunderlag* og *Sammenføring*.

7.1 Hovedsammenstilling



Figur 4 - Skipsbrohus

Over vises det endelige produktet av brohuset. Det er basert på å inneholde en midtkonsoll med bredde på 1100mm og en konsoll på hver side av denne på 650mm. Disse plasseres i baugen (fremre del) av brohuset. Dette er et minstekrav for at en brohussimulator skal være operativ. Brohuset er, i tråd med krav fra arbeidsgiver, konstruert på en slik måte at størrelse kan endres alle veier ved å legge til veggmoduler etter ønske fra kunde.

Etter samtaler med Kongsberg Maritime er det bestemt at brohuset som blir presentert i dette dokumentet vil være standardstørrelsen. Brohuset vil ha et lerret rundt med en diameter på 16m, altså en radius på 8m ifra senter av brohuset, dette i seg selv gjør at lokalet det blir satt opp i må ha god plass. Det er da tenkt at brohuset ikke skal være større enn nødvendig.

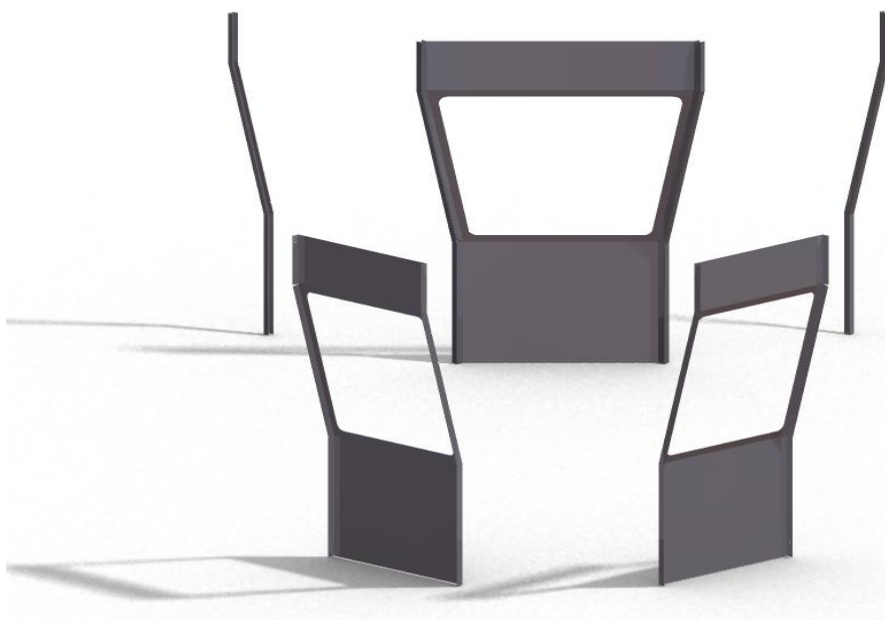
7.2 Vegger

Veggene er bygd opp på tynnplatteteknikk. Ved montering stives de av ved hjelp av en C-profil som festes i H-bjelken på tak og gulv. C-profilen er ikke synlig fra innsiden av brohuset og vil dermed ikke ha noen innvirkning på kravet om at srossene skal holde en diameter på 60-80mm. Det følger mer detaljer i underavsnitt.

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 7075-T6	
Festemateriale	M6, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast



Figur 5 - Hjørne og 2 veggmoduler



7.2.1 Veggmodul

Hver veggmodul har en lengde på 1100mm og en høyde på 2350mm. For å få vinduene til å skrå utover er de knekt 15grader. 60mm av ytterkantene på veggmodulene blir knekt 90 grader utover, dette for å feste en veggmodul til en annen, samt gjøre modulen stivere og til støtte for tak. Legger frem noen fordeler:

