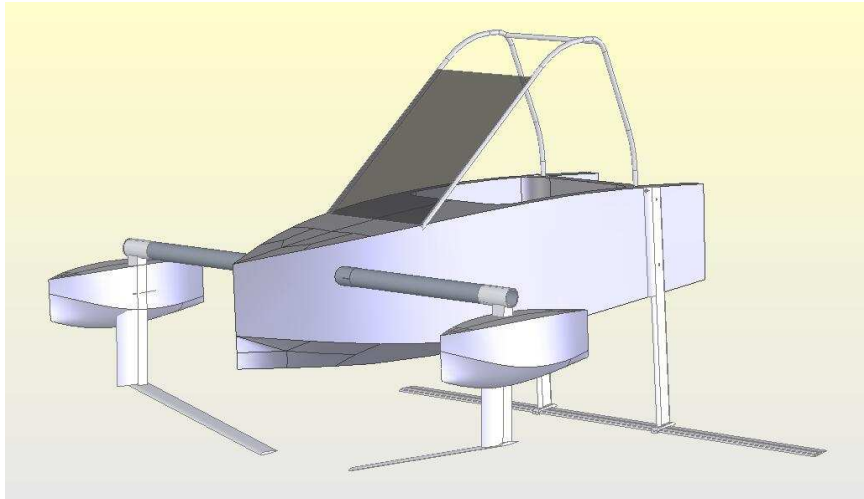


Slutgiltig Design



CHRISTIAN LINDEEN; IGOR STARODUB
lindeen@f.kth.se; igors@kth.se
0704-348 420; 0739-373 797;

Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>2007-02-12</i>
Versionsnummer:	<i>1.1</i>
Handledt av:	<i>-</i>
Granskad av:	<i>CAH</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>10</i>

Innehåll

Slutgiltig design

Inledning.....	4
Skrov	4
Huvudskrov	4
Bärplan	6
Främre flytkroppar	8
Sittbrunn	8
Överbyggnad	9
Motorbrunn och styrning.....	9
Prestanda	11
Övergripande geometri.....	11
Huvuddimensioner	11
Approximation av tyngdpunktsläge	11
Sjöegenskaper.....	11
Effektbehov	12
Motståndsprediktering.....	12
Motorval	13

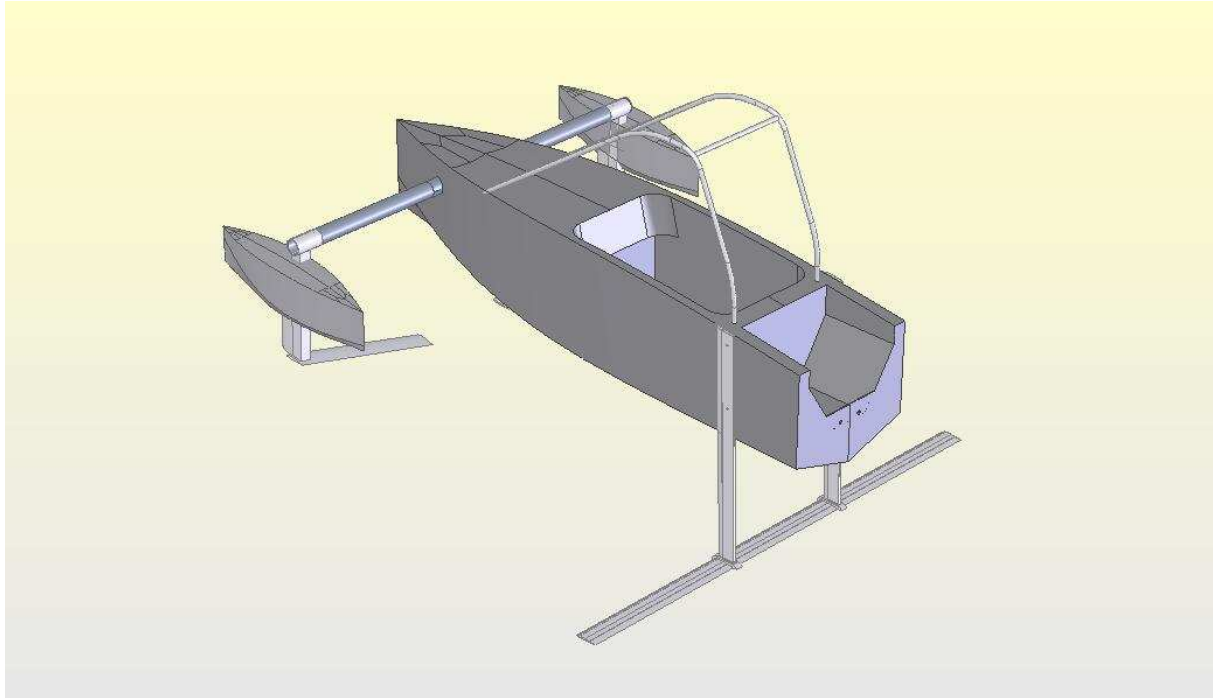
Delrapporter

Verktyg för beräkning av bärplanskonfiguration	15
Propellerförslag	45
Rullning vid deplacerande fart	53
Skrovutformning, tyngdpunkt och flytläge	64
Sittplatsutformning	77
Montering av mekaniska kontroller	86
Mekaniskstyrning	92
Dimensionering av längsgående förstävningar	98
Längsgående förstävningar i bordläggningen	104
Lastfall och skrovet hållfasthet	108
Laminatupplägg.....	125
Design av väderskydd och sittbrunn	129
Tvårskeppsstabilitet.....	139
Bärplanens infästning	146
Dimensionering av bärplanens infästningar	154
Placering av akte bärplan relativt motor	166
FEM-analys av däck	172
Däck/Skrov infästning.....	184
Val av tillverkningsmetod	188
Lamineringsmetoder +/-	193
Materialegenskaper +/-	199
Tillverkningsmetod Skrovplugg.....	210
Förstärkningar vid främre bärplansinfästningen	215
Viktuppskattning	221
Motor styrning.....	230
Plan för etanolkonvertering	236
Etanolkonvertering av utombordare	243
Motorbrunn.....	254

Hållfasthetskrav på de tvärgående spanten	264
Hållfasthetskrav på bärplanen	271
Hållfasthetskrav på bärplanen	288

Inledning

Denna rapport är ämnad att beskriva resultatet av arbetet med att designa farkosten Aquaped. Aquapeden är en miljövänlig farkost för korta pendlingsavstånd. Här beskrivs designen på Aquapeden som behäftas med motiveringar och/eller beräkningar ur hydrodynamiska- eller hållfasthetssynpunkt. Vidare beskrivs några möjliga problemområden inom designen samt lösningar på dessa. Materialval behandlas i förekommande fall. Även valda delar av tillverkningsmomenten är beskrivna. En komplett skiss av farkosten kan ses i Figur 1



Figur 1: CAD bild av Aquapeden sed snett bakifrån

Skrov

Huvudskrov

Huvudskrovet ska vara strömlinjeformat och ha vågskärande stäv, se Figur 2 och Figur 3. Tabell 1 ger huvuddimensionerna för huvudskrovet. Den aktersta delen av skrovet upptas av motorbrunnen. Sedan följer sittbrunnen med tillhörande överbyggnad. Slutligen kommer däcket som består av en sandwichplatta med måtten 1/15/1 mm som ges en lätt krökningsradie för att få ett mer estetiskt tilltalande yta. Skrovet behöver ha en skalltjocklek på 1.5 mm för att klara lokala laster. För att klara globala laster ska skrovet förstärkas med tvärgående förstärkningar enligt Tabell 2. Skottet vid 400-450 mm är fyllt med distansmaterial, till exempel frigolit. Spantet vid 2000 mm är grövre i överkant för att omsluta fäströren för överbyggnaden. Spantet vid 2500 mm är specificerat i rapporten *Förstärkningar vid främre bärplansinfästning*. Övriga spant har rektangulärt tvärsnitt med skumplast som distansmaterial och har dimensionerna höjd 25 mm, bredd på 15 mm och tjocklek 2 mm. De längsgående förstävningarna har dimensionerna höjd 24 mm, bredd 12 mm och skalltjocklek 1.5 mm. Som material i skrovet och förstävningarna används glasfibervinylesterlaminat med fiberriktningarna [-45/0/45/90]. För att binda däck och skrov tillsammans används en fyrkantlist med måtten 2 gånger 20 mm. En positiv plugg tillverkas ur plyfa och plywood för att tillverka skrovet. Vid tillverkningen kommer vakuuminjicering att användas.

För vidare information se nedanstående rapporter

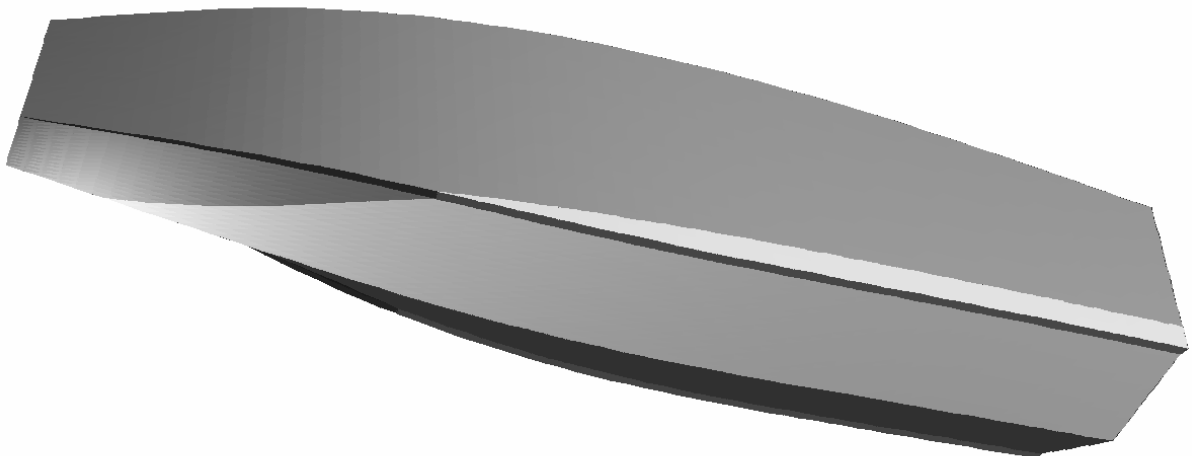
- Skrovutformning, tyngdpunkt och flytläge
- FEM – analys av däck
- Förstärkningar vid främre bärplansinfästning
- Hållfasthetskrav på de tvärgående spanten.
- Lastfall och skrovets hållfasthet
- Lamineringsmetoder +/-
- Val av tillverkningsmetod
- Materialegenskaper +/-
- Däck/Skrov infästning
- Längsgående förstävningar i bordläggningen
- Dimensionering av längsgående förstävningar