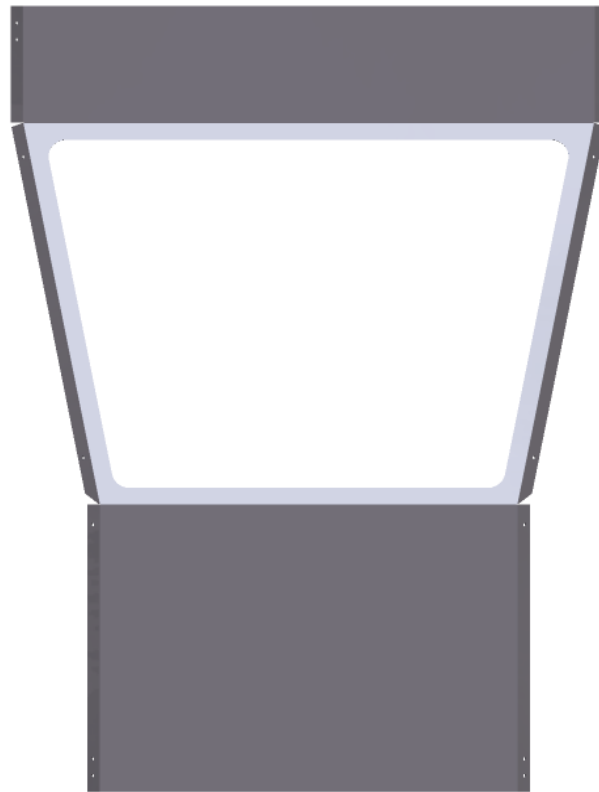
- Enkel å produsere
- Enkel å montere
- Forholdsvis lett av vekt sammenlignet med tidligere veggmoduler. (ca 15kg)
- Praktisk med tanke på skjuling av C-profil samt festing av brakett til bæring til tak og gulv.
- Lar seg lett skifte ut med dør.
- Ferdig sammensatt, og med C-profil som stiver, er det et robust produkt.



Figur 6 - Veggmodul

7.2.2 Hjørnemodul

Hjørnemodulene blir konstruert på samme måte som veggmodulene, forskjellen er at siden vinduene heller 15 grader utover, så må hjørnemodulene øke i bredden for å kunne festes i veggmodulene. Ytterkantene knekkes 45 grader utover.



Figur 7 - Hjørnemodul

7.2.3 C-profil

C-profiler blir brukt i konstruksjonen og boltes sammen med to veggmoduler. Det vil sørge for ekstra kraftfordeling fra tak til gulv og støtte til bæringer i taket. Videre vil det føre til økt stabilitet til konstruksjonen som helhet.

Profilen er, som bilde illustrerer, i samme fasong som veggmodulene og monteres på utsiden av brohuset.

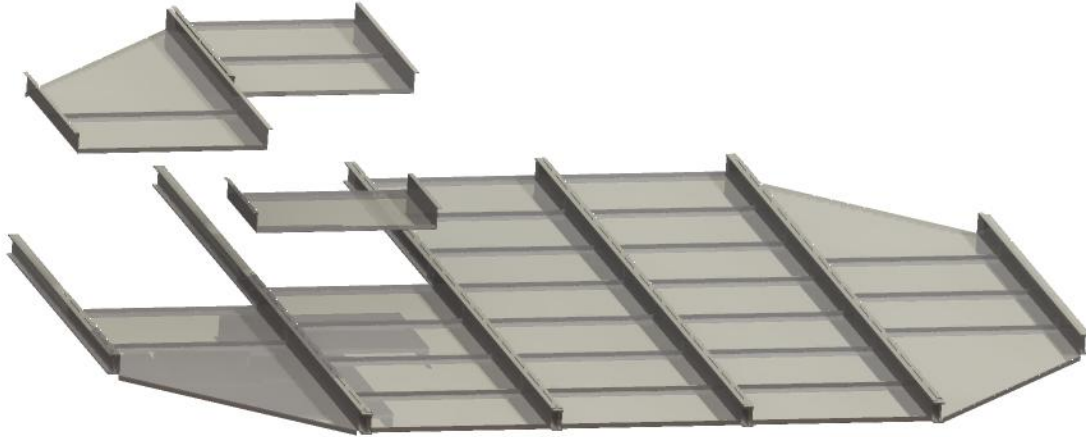


Figur 8 - C-profil

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 7075-T6	
Festemateriale	M6 og M8, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast

7.3 Tak

Taket har bydd på store utfordringer og mange konsepter er forkastet, men sluttresultatet ble et tilfredsstillende og meget enkelt konsept. Det er lagt fokus på å tenke enkelhet i forhold til både produksjon og sammenstilling under utvikling av brohuset. Taket er et veldig godt eksempel på både enkelhet og funksjonalitet. Mer om dette finnes i avsnittene under.



Figur 9 - Tak

7.3.1 Bæring

Bæringen i taket er H-bjelker fra Alunor⁶. De skjøtes ved hjelp av et flatjern for å oppfylle kravet om at ingen lengder i konstruksjonen skal overstige 3000mm. Ytterst på styrbord og babord side er det ikke benyttet skjøting, avstanden der overstiger ikke 3000mm. Det gjelder standardstørrelsen av dette brohuset, skal størrelsen økes, må følgelig bæring på styrbord og babord side skjøtes dersom det er nødvendig.



Figur 10 - H-bjelke

Nøkkelegenskapene til H-bjerkene.

- Ferdig ekstruderte aluminiumsprofiler
- Hylleware
- Oppfyller krav til bæring
- Forholdsvis lett av vekt (4,7kg/m)
- H-bjerkens lengde vil alltid være halvparten av lengden (fra akter til baug) til brohuset.
- H-bjerkene blir montert på C-profilen og veggmodulen med et vinkelbeslag.

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 6063-T83	
Festemateriale	M8, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast

⁶ www.alunor.no

7.3.2 Skjøting av H-bjelker

Skjøtingen gjøres ved hjelp av et flatjern på 100x15mm med en lengde på 1000mm. Dette er hylleware hos Norsk Stål⁷. Denne passer perfekt på H-bjelken og er ikke i veien for bolter eller takplater. Det monteres ett flatjern på hver side av H-bjelken der den skjøtes.

- Enkel montering
- Hylleware
- Festes med M16 sekskant bolter i syrefast materiale (316 Stainless Steel (A4)).



Figur 11 - Flatjern til skjøting

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 7075-T6	
Festemateriale	M8, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast

⁷ www2.norskstaal.no

7.3.3 Takplater

Enkelt og genialt konsept bestående av tynnplatteteknikk og knekking. Hjørnene er like parvis, og platene ytterst på babord og styrbord side er noe lengre enn de andre grunnet størrelsen på hjørnene.

- Tynnplatteteknikk. 4mm tykt materiale.
- Takplatene er formet slik at de legges mellom I-bjelkene på taket.(Fig 9 og 10)
- Undersiden av takplatene vil ligge jevnt med undersiden av I-bjelken. Dette fører til:
 - Slipper å feste platene fast i I-bjelkene. De forflytter seg ikke på grunn av egen form og vekt.
 - God plass til å strekke kabler fra et sted til et annet uten at det syntes.
- Montering kan gjøres ovenfra, eller det kan gjøres fra innsiden av brohuset.
- Enkelt å skifte ut plater grunnet ingen festeteknikk, lett vekt og enkelt å komme til.
- Plater kan enkelt fjernes / modifiseres til for bla strekking av kabler til projektorene.
- Hjørneplatene er en del større enn de andre platene og har derfor fått en ekstra knekk slik at det danner en kant som går over hjørnemodulen for at plata skal opptre stivere.



Figur 12 - Takplate

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 7075-T6	
Festemateriale	M8, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast

7.4 Gulv

Gulvet har på samme måte som tak bydd på utfordringer gjennom prosjektet. Løsningen kom med H-bjelke skjøtemetoden som brukes til bæring av taket, det samme konseptet benyttes til gulv. Forskjellen er at lengden på H-bjelken er kortere til gulvet, men skjøtingen er identisk.