Tabell 1 Huvudskrovs data

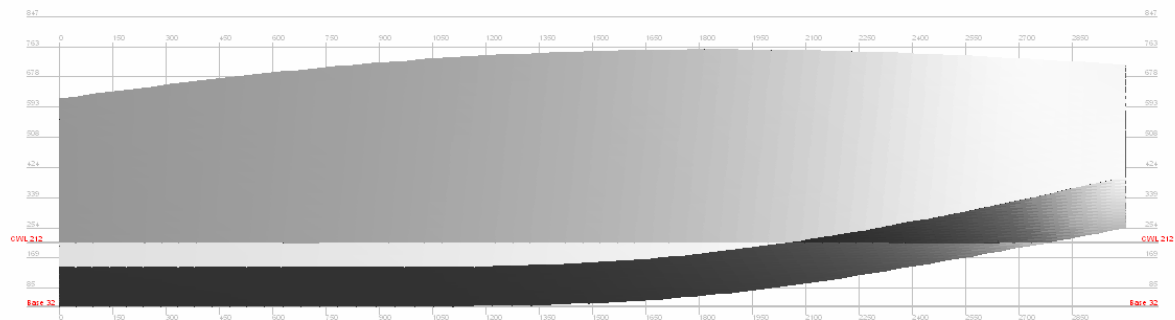
Längd	3 m
Bredd i vattenlinjen	0.7 m
V-botten i aktern	20 grader
Skrovtjocklek	1.5 mm
Djupgående	0.2 m

Tabell 2 Positioner för spant och skott mätt från akterskpegeln. Mått i mm

Skott	400-450
Spant	800, 1200, 160, 2000, 2500



Figur 2 3D bild av huvudskrovet



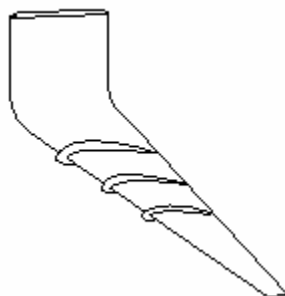
Figur 3 Sidvy av huvudskrovet. Mått i mm

Bärplan

Bärplanskonfigurationen är ett V bärplan fram och en horisontell vinge bak med två stöttor. V formen fram är till för att uppnå rollstabilitet. Genom att ha en horisontell vinge bak med två stöttor kan propellern få en fri vattentillströmning. De främre bärplanen sitter på en horisontell balk i fören som har längden 2.2 m. Som bärplansprofil används de bärplan som har används vid experiment och införskaffas från Alexander Sahlin. Dimensioner på bärplanskonfigurationen ses i Tabell 3. Material och dimensioner för stöttor och balk återfinns i Tabell 4. I Figur 5 visas detaljer för den bakre bärplanens infästning. Den främre balken sitter i ett rör som är inplastad i stäven. Balken är delbar i två delar för att förenkla handhavandet vid upptagning. På balken är stöttor fästa och bärplanen svetsas fast på dessa, se Figur 6. Infästningarna är designade så att anfallsvinklarna kan justeras efter behov. Vid experimenten så upptäcktes det att de främre bärplanen lätt ventilerade. Detta ledde till att farkosten kraschlandade i vattnet. Vid bättre balans mellan främre och bakre bärplan så uppstod inte detta fenomen. En möjlig lösning skulle annars vara att montera ventilationsstaket, se Figur 4.

Se dokument nedan för detaljer om bärplanen.

- Hållfasthetskrav på bärplanen
- Bärplanskonfiguration
- Placering av akre bärplan relativt motor.
- Dimensionering av bärplanens infästningar
- Bärplanens infästningar
- Ventilation



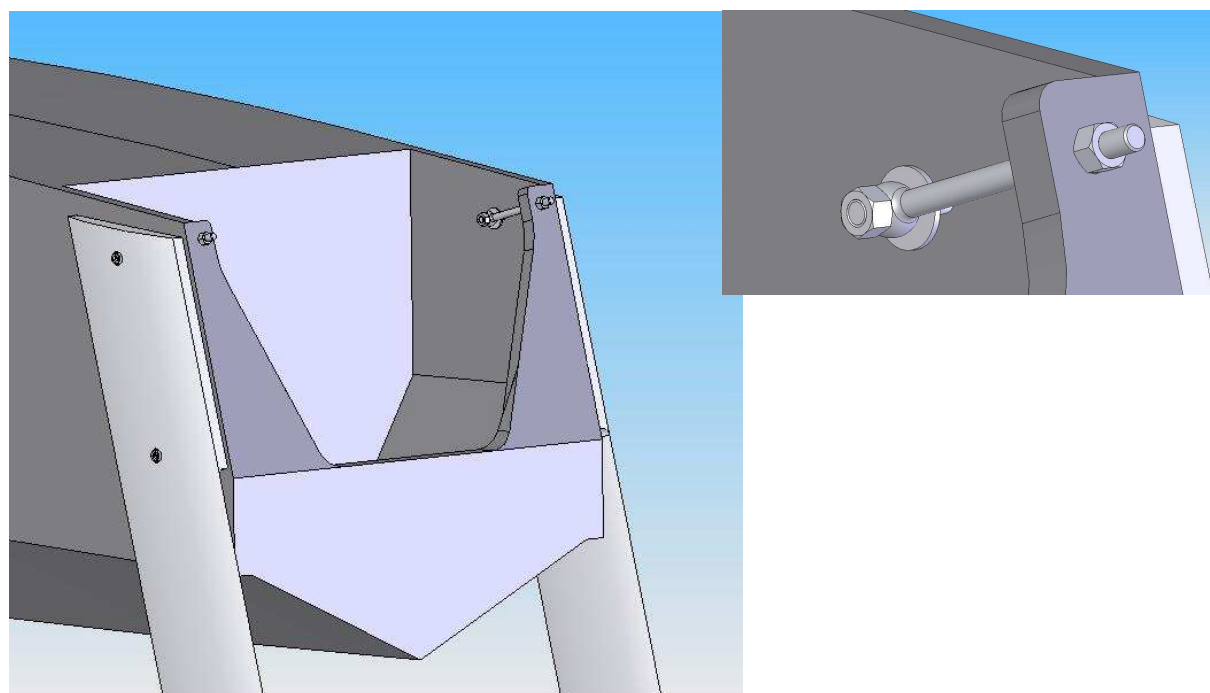
Figur 4 Ventilations staket på bärplan

Tabell 3: Index 1 indikerar det främre bärplanet och index 2 indikerar det bakre bärplanet. För förklaring av dimensionerna se rapporten Bärplanskonfiguration

z1 [m]	-0.8
z2 [m]	-0.95
x1 [m]	1,5
x2 [m]	-0.6
Maxspan1 [m]	0,8
Maxspan2 [m]	1.4
Bredd1 [m]	0.9
Bredd2 [m]	0
Beta1 [°]	15
Beta2 [°]	0
Anfallsvinkel, Alfa01 [°]	2
Anfallsvinkel, Alfa02 [°]	0
Corda11 [m]	0,115
Corda12 [m]	0.115
Corda2 [m]	0,115
Dimensioneringsvikt	150 kg
V-botten skrov	20 grader

Tabell 4 Material och dimensioner för balk och stöttor

	Tvärsnitt	Dimension [mm]	Längd [mm]
Balk	Runt rör	80 x 77	2200
Infästningsrör	Runt rör	84 x 80	500
	Runt rör	84 x 80	2 x 150
Främre stöttor	Rektangulärt rör	60 x 60 x 2	2 x 650
Bakre stöttor	Kvadratisk rör	70 x 20 x 2	2 x 1300



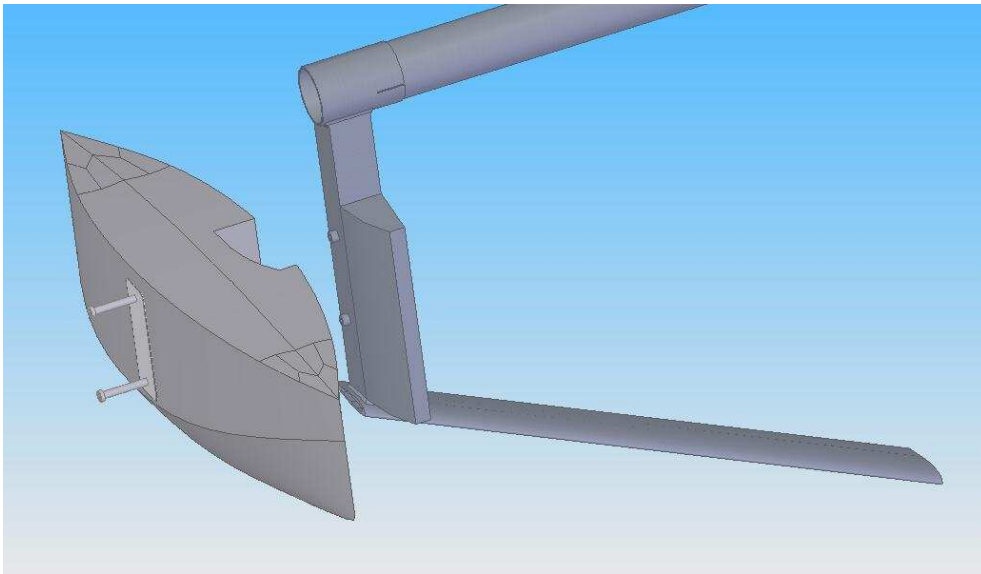
Figur 5 Bakre bärplanens infästning med detalj

Främre flytkroppar

Flytkropparnas främsta uppgift är att öka stabiliteten då föraren stiger på Aquapeden genom att ge förskeppet ett ökat displacement. Kropparna monteras på de främre stöttorna enligt Figur 6. Varje flytkropp har bredd på 20 cm, längd på 1 m, djup på 50 cm och djupgående på 20 cm.

Se dokument nedan för detaljer om flytkropparna.

- Tvärskeppsstabilitet
- Skrovutformning, tyngdpunkt och flytläge.



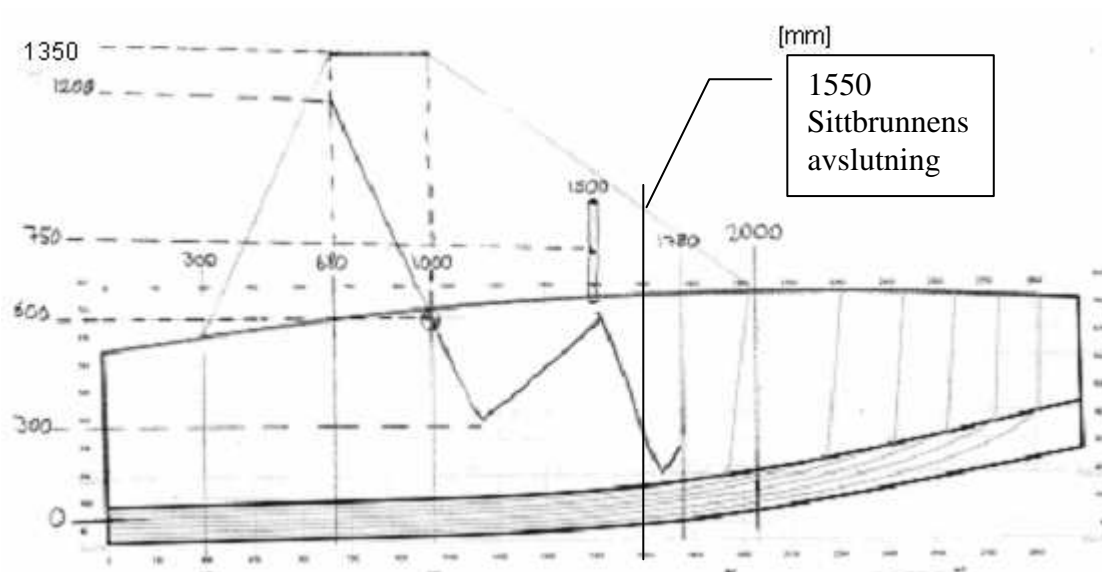
Figur 6 Flytkropparnas infästning i de främre stöttorna

Sittbrunn

För att uppnå en komfortabel sittställning så valdes den sittbrunnsutformning som ges av Figur 7. Ratten sitter på en ledad platta för att förenkla nedstigning i sittbrunnen. Stolsryggen är även ledad för att kunna komma åt motorn.