På H-bjerkene er det gjenget hull i flensene slik at du har mulighet til å sette på justerbare føtter med M8 størrelse.



Figur 13 – Gulv

7.4.1 Bæring

Bæringen i gulvet er av H-bjelker fra Alunor⁸. De skjøtes ved hjelp av et flatjern for å oppfylle kravet på ingen lengder på mer enn 3000mm. Ytterst på styrbord og babord side er det ikke benyttet skjøting, avstanden der overstiger ikke 3000mm. Dette gjelder standardstørrelsen på brohuset, skal størrelsen økes, må følgelig bæring på styrbord og babord side skjøtes dersom det er nødvendig iht kravspesifikasjonen.

- Ferdig ekstruderte aluminiumsprofiler
- Hyllevare
- Oppfyller krav til bæring
- Forholdsvis lett av vekt (4,7kg/m)
- H-bjelkens lengde vil alltid være halvparten av lengden (fra akter til baug) til brohuset.
- H-bjelkene blir montert på C-profilen og veggmodulen med et vinkelbeslag.



Figur 14 - 2 H-bjelker med skjøting

7.4.2 Skjøting av H-bjelker

Skjøtingen gjøres ved hjelp av et flatjern på 100x15mm med en lengde på 1000mm. Dette er hyllevare hos Norsk Stål⁹. Denne passer perfekt på H-bjelken og er ikke i veien for bolter eller takplater. Det monteres ett flatjern på hver side av H-bjelken der den skjøtes.

- Enkel montering
- Hyllevare
- Festes med M16 sekskant bolter i syrefast materiale (316 Stainless Steel (A4)).

⁸ www.alunor.no

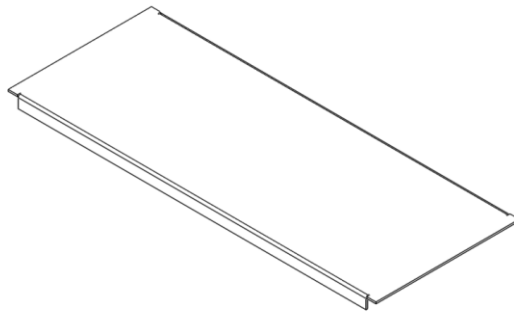
⁹ www2.norskstaal.no

7.4.3 Gulvplater

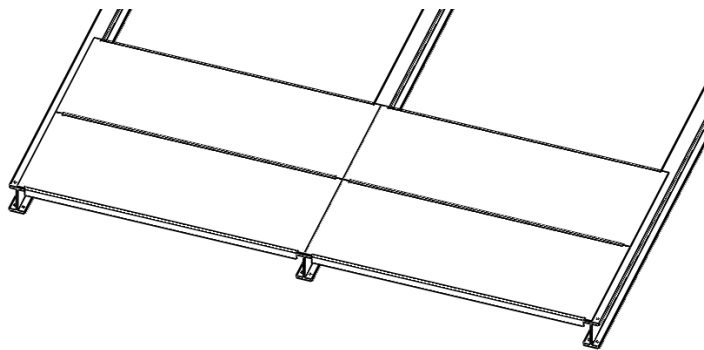
Det er kommet frem til fire gode konsepter til gulvplater. Refererer til Avslutningsfasen (Fase 4)¹⁰ for mer informasjon om de andre konseptene. Her legges frem det konseptet som er valgt å benytte, argumentasjon følger under.

Fordeler	Ulemper
Unikt konsept. Enkelt å montere / demontere	Aldri blitt laget før. Nytt.
Tynnplateteknikk.	
Rimelig konsept.	
Like deler hele veien, bortsett fra hjørnene.	

Under vises en gulvplate. Langsidene er knekt 90 grader for å gjøre platen stivere. Tykkelsen på materialet er satt til 5mm. Kortsidene av platen blir plassert på hver H-bjelke.