Se dokument nedan för detaljer om sittbrunnen.

- Sittplatsutformning
- Design av väderskydd och sittbrunn



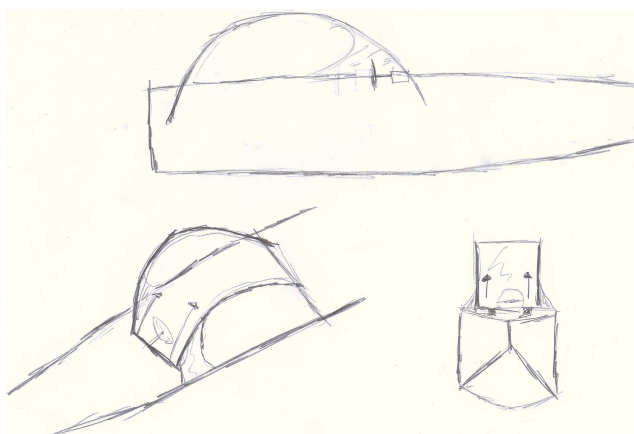
Figur 7 Sittbrunn och överbyggnad. Sittbrunnen börjar vid 400mm

Överbyggnad

Väderskyddet byggs utav två bågar som länkas samman med tvärstag. Vidare är den infäst i rör som plastas in i skrovet och däckets i höjd med skott och spant. Dimensioner för väderskyddet ges av Figur 7 och i en mer schematisk utformning i Figur 8.

Se dokument nedan för detaljer om överbyggnaden.

- Sittplatsutformning
- Design av väderskydd och sittbrunn



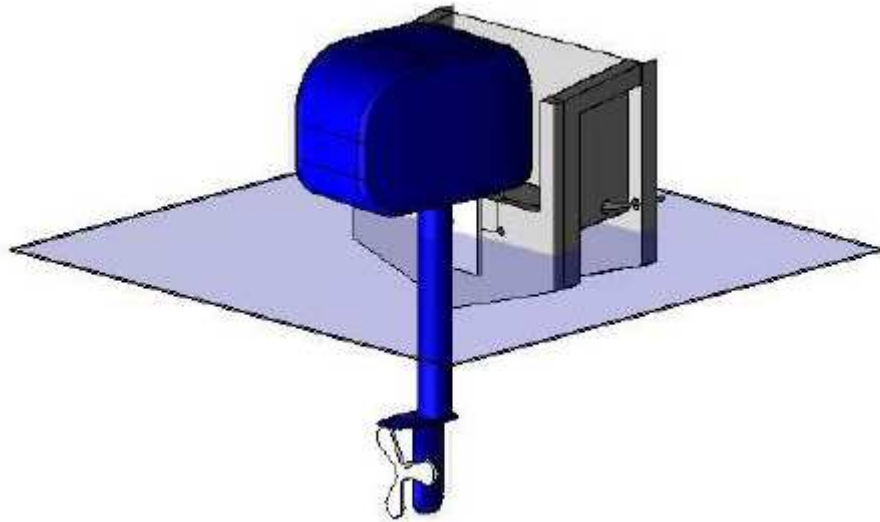
Figur 8 Schematisk bild av överbyggnaden

Motorbrunn och styrning

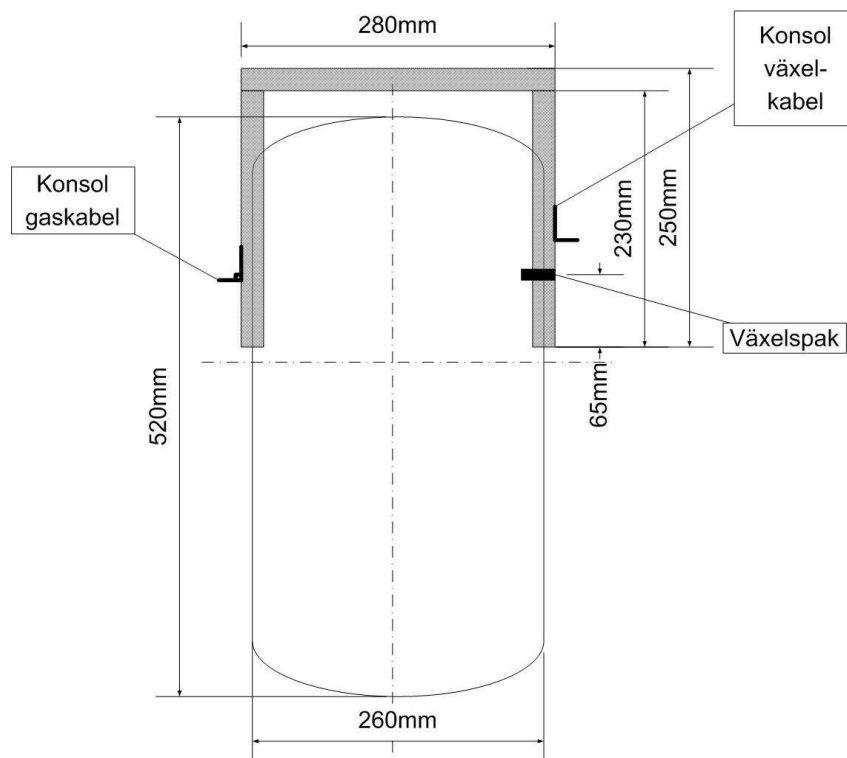
För att uppnå erforderlig frigång från vattenytan i flygande läge måste motorn placeras så långt ner som möjligt. En frigång på 20 cm valdes då det gav erforderlig avstånd från vattenytan till motorns avgasrör. Detta medför att en motorbrunn måste fabriceras separat för att sedan integreras med resten av skrovet. Figur 9 visar hur motorbrunnen ser ut. Motorbrunnen har ett djup på 40 cm och en bredd på sidodäcken på 5 cm. Olika sorters styrningsmekanismer utvärderades för att slutligen välja en mekanisk rattstyrning. Vissa modifieringar med en styrram behövs för 4hk motorn medans ett modifieringskit räcker för 6hk motorn.

Se dokument nedan för detaljer om motorbrunnen och styrningen.

- Mekaniskstyrning
- Motor styrning
- Gasreglage
- Montering av mekaniska kontroller
- Motorbrunn



Figur 9 Motorbrunn med motor



Figur 10 Styrramen är här markerad i grått. Motorn ses ovanifrån

Prestanda

Övergripande geometri

Huvuddimensioner

Displacement utan förare: 76.5 kg

Skrov

Loa: 3 m

Boa: 0.7m

Lwl: 3 m

T (Djupgående): 0.2 m

Höjd från köl till högsta punkt: 1.35 m

Skrovhöjd: 0.6 m

Vbotten 20 grader

Ponton

Bredd: 0.2 m

Längd: 1 m

Djupgående: 0.2 m

Djup från köl till högsta punkt: 0.5 m

Utriggarnas totala bred: 2.2 m

Främre bärplan

V format.

Bredd: 2.2 m

Djup under kölen: 0.75 m Kan komma att justeras

Bakre bärplan

T format.

Bredd: 2.8 m

Djup under kölen: 0.75 m Kan komma att justeras

Approximation av tyngdpunktsläge

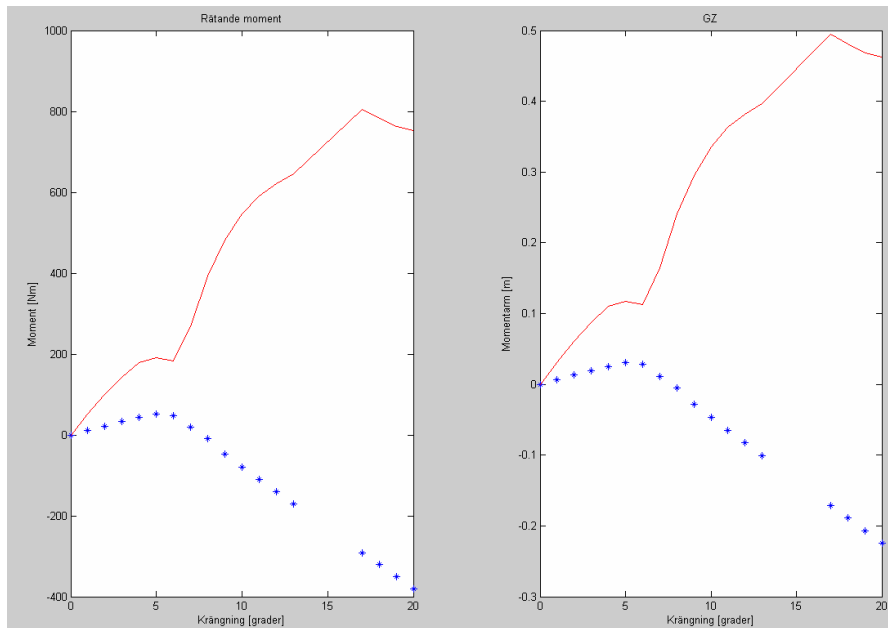
VTP: 0.5 m

LTP: 0.92 m

Approximerar tyngdpunktsläget enligt stelkroppsmekanik.

Sjöegenskaper

En signifikant våghöjd på 0.5m kommer att ge Aquapedens huvudskrov ett RMS rullningsvärde på under 10 grader. Se rapporten *Rullning vid deplacerande fart* för vidare information. Ur rapporten *Bärplanskonfiguration* fås Figur 11 som ger sjöegenskaper vid marschfart.

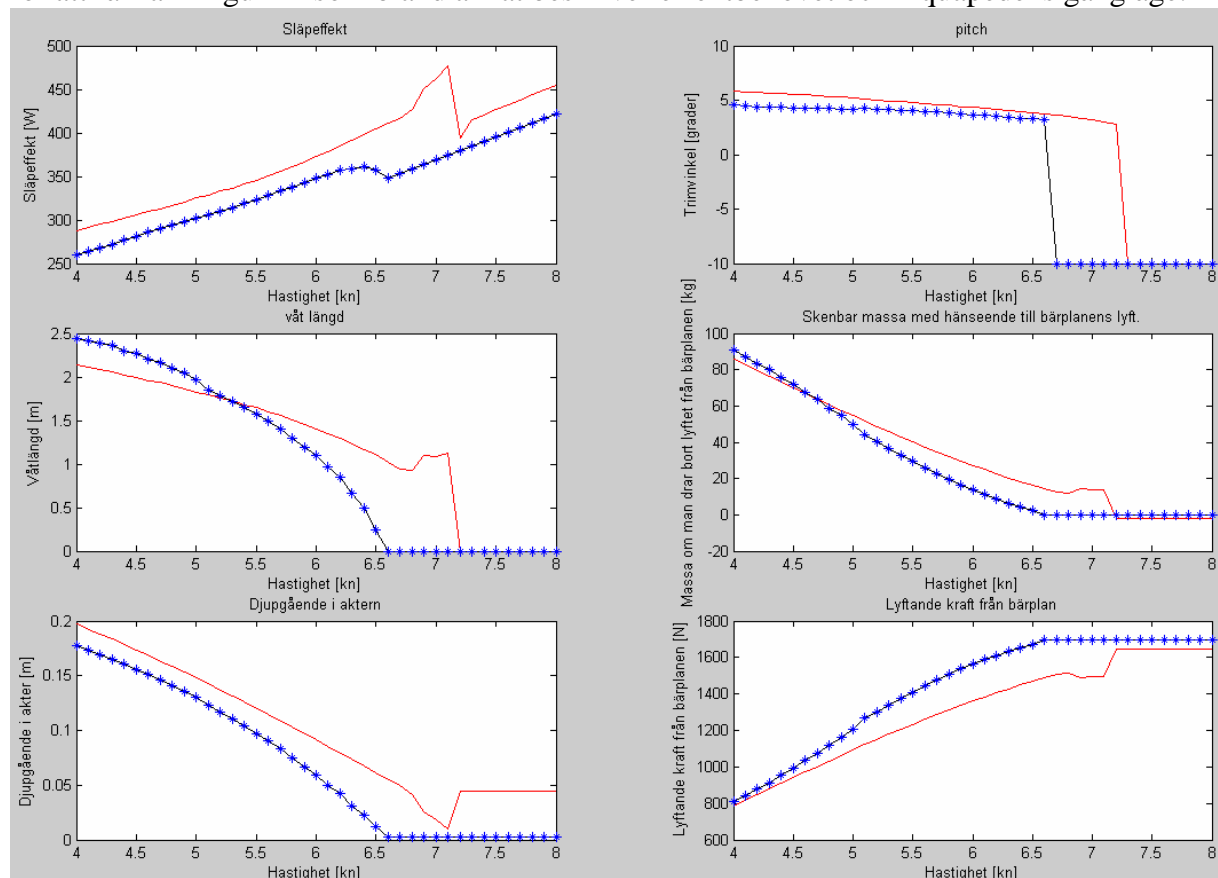


Figur 11 Rätande moment och GZ-kurva vid flygande läge och 15 knop. Heldragen linje avser Aquapeden och * testjollen

Effektbehov

Motståndsprediktering

Verktyget som beskrivs i rapporten *Verktyg för beräkning av bärplanskonfiguration* användes för att få fram Figur 12 som bland annat beskriver effektbehovet och Aquapedens gångläge.



Figur 12 Figuren visar Aquapedens och testjollens karakteristik vid fartområdet kring takeoff.

Motorval

För att klara effektbehovet, vid 15 knop, från propellern måste 6hk utombordsmotor användas med propeller I eller J, enligt rapporten *Propellerförslag*. I samma rapport dras även slutsatsen att om man ska använda 4 hk utombordsmotorn så kan ej standardpropeller från Yamaha användas. Då kravspecen har som bör krav att använda 4hk motorn kommer försök att göras för att modifiera en standardpropeller till rätt prestanda. Skulle det inte gå att genomföra dessa modifieringar så är Aquapeden designad för att klara av att använda båda motorerna.

För att öka miljöprofilen på Aquapeden kommer motorerna modifieras för drift med etanol.

Se dokument nedan för detaljer om motorval och konvertering.

- Etanolkonvertering av utombordare
- Propellerförslag
- Plan för etanolkonvertering

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
1. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
2. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
3. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
4. Uppnås syftet?	Ja	Ja
5. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
6. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
7. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
8. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
9. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
10. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
11. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
12. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
13. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
14. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
15. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
16. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
17. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
18. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
19. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Nja	Ja
Övrigt		
20. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Nej	Nej

- | | | |
|--|---|----|
| 21. Arbetet har utförts i samarbete mellan: CHL och IGS | | |
| 22. Rapporten är korrekturläst av : CAH | | Ja |
| 23. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5) | 4 | 4 |
| 24. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc): | | - |

APFB

Verktyg för beräkning av bärplanskonfiguration



CARL HAGMAN, ULF LINDBERG
chagman@t.kth.se, ulflind@kth.se
0709758101, 0739224383

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *11/26-2006*
Versionsnummer: *v1*
Handledt av: *Alexander Sablin*
Granskad av: *DAE*
Arbetsid: *CAH 19: ULL 36*

Sammanfattning

För att kunna beräkna Aquapedens gångläge och stabilitet uppe på bärplanen skapas ett beräkningsprogram i Matlab. För att göra detta måste Aquapedens *stabilitet* i hävnings-, stampnings- och rullningsled i flygande mod utredas. Beräkningarna bygger på att hitta båtens stationära jämviktsläge när den flyger.

En rad *bärplanskonfigurationer* kommenteras i rapporten. Målet med bärplanskonfigurationen är att Aquapeden ska vara dynamiskt stabil utan reglersystem. Den ska alltså själv återgå till jämvikt när systemet utsätts för en störning. En bärplanskonfiguration med två separerade ytskärande bärplan fram och ett nedsänkt T-bärplan bak kan vara det bästa konceptet. Då största delen av vikten ligger på det bakre bärplanet är det bra med en T-foil som optimerar lyftkraften. De två främre måste fungera som stabilisatorer i rullningsled.

Innehåll

Sammanfattning	Fel! Bokmärket är inte definierat.
1 Problemformulering	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2 Analys.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1 Programmets uppbyggnad.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.2 Huvudprogrammets uppbyggnad	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.3 Foilkraft funktionens uppbyggnad	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.4 Span funktionens uppbyggnad	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.5 Jämviktskontroll funktionens uppbyggnad	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.6 Bärplanskonfiguration	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3 Resultat.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4 Slutsats	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.1 Problem	Fel! Bokmärket är inte definierat.
5 Referenser.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga A – Huvudprogram	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga B – Funktion Foilkraft	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga B – Funktion Foilkraft	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga C- Funktion Span	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga D - Funktion Jämviktskontroll.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga E – Funktion som plottar skrovet.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga F – Funktion som plottar vattenytan	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga F – Funktion som plottar vattenytan	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga G – Funktion som plottar bärplanen	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga G – Funktion som definierar bärplansprofilen.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga H – Funktion som roterar 3D plottar	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Bilaga I – Checklista för Kvalitetssäkring	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Generellt intryck.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Tekniskt innehåll	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Presentation	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Övrigt	Fel! Bokmärket är inte definierat.

1 Problemformulering

För att kunna beräkna Aquapedens gångläge och stabilitet upp på bärplanen skapas ett beräkningsprogram i Matlab. För att göra detta måste Aquapedens stabilitet i hävnings-, stampnings- och rullningsled upp på bärplanen utredas. Programmet bygger i denna version på relativt stora approximationer och enkla beräkningar. I en senare fas kan programmet byggas ut för att bättre motsvara verkligheten.

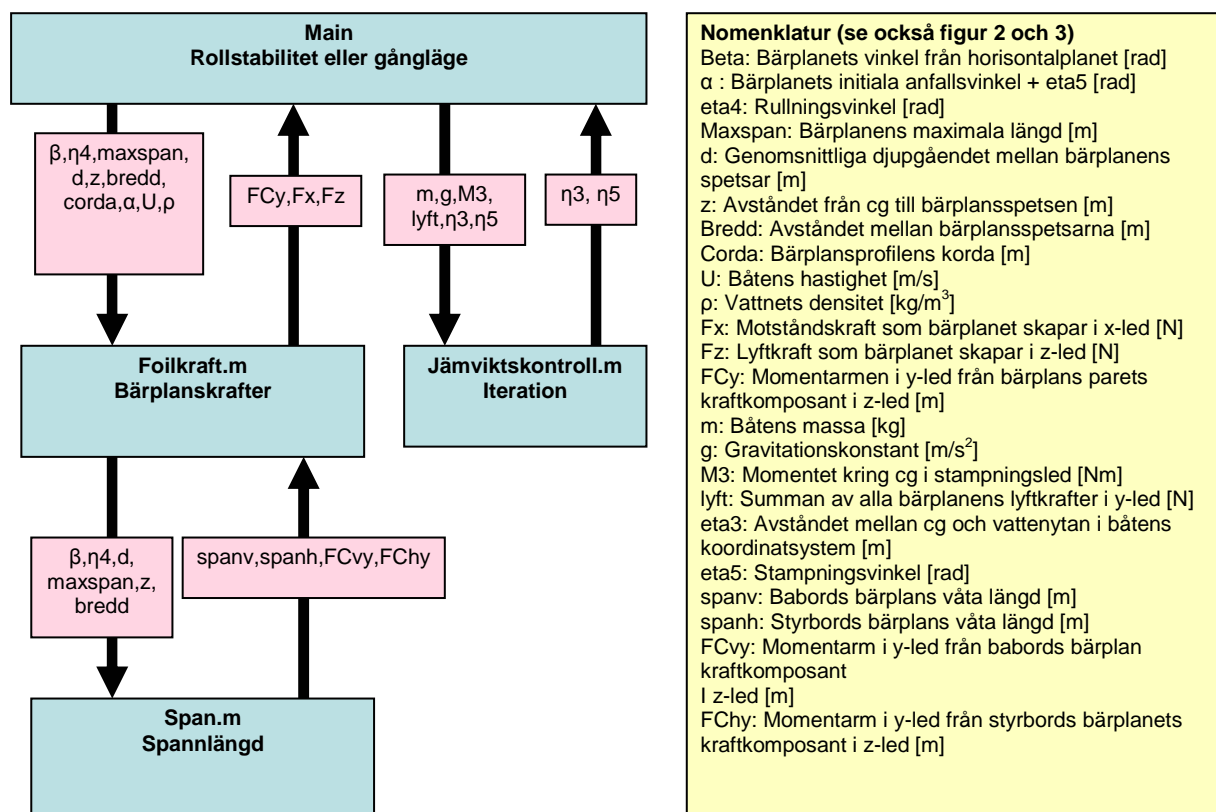
2 Analys

Beräkningarna bygger på att hitta båtens stationära jämviktsläge när den flyger. Att farkosten flyger innebär att skrovet lämnat vattnet och att bärplanen bär upp all dess vikt. Rörelserna i tre frihetsgrader, hävning, stampning och rullning utreds, dessa rörelser är kopplade.

I korthet går det hela till så att man beräknar kraftjämvikterna och om det inte blir jämvikt i någon riktning så flyttar eller vrider man båten en aning. Genom att upprepa detta tills jämvikt har uppnåtts kan man räkna ut gångläget vid olika belastningar och farter.

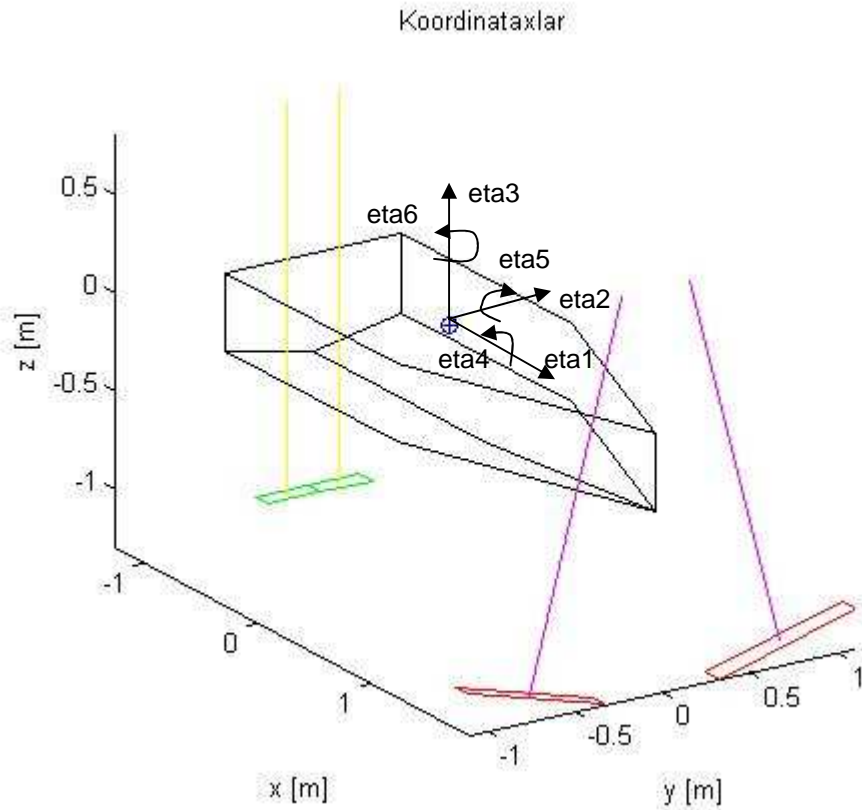
2.1 Programmets uppbyggnad

Matlabprogrammet är uppbyggt av ett huvudprogram där de båtspecifika parametrarna definieras. Figur 1 illustrerar vilka parametrar huvudprogrammet och delprogrammen utbyter. I följande rubriker beskrivs varje enskild del i programmet.