Figur 15 - Ny takplate



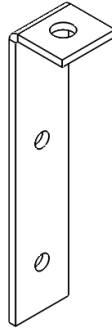
Figur 16 - Ny takplate vist i sammenstilling

Illustrerer hvordan platene blir plassert på H-bjelker som utgjør gulvet i brohuset.

¹⁰ Dokument om avslutningsfasen

7.5 Brakett

Et vinkeljern som benyttes for å holde H-bjerkene for tak og gulv på plass, ikke som bæring. Disse er like overalt og festes sammen med 2 veggmoduler, evt hjørnemodul og veggmodul, samt C-profil.



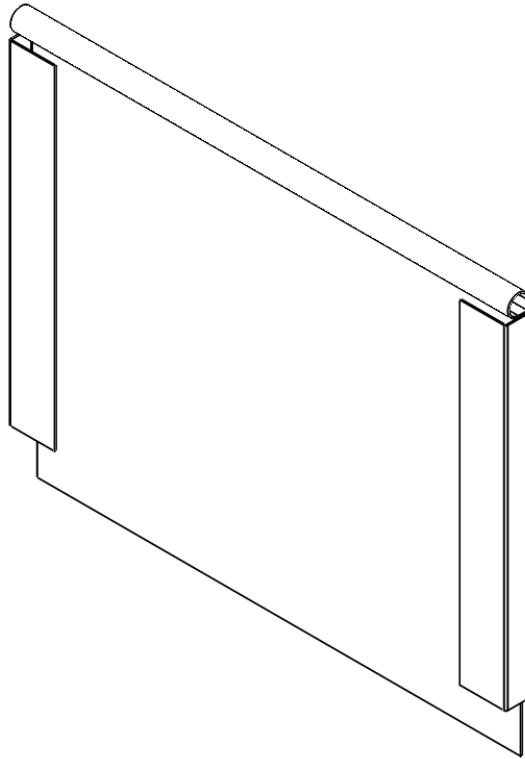
Figur 17 - Brakett

Kategori	Beskrivelse	Diverse
Materialtype	Aluminiumslegering 7075-T6	
Festemateriale	M6 og M8, 316 Stainless Steel (A4)	Syrefast

7.6 Dør

Døra som vil bli brukt i konstruksjonen er kun festet i nedre del av veggmodulen (delen under vinduet) og plassert på midt på baugen av brohuset. Alle veggmodulene er like, så døren kan plasseres etter eget ønske. Den blir festet med hengsler skrudd i veggmodulen under nivået på vinduene (900mm). Over døren vil det da være åpent og fullt utsyn. Over vindusnivå blir det lagt på en bred list av aluminiums tynnplate opp til taket og vil stå i stil med resten av brohuset.

Døren er laget ved tynnplateteknikk. Den knekkes til en sirkelfasong med en radius på 20mm i toppen. Dette for å forebygge mot skarpe kanter. Den knekkes videre 90 grader 2 ganger på sidene. Det gjør at døra blir stivere og kantene kan og brukes til å lukke og åpne døren. Døren kan kun åpnes utover, grunnen til det er for å få inn konsoller på 1100mm, det hadde vært betraktelig verre dersom døren hadde gått innover, eller begge veier. For at det skal gå an å lukke døren benyttes det magneter som limes på brohuset og på døra. Bilder illustrerer dette på neste side.



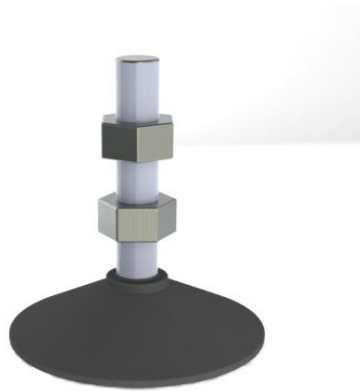
Figur 18 - Dør



Figur 19 - Brohus med dør

7.7 Justerbare føtter

De justerbare føttene er allerede på markedet og kan handles inn uten noen endringer. De kommer i syrefast materiale. Føttene kommer til å bli festet under hver ende på hver H-bjelke. H-bjerkene blir boret og gjenget hull i fra fabrikant slik at hullene stemmer overens med et M8 gjengesnitt på de justerbare føttene. Måten man justerer disse på er ved hjelp av en fastnøkkel som du bruker til å skru en mutter, liggende på undersiden av H-bjelken, opp eller ned etter ønsket behov. Hovedfunksjonen til de justerbare føttene er å stabilisere små ujevnheter i gulvet, vandrings på 20-30mm er nok. Bildet under illustrerer en justerbar fot som er festet i H-bjelken på gulvet. Disse kjøpes hos Arnott-group¹¹.