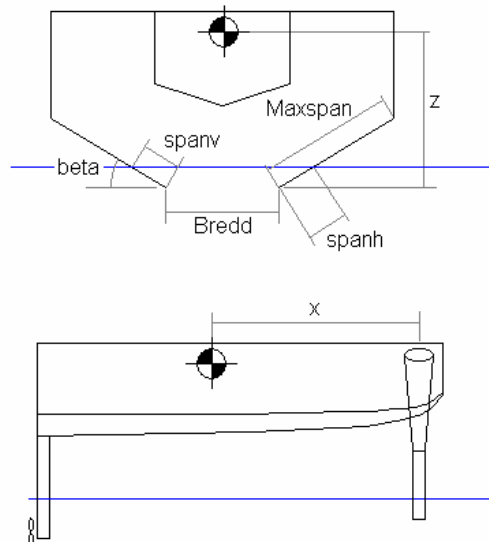
Figur 1. Översikt över vilka parametrar som skickas mellan funktionerna och huvudprogrammet. Till höger ses en nomenklatur över de ingående parametrarna som används i programmet.

Figur 2 visar hur koordinataxlarna är definierade.



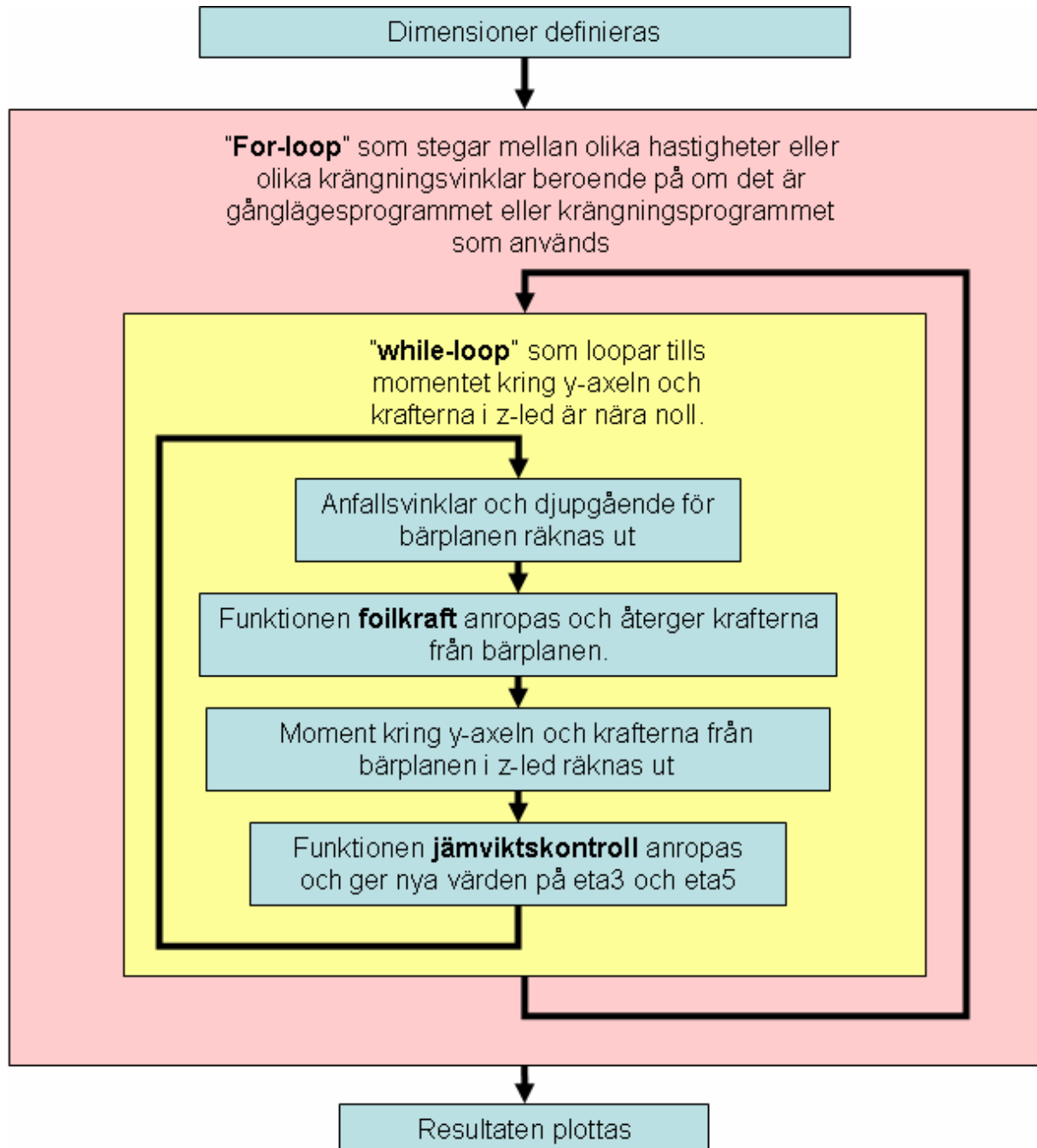
Figur 2. Förklarande bild över koordinataxlarnas placering.

Figur 3 visar hur måtten och avstånden på bärplanen är definierade i beräkningsverktyget.



Figur 3. Förklarande bild över hur måtten på bärplanen definieras.

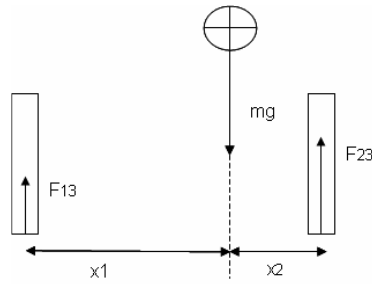
2.2 Huvudprogrammets uppbyggnad



Figur 4. Översikt över hur huvudprogrammet arbetar.

Huvudprogrammet beräknar jämvikten i hävning- och stampningsled. I hävningsled arbetar "while-loopen" mot kraftjämvikt i z-led:

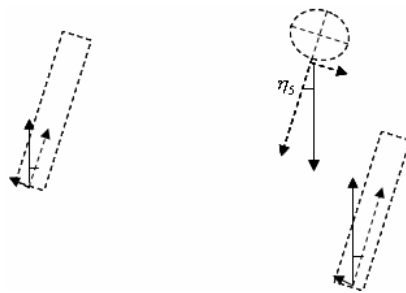
$$F_{13} + F_{23} - mg = 0 \quad (1)$$



Figur 5. Krafter i vertikalled

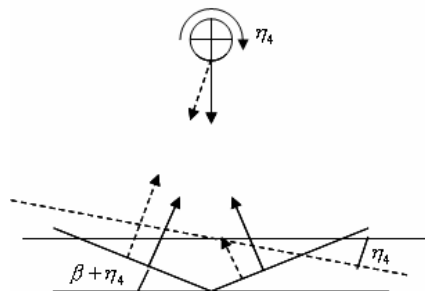
I stampningsled arbetar "while-loopen" mot momentjämvikt runt masscentrum:

$$x_1 F_{13} - x_2 F_{23} = 0 \quad (2)$$



Figur 6. Båten krängs här med en stampningsvinkel, η_5 .

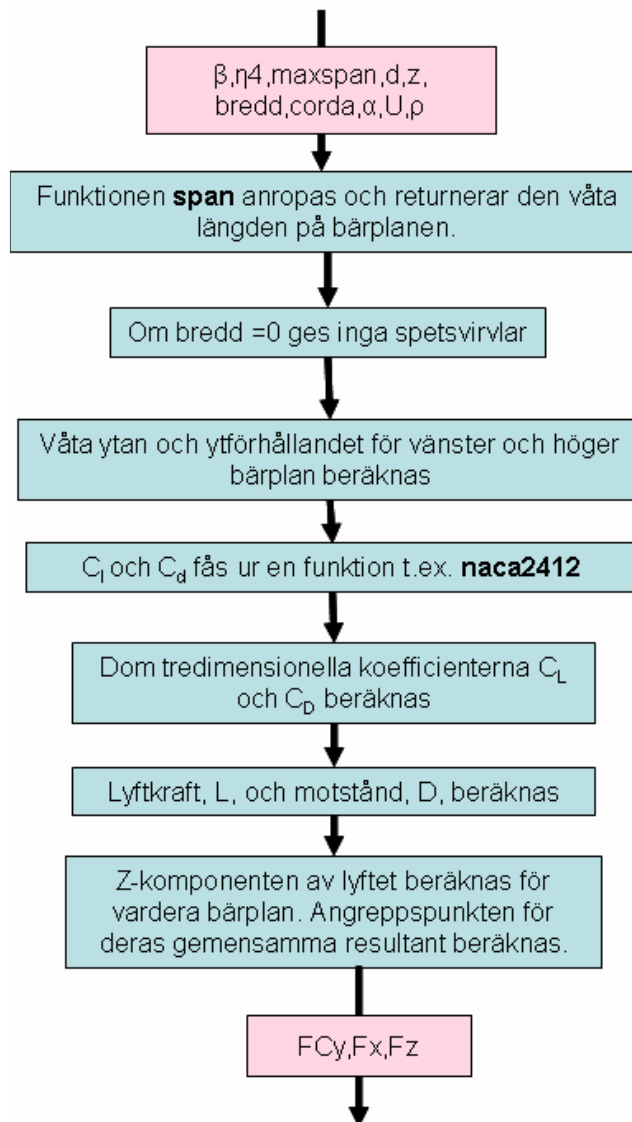
I rullningsled beräknas ingen jämvikt. Det hela går ut på att man ansätter en krängningsvinkel och beräknar det nya gångläget genom att beräkna de två ovanstående stegen, hävningsjämvikt och stampningsjämvikt. För att få en uppfattning om stabiliteten i rullningsled beräknas det rätande momentet ($GZ \cdot mg$).



Figur 7. Båten sett bakifrån. Det horisontella sträcket symboliserar vattenytan, det snedställda sträcket symboliserar vattenytan när båten rullar.

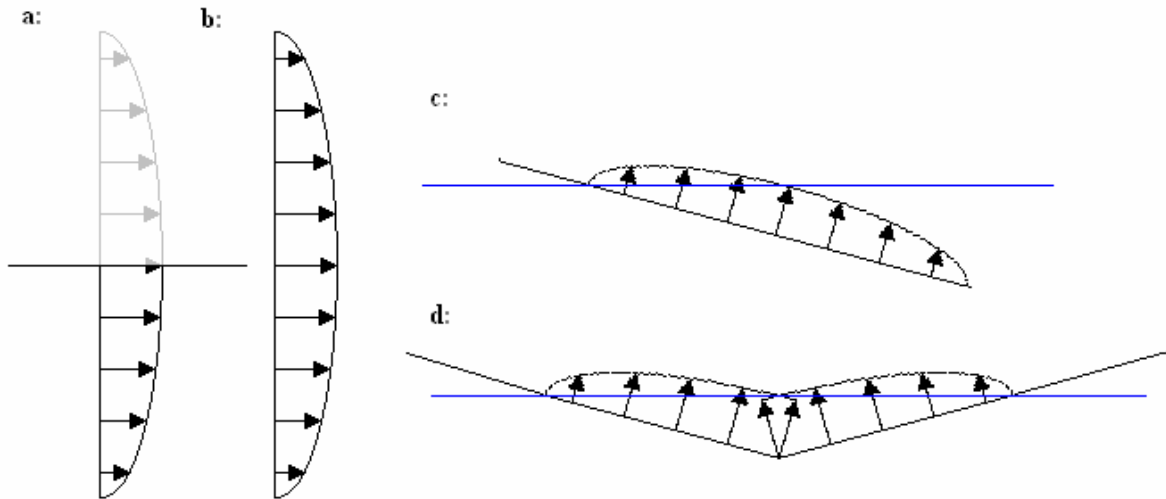
2.3 Foilkraft-funktionens uppbyggnad

Foilkraft-funktionen används för att beräkna lyft och motståndskrafter från bärplanen. Figur 8 är ett schema över hur funktionen arbetar.



Figur 8. Översikt över hur funktionen foilkraft fungerar. Översta rutan visar inparametrarna och nedersta utparametrarna.

Figur 9 a visar ungefär hur tryckfördelningen på vingprofilens ovansida ser ut då vingen är fäst mot en vägg med ena änden och med den andra änden fri. Tryckfördelningen på undersidan kommer att se ungefär likadan ut men med omvänd riktning. Figur 9 b visar tryckfördelningen på en vingprofil med båda ändarna fria. Aquapedens bärplan ska skära vattenytan, en sådan profils tryckfördelning kommer att närma sig atmosfärstrycket ju närmare man kommer vattenytan. Figur 9 c motsvarar just en sådan tryckfördelning. I gränsskiktet mellan vattnet och luften kommer det att uppkomma effekter som ökar motståndet, exempelvis svallvågor. Svallvågorna antas vara av samma storleksordning som det inducerade motståndet och vid spetsen kan motstånd och lyftkraft beräknas på samma sätt som för profilen i figur 9 b. Detta antagande har använts för att dessa effekter antas för stora för att bortses ifrån och det tycks inte finnas något enkelt sätt att beräkna dem. Om ett V-format bärplan används antas tryckfördelningen se ut som i figur 9 d.



Figur 9: Tryckfördelning på ovansidan av bärplan.

Funktionen foilkraft hämtar C_l och C_d för en oändligt lång profil från vald funktion. För att räkna ut den tredimensionella koefficienten C_L används följande ekvation

$$C_L = \frac{C_l}{1 + \frac{2}{eAR}} \quad (3)$$

där e är en konstant som är beroende av planformen (en ellips har $e=1$ och en rektangulär yta har $e \approx 0,85$).
 AR är sidoförhållandet enligt följande

$$AR = \frac{b^2}{A} \quad (4)$$

där b är den våta längden.
 A är den våta arean.

Det inducerade motståndet beräknas enligt följande

$$C_{D_i} = \frac{C_L}{\pi eAR} \quad (5)$$

Den tredimensionella motståndskoefficienten blir

$$C_D = C_d + C_{D_i} \quad (6)$$

Lyftkraften, L , och motståndet, D , beräknas med följande formler

$$L = qAC_L \quad (7)$$

$$D = qAC_D \quad (8)$$

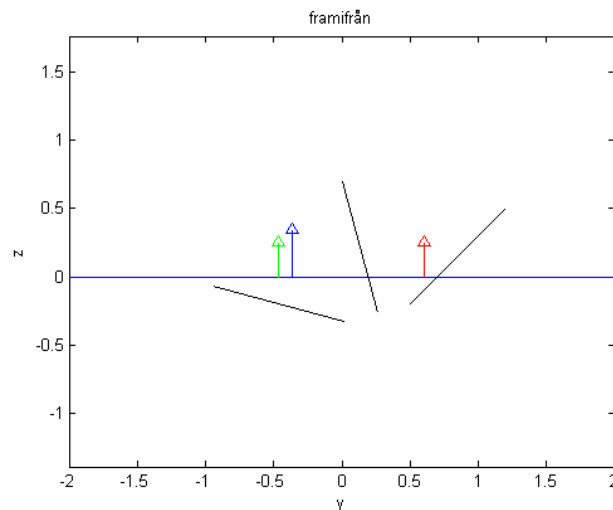
där A är den våta arean
 q är det dynamiska trycket enligt

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (9)$$

Det bör noteras att en del approximationer gjorts i funktionens beräkningar. För att få ett exaktare resultat bör exempelvis effekter av vattenytans närhet på bärplanen utredas.

2.4 Span-funktionens uppbyggnad

Funktionen span har som uppgift att beräkna bärplanets våta längd. Den *våta längden* är definierad som avståndet från bärplanets spets upp till den punkt där bärplanet skär vattenytan, om spetsen pekar nedåt. Om bärplanet inte skär vattenytan returneras bärplanets fulla längd som den våta längden. Den sista möjligheten är om bärplanet skär vattenytan med spetsen pekandes uppåt då returneras avståndet mellan vattenytan och den andra änden på bärplanet. Dessutom returnerar funktionen den y -koordinat där resultanten av lyftkraften verkar. Denna koordinat antas ligga i mittpunkten av bärplanets våta längd.



Figur 10. Bärplanskrafternas z -komponenter och resultanten. Styrbords bärplans kraftkomponent representeras av den gröna pilen, babords komponent representeras av den röda pilen och deras resultant verkar längs den blå pilen.

2.5 Jämviktskontroll-funktionens uppbyggnad

När programet startas sätts variablerna eta3 och eta5 till noll, det betyder att båten inte har någon vinkel i stampned och att tyngdpunkten ligger i vattenytan. Båten har då en viss fart framåt som gör att bärplanen skapar krafter uppåt, lyftkraften. Summan av dessa krafter, krafternas moment kring tyngdpunkten, eta3 och eta5, samt massan m och gravitationskonstanten g ges till funktionen Jämviktskontroll. Jämviktskontroll jämför då summan av krafterna med gravitationskraften ($m \cdot g$). Om lyftkraften är större så ökas eta3 d.v.s båten flyttas uppåt. Och om lyftkraften är mindre än gravitationskraften så minskas eta3 och båten sänks ner. P.s.s. om momentet kring tyngdpunkten är positivt så ökas eta5 och om det är negativt så minskas eta5 d.v.s båtens vinkel i stampningsled ökas respektive minskas. Dom modifierade eta3 och eta5 returneras sedan till huvudprogrammet.

2.6 Bärplanskonfiguration

Avståndet mellan det främre och bakre bärplanet är litet, detta kan ställa till med problem då det bakre bärplanet påverkas av turbulens och "downwash" från det främre. Mycket pekar på att Aquapedens tyngdpunkt ligger långt akteröver, detta medför att det bakre bärplanet måste bära mest vikt och det är därför viktigt att detta får arbeta ostört.

Här nedan listas en rad aspekter på olika bärplan, dessa togs fram under ett möte med *Alexander Sahlin*.

Aspekter på ett helt nedsänkt T-bärplan:

Fördelar:

- Högsta effektivitet
- Högt glidtal*
- Optimerad lyftkraft
- Liten risk för ventilation**

Nackdelar:

- Behöver reglersystem

Aspekter på ytskärande bärplan:

Fördelar:

- Enkel konstruktion
- Självstabiliserande, när man behöver mycket lyftkraft sänks bärplanet och man får därmed större våt yta.

Nackdelar:

- Risk för ventilation
- Sämre effektivitet än T-bärplan
- Sämre glidtal

Aspekter på ytskärande stegbärplan (flera bärplan i höjddled):

Fördelar:

- Tidigt lyft
- Mindre risk för kraschlandning pga. alla stegen inte kommer att ventilera samtidigt
- Kan ges god stabilitet

Nackdelar:

- Risk för ventilation
- Stort motstånd bidrag från skarvar mellan olika delar av bärplanen
- Sämre glidtal

* Glidtalet är ett förhållande mellan bärplansprofilens lyftkraft och dess motstånd. Måttet är hur många meter bärplanet glider framåt på varje meters höjdförlust.

** Ventilation innebär att bärplanet suger in luft på ovansidan (lågt tryck) och tappar därmed lyftkraft. Ventilation kan undvikas med hjälp av små plattor vinkelrätta mot bärplansprofilen fästa i områden där ventilationsrisken är stor.

En bärplanskonfiguration med två separerade ytskärande bärplan fram och ett nedsänkt T-bärplan bak kan vara det *bästa konceptet*. Då största delen av vikten ligger på det bakre bärplanet är det bra med en T-foil som optimerar lyftkraften. De två främre måste fungera som stabilisatorer i rullningsled.

3 Resultat

Programmet kan alltså beräkna och svara på en rad intressanta parametrar när Aquapeden flyger. Exempelvis kan den nödvändiga lyftkraften på respektive bärplan beräknas, effektbehovet i flygande mod, rättande moment, gångläge etc. När verktyget används i ett senare skede för att optimera och utvärdera en bärplanskonfiguration kan programmet behövas bygga ut för att få alla då nödvändiga resultat.

4 Slutsats

Målet med bärplanskonfigurationen är att Aquapeden ska vara dynamiskt stabil utan reglersystem. Den ska alltså själv återgå till jämvikt när systemet utsätts för en störning.