Figur 20 - Justerbar fot

¹¹ www.arnott-group.co.uk

8. Etterbehandling

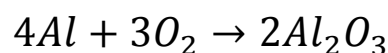
Etterbehandling er et valg som kunden skal kunne benytte seg av dersom de ønsker det. Fersk aluminium har som egenskap at det danner et tynt oksidlag på overflaten som er korrosjonsbestandig, men det benyttes ofte mer overflatebehandling for å forebygge ytterligere korrosjon. Overflatebehandling som kan være aktuelt er eloksering¹² og pulverlakkering. På dette brohuset er det benyttet en gråaktig pulverlakk som har RAL 9022 som fargekode.

8.1 Eloksering

I elokseringsprosessen forsterkes aluminiumens naturlige oksidsjikt slikt at det blir tettere og tykkere, vanligvis 5 - 25 my. Siden oksidsjiktet er en integrert del av metallet, kan eloksert aluminium tåle store påkjenninger og brukes i de fleste miljø uten at metallet korroderer. Eloksering gir maksimal økning av metallens naturlige egenskaper. Trekker frem noen punkter.

- Miljøvennlig
- God korrosjonsbestandighet
- Visuelt pent
- Høy hardhet og slitebestandighet
- Høyt smeltepunkt
- Høy elektrisk motstand

Eloksering utføres i et bad med fortynt syre. Den elektrokjemiske oksideringen foregår ved hjelp av likestrøm med en spenning på 12 - 19V. Metallet er koblet til plusspolen. Under elektrolysen reagerer aluminium og oksygen med hverandre og danner aluminiumsoksid. Etter forenkling kan prosessen skrives slik med kjemiske symboler:



Samtidig som det dannes aluminiumsoksid, løser elektrolytten opp noe av oksidet. Da får sjiktet en porestruktur.

¹² Store Norske Leksikon

8.2 Pulverlakkering

Når det gjelder lakkering skiller en mellom tradisjonell våt lakkering og pulverlakkering. Pulverlakkering er regnet som en mye mer miljøvennlig prosess, siden lakken blir påført uten løsemidler. Lakkoverflaten blir meget solid slik at den blir svært bestandig mot støt og slag. Produktets overflate vil få en jevn og god finish. Pulverlakk kan påføres på ubehandlet aluminium, og galvanisert stål.

Utvalget i farger er nesten ubegrenset. En kan velge mellom cirka 220 forskjellige standarder innen RAL- farger, mens i NCS-farger er det nesten ikke en farge en ikke kan få. De forskjellige pulverlakkprodusentene har lakkserier som er tilpasset forskjellige miljøer produktet skal befinne seg i. Det kan være klimatiske eller andre forhold.

Uten god forbehandling forringer kvaliteten av det ferdiglakkerte produktet. Da benyttes kromatering. I tillegg kan avfetting og vask, når de delene en lakkerer ikke krever annet, fungere. Ved kromatering finnes to metoder, transparent kromatering og gul og klar kromatering. På dette brohus velges transparent kromatering. Noen punkter om kromatering følger.

- Gir tynne fargeløse sjikt
- Gir beskyttelse, med gode egenskaper til lakkeringsgrunnlag
- Brukes hovedsaklig til elektronikkomponenter med krav til lav overflatemotstand
- ROHS godkjent overflatebehandling

8.3 Generell overflatefinish

Overflatefinish på delene forebygger mot skader ved montering, og når brohuset er operativt. Ved å slippe ned skarpe kanter forebygges ulykker, og brohuset blir mer visuelt pen å se på og gir et varig resultat. Dette gjøres under produksjonsprosessen, før overflatebehandling.

Det er valgt ikke å benytte gummilister eller andre lister på vinduskarmen, dørkarm og lignende. Dette er gjort for å unngå flere enkeltdeler til konstruksjonen. Lister vil også slites ut og vil behøve bytte i løpet av levetiden til brohuset. På bakgrunn av dette vil overflatefinish være et bedre alternativ.

9. Konklusjon

Det er gjennomført kontinuerlig testing under hele prosjektet. Etter gjennomgang av testspesifikasjonen kan det konkluderes med at det endelige produktet står i henhold til kravspesifikasjonen.

Velger å trekke frem noen punkter som beskriver det endelige brohuset:

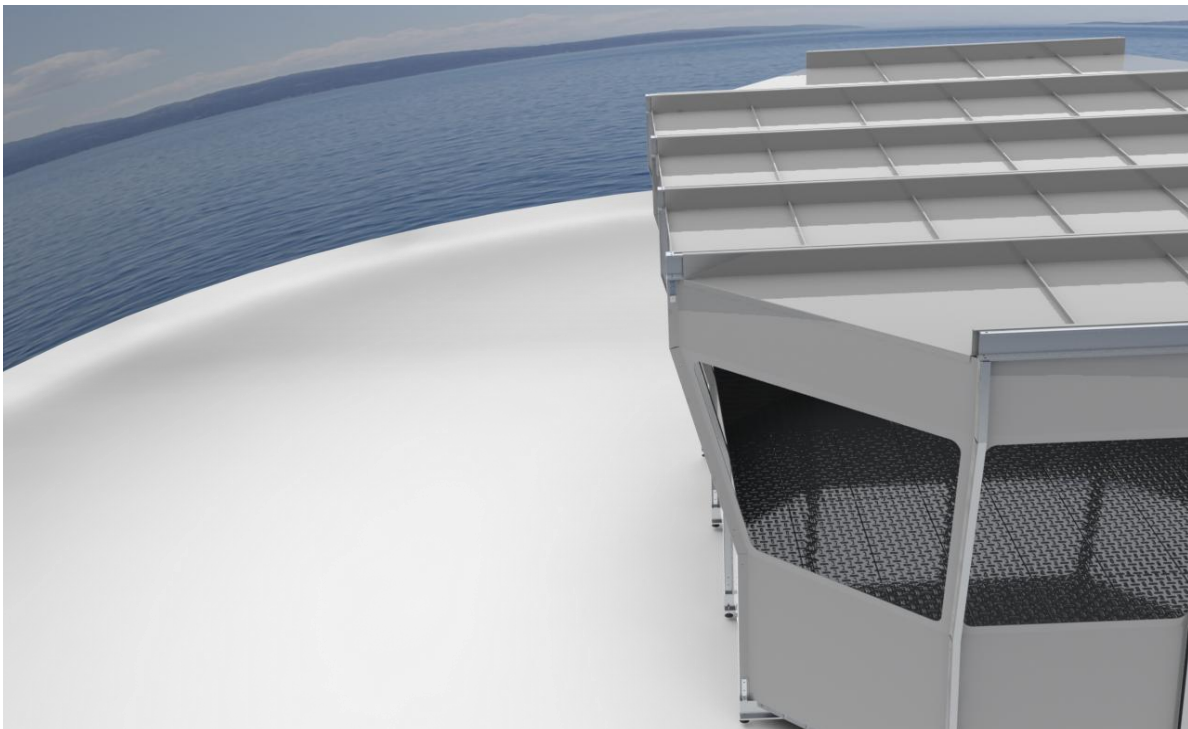
- Standardiserte deler (hylleware)
- Tynnplateteknikk
- Aluminiumslegeringer
 - Mulig å etterbehandle
 - Lett av vekt (en tredjedel av jern)
 - Gode mekaniske og fysiske egenskaper
- Brohuset er bygd opp av 155 deler som fordeler seg på 20 ulike deler.
- Enkelt å endre størrelse uten å måtte utvikle eller lage nye deler. Konstruksjonen er modulbasert og lar seg justere etter kundens ønske.
- Fysiske krav til utsyn er overholdt.
- Total vekt på 1140kg.