En viktig tanke som Alexander Sahlin delade med sig av var: *Det är viktigt att optimeringen av bärplanen inte bara sker analytiskt utan att experiment med modeller och helst försök i fullskala kommer igång så fort som möjligt.*

4.1 Problem

- Rollstabilitet
- Optimera fram den bästa bärplanskonfigurationen
- Effekter av bärplanens närhet till vattenytan

5 Referenser

Alexander Sahlin

L. Larsson, R. E. Eliasson. *Principles of Yacht Design*. 1994

MATLAB (version 7.0.1) är ett registreat varumärke av The MathWorks Inc. 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500

Bilaga A – Huvudprogram

```
clear all
clear figures
clc

%heave and pitch
%30/9/06
%Calle H och Ulf L

%%Variabler att välja.
%%Index 1 indekerar främre bärplanet
%%Index 2 indekerar bakre bärplanet

rho=1025;
U=15*1852/3600;
Hastigheten_i_knop=U*3600/1852

col='r'

eta3=0;eta4=0;eta5=0;

%Massa
mf=60; %Farkostens tyngd [kg]
mm=23; %Motorns tyngd [kg]
mp=75; %Personens tyngd [kg]
ml=0;%25; %Lastens tyngd [kg]
m=mf+mm+mp+ml;
rho=1025; %Vattnets densitet Sthlm skärgård [kg/m^3]
g=9.81;

%Mått -----
z1=-1.1; %position för nedre delen på främre bärplanet i förhållande till
tyngdpunkten i z-led
z2=-1.05; %position för nedre delen på bakre bärplanet i förhållande till
tyngdpunkten i z-led
z3=-0.9;
x1=1.2; %Sträcka masscentrum-bärplan [m]
x2=-1.2; %Sträcka masscentrum-bärplan [m]
x3=1.2;

maxspan1=1;
maxspan2=0.8;
maxspan3=0.4;
bredd1=0.3; %bredd mellan höger och vänster bärplan
bredd2=0; %bredd mellan höger och vänster bärplan
bredd3=0; %bredd mellan höger och vänster bärplan
corda1=0.115; %Profilens korda [m]
corda2=0.115; %Profilens korda [m]
corda3=0.115; %Profilens korda [m]
beta1=15*pi/180; %Bärplanens vinkel [rad]
beta2=0*pi/180; %Bärplanens vinkel [rad]
beta3=5*pi/180; %Bärplanens vinkel [rad]

alfa01=3*pi/180; %Vingprofilens initiala anfallsvinkel [rad]
alfa02=0*pi/180; %Vingprofilens initiala anfallsvinkel [rad]
alfa03=3*pi/180; %Vingprofilens initiala anfallsvinkel [rad]
```

```

L=3;
B=1;
D=0.5;
% Slut på måtten -----
F13M=[];
F23M=[];
d1M=[];
d2M=[];
vinkel=[];
roll=[];
moment=[];
alfa1M=[];
alfa2M=[];

spanhM1=[];
spanvM1=[];

spanhM2=[];
spanvM2=[];
y1M=[];
y2M=[];

ii=0;

eta4=0;

figur=2;
minvinkel=0;
maxvinkel=6;
for eta4=[minvinkel:6:maxvinkel]*pi/180%U=[8 10 13 15]*1852/3600%
    rollen=eta4*180/pi
    klar3=3200.345; %looptest variabler
    klar5=49875.832;%looptest variabler
    eta3=0;eta5=0;
    while(klar3>40 || klar5>15)
        %Bärplansprofil
        alfa1=alfa01-eta5;           %Total anfallsvinkel, intial -
stampningsvinkeln [rad]
        alfa2=alfa02-eta5;           %Total anfallsvinkel, intial -
stampningsvinkeln [rad]
        alfa3=alfa03-eta5;           %Total anfallsvinkel, intial -
stampningsvinkeln [rad]

        d1=(-z1*cos(eta4)-eta3+x1*eta5);           %Djup bärplan [m]
        d2=(-z2*cos(eta4)-eta3+x2*eta5);           %Djup bärplan [m]
        d3=(-z3*cos(eta4)-eta3+x3*eta5);           %Djup bärplan [m]

[y1,F11,F13]=foilkraft(beta1,eta4,maxspan1,d1,z1,bredd1,corda1,alfa1,U,rho)
;

[y2,F21,F23]=foilkraft(beta2,eta4,maxspan2,d2,z2,bredd2,corda2,alfa2,U,rho)
;

[y3,F31,F33]=foilkraft(beta3,eta4,maxspan3,d3,z3,bredd3,corda3,alfa3,U,rho)
;

M3=F13*x1+F23*x2+F33*x3;
lyft=F13+F23+F33;

[eta3,eta5]=Jamviktskontroll_3(m,g,M3,lyft,eta3,eta5);

```

```

klar3=abs(lyft-(m*g)); %jämför mg med totala lyftet
klar5=abs(M3); %jämför momentjämvikten

ii=ii+1;
ii=0;
if ii==2000
    klar3
    klar5
    ii=0;
end

end

%eta3
if eta4>0
    moment=[moment -(F13*y1+F23*y2)];
else
    moment=[moment (F13*y1+F23*y2)];
end
y1M=[y1M y1];
y2M=[y2M y2];

alfa1M=[alfa1M alfa1];
alfa2M=[alfa2M alfa2];

F13M=[F13M F13];
F23M=[F23M F23];

d1M=[d1M d1];
d2M=[d2M d2];
vinkel=[vinkel eta5*180/pi];
roll=[roll eta4*180/pi];

[spanv,spanh,FCvy,FChy]=span(beta1,eta4,d1,maxspan1,z1,bredd1);
spanhM1=[spanhM1 spanh];
spanvM1=[spanvM1 spanv];

if eta4==minvinkel || eta4==maxvinkel*pi/180 %spanv==0%
    skrov3(1.8,-1.2,L,B,D,24,eta3,eta4,eta5,'k',figur);
    %skrov3(x1,x2,L,B,D,beta,eta3,eta4,eta5,col,figur)

hydrofoil3(x1,z1,maxspan1,bredd1,corda1,beta1,eta3,eta4,eta5,'r','m',figur)
;

hydrofoil3(x2,z2,maxspan2,bredd2,corda2,beta2,eta3,eta4,eta5,'g','y',figur)
;

hydrofoil3(x3,z3,maxspan3,bredd3,corda3,beta3,eta3,eta4,eta5,'g','y',figur)
;

vatten3(eta3,eta4,eta5,figur);
title(eta4*180/pi)
%view(75-eta4*180/pi,0)
view(90,0)
figur=figur+1;
end

[spanv,spanh,FCvy,FChy]=span(beta2,eta4,d2,maxspan2,z2,bredd2);

```

```

        spanhM2=[spanhM2 spanh];
        spanvM2=[spanvM2 spanv];

end

plotx=5;
ploty=4;
figure(1)

subplot(ploty,plotx,1)
plot(roll,F13M,col)
title('F13M')
hold on

subplot(ploty,plotx,2)
plot(roll,F23M,col)
title('F23M')
hold on

subplot(ploty,plotx,3)
plot(roll,d1M,col)
title('d1M')
hold on

subplot(ploty,plotx,4)
plot(roll,d2M,col)
title('d2M')
hold on

subplot(ploty,plotx,5)
plot(roll,vinkel,col)
title('Pitch')
hold on

subplot(ploty,plotx,6)
plot(roll,moment,col)
title('moment')
hold on

subplot(ploty,plotx,7)
plot(roll,y1M,col)
title('momentarm 1')
hold on
subplot(ploty,plotx,8)
plot(roll,y2M,col)
title('momentarm 2')
hold on

subplot(ploty,plotx,9)
plot(roll,alfa1M*2*pi,col)
title('Cl1')
hold on

subplot(ploty,plotx,10)
plot(roll,alfa2M*2*pi,col)
title('Cl2')
hold on

subplot(ploty,plotx,11)

```

```

plot(roll,spanvM1,col)
title('spanv1')
hold on

subplot(ploty,plotx,12)
plot(roll,spanhM1,col)
title('spanh1')
hold on

subplot(ploty,plotx,13)
plot(roll,spanvM2,col)
title('spanv2')
hold on

subplot(ploty,plotx,14)
plot(roll,spanhM2,col)
title('spanh2')
hold on

subplot(ploty,plotx,15)
plot(roll,alfa1M*180/pi,col)
title('alfa1')
hold on

subplot(ploty,plotx,16)
plot(roll,alfa2M*180/pi,col)
title('alfa2')
hold on

subplot(ploty,plotx,17)
plot(roll,moment./(m*g),col)
title('GZ')
hold on

maximalt_ratande_moment=max(moment)
tyngpunkten_far_max_forskjutas=maximalt_ratande_moment/(m*g)

```


Bilaga B – Funktion Foilkraft

```
function
[FCy,Fx,Fz]=foilkraft(beta,eta4,maxspan,d,z,bredd, corda, alfa,U,rho)

[spanv,spanh,FCvy,FChy]=span(beta,eta4,d,maxspan,z,bredd);

if bredd==0
    multipel=1;
else
    multipel=2;
end

Av=corda*spanv;           %Profilens våta area [m]
Ah=corda*spanh;         %Profilens våta area [m]
if Av>0
    ARv=(spanv/multipel)^2/(Av/multipel);           %AR för halva spannet om
multipel=2 eftersom Cp måste vara noll i båda ändarna
    ur_vattnet_v=0;
else
    ARv=99999999;
    ur_vattnet_v=1;
end

if Ah>0
    ARh=(spanh/multipel)^2/(Ah/multipel);           %AR för halva spannet om
multipel=2 eftersom Cp måste vara noll i båda ändarna
    ur_vattnet_h=0;
else
    ARh=99999999;
    ur_vattnet_h=1;
end

[cl,cd] = naca2412(alfa);

e=0.8;

if ARv>0 && ur_vattnet_v==0
    Clv=c1/(1+2/(e*ARv));
    Cdiv=Clv/(pi*e*ARv);
else
    Clv=0;
    Cdiv=0;
end
Cdv=cd+Cdiv;

if ARh>0 && ur_vattnet_h==0
    Clh=c1/(1+2/(e*ARh));
    Cdih=Clh/(pi*e*ARh);
else
    Clh=0;
    Cdih=0;
end
Cdh=cd+Cdih;

%Dynamisk lyftkraft
Lv=0.5*rho*U^2*Clv*Av;
Lh=0.5*rho*U^2*Clh*Ah;
%Dynamisk motstånd
Dv=0.5*rho*U^2*Cdv*Av;
```

```

Dh=0.5*rho*U^2*Cdh*Ah;

Fvz=Lv*cos(beta+eta4);      %Vertikala lyftkomponenten [N]
Fhz=Lh*cos(beta-eta4);      %Vertikala lyftkomponenten [N]

Fvx=-Dv;                    %Motståndskraft i vänster bärplan
Fhx=-Dh;                    %Motståndskraft i höger bärplan

Fx=Fvx+Fhx;                 %total motståndskraft

Fz=Fhz+Fvz;                 %resulterande kraft i z-led
hy=FCvy-FChy;              %avstånd mellan
kraftangreppspunkterna höger och vänster bärplan (i y-led)
if Fz~=0
    FCy=FCvy-(Fhz/Fz)*hy;   %y koordinat för
resultantens angreppspunkt
else
    FCy=0;
end

```

Bilaga C- Funktion Span

```
function [spanv,spanh,FCvy,FChy]=span(beta,eta4,d,maxspan,z,bredd)
dv=d-(bredd/2)*sin(eta4);
dh=d+(bredd/2)*sin(eta4);

% Högera bärplanet-----
if (eta4-beta)>0
    %spetsen pekar nedåt
    if dh>0
        spanh=maxspan;
    else
        spanh=maxspan+dh/sin(eta4-beta);
        spanh=min(spanh,maxspan);
    end
    FChy=-z*sin(eta4)-(bredd/2)*cos(eta4)-(maxspan-spanh/2)*cos(eta4-beta);
%angreppspunkt för kraften i vänster bärplan (y-led)
else
    %spetsen pekar uppåt
    if dh<=0
        spanh=0;
    else
        if sin(eta4-beta)==0
            spanh=maxspan;
        else
            spanh=-dh/sin(eta4-beta);
            spanh=min(spanh,maxspan);
        end
    end
    FChy=-z*sin(eta4)-(bredd/2)*cos(eta4)-(spanh/2)*cos(eta4-beta);
end

% Vänstra bärplanet-----
if (eta4+beta)<0
    %spetsen pekar nedåt
    if dv>0
        spanv=maxspan;
    else
        spanv=maxspan-dv/sin(eta4+beta);
        spanv=min(spanv,maxspan);
    end
    FCvy=-z*sin(eta4)+(bredd/2)*cos(eta4)+(maxspan-spanv/2)*cos(eta4+beta);
%angreppspunkt för kraften i höger bärplan (y-led)
else
    %spetsen pekar uppåt
    if dv<0
        spanv=0;
    else
        if sin(eta4+beta)==0
            spanv=maxspan;
        else
            spanv=dv/sin(eta4+beta);
            spanv=min(spanv,maxspan);
        end
    end
    FCvy=-z*sin(eta4)+(bredd/2)*cos(eta4)+(spanv/2)*cos(eta4+beta);
%angreppspunkt för kraften i höger bärplan (y-led)
end
```