Ved benyttelse av “inkrementell utvikling” som prosjektmodell har ført til gode muligheter for stadig utvikling og mulighet for nye ideer. Rundene som er gjennomført har hatt stor innvirkning på sluttproduktet og blir sett tilbake på som lærerike, nyttige og produktive. Dokumentasjon om foregående konsepter og ideer er viktig, det hjelper Kongsberg Maritime til ikke å begå de samme “feilene” som ble gjort, og de har oversikt over hvilke konsepter som ikke fungerer. Dette sparer tid og penger.

10.Endelig resultat



Figur 21 - Resultat



Figur 22 - Resultat

11.Vedlegg 1 – Komplette deleliste

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	Thickness	Weight	QTY.	Total Weight
1	WallModule		7075-T6 (Alu)	3	14 921	9	134 291
2	CornerModule		7075-T6 (Alu)	3	17 358	4	69 430
3	Cprofile		7075-T6 (Alu)		3 685	7	25 795
4	CprofileMirror		7075-T6 (Alu)		3 685	7	25 795
5	Alunor120x58 - Floor	AluNor	6063-T83 (Alu)		9 425	8	75 399
6	Alunor120x58 - Roof	AluNor	6063-T83 (Alu)		10 883	8	87 061
7	Alunor120x58 - Side	AluNor	6063-T83 (Alu)		10 464	4	41 856
8	NS100x15	Norsk-staal	6063-T6 (Alu)		4 009	16	64 140
9	FloorPlate	Normal	7075-T6 (Alu)	5	7 440	27	200 868
10	FloorPlate	Short version for sides	7075-T6 (Alu)	5	5 641	6	33 844
11	FloorCorner		7075-T6 (Alu)	5	10 971	2	21 942
12	MirrorFloorCorner		7075-T6 (Alu)	5	10 971	2	21 942
13	RoofPlate	Normal	7075-T6 (Alu)	4	10 183	21	213 839
14	RoofPlate	Long version for sides	7075-T6 (Alu)	4	10 599	4	42 396
15	RoofPlateCorner		7075-T6 (Alu)	4	16 723	2	33 446
16	MirrorRoofPlateCorner		7075-T6 (Alu)	4	16 723	2	33 446
17	AngleBracket		7075-T6 (Alu)		29	24	686
18	Door		7075-T6 (Alu)	3	10 701	1	10 701
19	DoorTop		7075-T6 (Alu)	3	3 932	1	3 932
20	AdjustableFoot	(M8 x 40; 50)Arnot Group	Stainless steel 316			16	-
21	DIN 7990 - M16 x 45-WN	M16 Hex bolt	Stainless steel 316			32	-
22	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M16 - N	M16 Thin nut	Stainless steel 316			32	-
23	B18.2.3.5M - Hex bolt M6 x 1.0 x 30 --30N		Stainless steel 316			97	-
24	B18.2.2M - Plain washer, 6 mm, narrow		Stainless steel 316			97	-
25	DIN 6905-5.5-FSt	M6 Spring lock washer	Stainless steel 316			97	-
26	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M6 x 1 --D-N		Stainless steel 316			97	-
27	B18.2.2M - Plain washer, 8 mm, narrow		Stainless steel 316			24	-
28	B18.2.3.1M - Hex cap screw, M8 x 1.25 x 30 --30N		Stainless steel 316			24	-
29	DIN 6905-7.4-FSt	M8 Spring lock washer	Stainless steel 316			24	-
30	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M8 x 1.25 --D-N		Stainless steel 316			24	-
31	Hinge	Allegis Corp	-			2	-
Total:						721	1141 Kg