Bilaga D - Funktion Jämviktskontroll

```
function [eta3,eta5]=Jamviktskontroll_3(m,g,M3,lyft,eta3,eta5);

if(lyft>m*g)           %om lyftet är större än tyngdkraften så höjs båten
    eta3=eta3+0.0001;
end
if(lyft<m*g)           %om tyngdkraften>lyft båten sänks
    eta3=eta3-0.0001;
end

if(M3<0)               %om momentet kring masscentrum är större än 0 så ökas
vinkeln
    eta5=eta5+0.00001;
end
if(M3>0)               %om momentet kring masscentrum är mindre än 0 så minskas
vinkeln
    eta5=eta5-0.00001;
end
```

Bilaga E – Funktion som plottar skrovet

```
function skrov3(x1,x2,L,B,D,beta,eta3,eta4,eta5,col,figur)
figure(figur)

% 3D-plot -----

% Skrovet -----
x=[x2 x2 x2 x2 x2 x2];
y=[-B/2 B/2 B/2 0 -B/2 -B/2];
z=[0 0 -D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -D -D+(B/2)*sin(beta*pi/180) 0];
rotate_and_plot(x,y,z,eta3,eta4,eta5,col,figur)
hold on

x=[x2 (x1+x2)/2 x1 (x1+x2)/2 x2];
y=[B/2 B/2 0 -B/2 -B/2];
z=[0 0 0 0 0];
rotate_and_plot(x,y,z,eta3,eta4,eta5,col,figur)
hold on

x=[x2 (x1+x2)/2 x1 (x1+x2)/2 x2];
y=[B/2 B/2 0 -B/2 -B/2];
z=[-D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -
D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -
D+(B/2)*sin(beta*pi/180)];
rotate_and_plot(x,y,z,eta3,eta4,eta5,col,figur)
hold on

x=[x1 x1 (x1+x2)/2 x2];
y=[0 0 0 0];
z=[0 -D+(B/2)*sin(beta*pi/180) -D -D];
rotate_and_plot(x,y,z,eta3,eta4,eta5,col,figur)
hold on

% -----
% Tyngdpunkt -----
hold on
plot3(0,0,0,'o')
hold on
plot3(0,0,0,'+')
hold on
% -----
%title('3D')
xlabel('x [m]')
ylabel('y [m]')
zlabel('z [m]')

axis equal
```

Bilaga F – Funktion som plottar vattenytan

```
function vatten3(eta3,eta4,eta5,figur)
figure(figur)

for i=-2:0.5:2
    plot3([-2 2],[i i],[-eta3 -eta3]*cos(eta4)*cos(eta5))
    plot3([i i],[-2 2],[-eta3 -eta3]*cos(eta4)*cos(eta5))
end
title(num2str(eta4*180/pi))
hold on
```

Bilaga G – Funktion som plottar bärplanen

```
function
hydrofoil3(x,z,maxspan,bredd,corda,beta,eta3,eta4,eta5,foilcol,veccol,figur
)
% 3D-plot -----
% Bärplan -----
xv=[x-corda/2 x+corda/2 x+corda/2 x-corda/2 x-corda/2];
yv=[-bredd/2-maxspan*cos(beta) -bredd/2-maxspan*cos(beta) -bredd/2 -bredd/2
-bredd/2-maxspan*cos(beta)];
zv=[z+maxspan*sin(beta) z+maxspan*sin(beta) z z z+maxspan*sin(beta)];
rotate_and_plot(xv,yv,zv,eta3,eta4,eta5,foilcol,figur)
hold on

xv=[x-corda/2 x+corda/2 x+corda/2 x-corda/2 x-corda/2];
yv=[bredd/2+maxspan*cos(beta) bredd/2+maxspan*cos(beta) bredd/2 bredd/2
bredd/2+maxspan*cos(beta)];
zv=[z+maxspan*sin(beta) z+maxspan*sin(beta) z z z+maxspan*sin(beta)];

rotate_and_plot(xv,yv,zv,eta3,eta4,eta5,foilcol,figur)
hold on
% -----

% Kraftvektorer -----
xv=[x x];
yv=[-bredd/2-0.5*maxspan*cos(beta) -bredd/2-
0.5*maxspan*cos(beta)+2*sin(beta)];
zv=[z+0.5*maxspan*sin(beta) z+0.5*maxspan*sin(beta)+2*cos(beta)];
rotate_and_plot(xv,yv,zv,eta3,eta4,eta5,veccol,figur)
hold on

xv=[x x];
yv=[bredd/2+0.5*maxspan*cos(beta) bredd/2+0.5*maxspan*cos(beta)-
2*sin(beta)];
zv=[z+0.5*maxspan*sin(beta) z+0.5*maxspan*sin(beta)+2*cos(beta)];
rotate_and_plot(xv,yv,zv,eta3,eta4,eta5,veccol,figur)
hold on
% -----

%title('')
xlabel('x [m]')
ylabel('y [m]')
zlabel('z [m]')

axis equal
```

Bilaga G – Funktion som definierar bärplansprofilen

```
function [cl,cd] = naca2412(alfa)
%
% function [cl,cd] = naca2412(alfa)
%
% Alfa in radians (can be an array of alfas)
% Cl and Cd are the 2 dimensional coefficients for
% profile lift and profile drag
%-----
alfa = alfa*180/pi;           % Go from rad to deg
alfa = min(alfa,22);         % Too large alfa
alfa = max(alfa,-10);        % Too small alfa
P    = [-0.000000286,-0.000001952,0.00001675,0.00024056,0.102874,0.21344];%
Polynomial lift coefficients
cl   = polyval(P,alfa);      % [-] 2D lift
P    = [0.000002,0,0,0.003]; % Polynomial drag coefficients
cd   = polyval(P,alfa)+0.002; % [-] 2D drag
% end of file
```


Bilaga H – Funktion som roterar 3D plottar

```
function rotate_and_plot(x,y,z,eta3,eta4,eta5,col,figur)
```

```
x=x+z*eta5;  
y=y+z*eta4;  
z=z-eta4*y-eta5*x;
```

```
figure(figur)  
plot3(x,y,z,col)
```

Bilaga I – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
25. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
26. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
27. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
28. Uppnås syftet?	Ja	Ja
29. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
30. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
31. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
32. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
33. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
34. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
35. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
36. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
37. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
38. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
39. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
40. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
41. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
42. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
43. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
44. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Nej	Nej

45. Arbetet har utförts i samarbete med : Carl Hagman och Ulf Lindberg	Ja	Ja
46. Rapporten är korrekturläst av: Maria Axelson, David Eckerdal	Ja	Ja
47. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	5
48. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		

Otroligt viktigt att få till en fungerande bärplanskonfiguration analytiskt. Vi vill inte att Aquapeden ska bli ett garageprojekt därför är det av yttersta vikt att detta verktyg vårdas i gruppen och används till att bygga modeller i både liten och fullskala.

Följande lista med lärandemål uppfylls i och med detta arbete:

- Presentation av tekniskt arbete skriftligt och grafiskt
- Hantering av tekniska problem ur ett systemperspektiv
- Angripande av komplexa och delvis ofullständiga problem
- Effektivt utnyttja tillgängliga ingenjörsmetoder och verktyg

Propellerförslag



MARCUS THOR
marcuth@kth.se
0739-244493

Kurs: *Marindesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *1/12-2006*
Versionsnummer: *1.0*
Handlett av: *Jakob Kutteneuler*
Nedlagd arbetstid:
Granskad av: *Carl-Johan Söder*

Slutsats

Det visar sig att det är stigningen som är mest kritisk vad gäller möjlighet att överstiga släpeffekt vid 15 knop. Det är vid denna fart som släpeffekten är störst. Ingen av Yamahas propellrar för 4 hk motorn kan användas, medan två av 6 hk motorns kan användas. Någon av dessa två propellrar samt användning av 6 hk motorn rekommenderas. Aquapeden anses med något av dessa val kunna gå upp i strax över 15 knop. Det enda alternativet för användning av 4 hk motorn anses vara att hitta en ny propeller alternativt ändra stigningen hos befintlig propeller. Detta måste utredas mer noggrant.

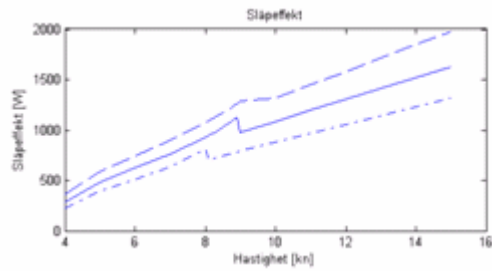
Problemformulering

Utvärdera de olika propellrar som går att använda till aktuell motor, samt ge förslag på bästa tänkbara av dessa. Detta med avseende på motståndsprediktering som tidigare gjorts och som skall övervinnas.

Analys

Analysen bygger på en så kallad bladelementteori som ges i häftet Propellrar [1] av Jakob Kutteneuler. Utifrån denna teori har en matlabskript tagits fram och effektkurvor m.m. har erhållits för de av Yamaha möjliga propellrarna och jämförts med släpeffektkurvan för Aquapeden, se figur 1. Modellen antar att motorns varvtal är maximalt vid alla hastigheter, vilket inte kommer att vara fallet, propellerns varvtal kommer att vara lägre vid låga hastigheter. Vad som är intressant att studera i graferna är vid vilken hastighet som propellerns ineffekt sjunker under propelleraxelns effekt som för 4 hästarn är 2,9 kW och för 6 hästarn är 4,4 kW. Det är från denna hastighet och uppåt som modellen gäller för motorn. I tabell 1 ges de olika möjliga propellrar från Yamaha samt om dessa klarar 15 knop eller inte. Vad som menas med det är huruvida propellerns (motorns) uteffekt till vattnet överstiger släpeffekten vid 15 knop. Då det är angivet ett 'Nej' i denna kolumn så räcker inte uteffekten till med denna propeller. Med de flesta propellrar då 'Nej' är angivet börjar t o m båten dra propellern vid 15 knop eller innan i modellen.

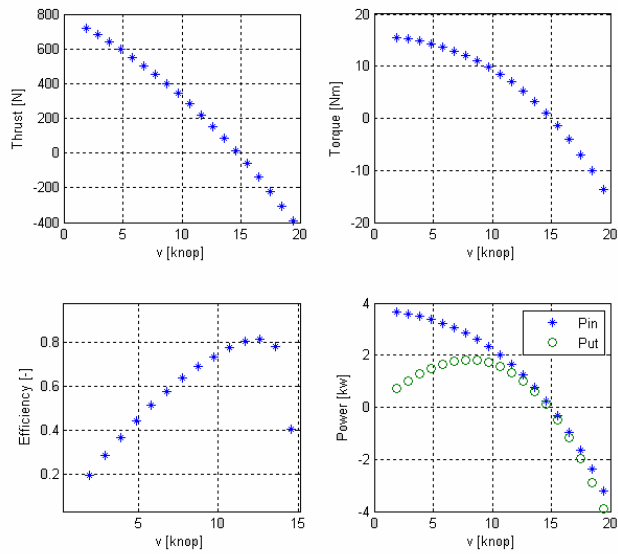
I figur 1 så är det den översta streckade kurvan som gäller (båt + förare 180 kg). Här ses att effekten som behövs vid 15 knop är ca 2 kW. Då denna motors propelleraxe effekt är 2,9 kW så inses redan här att det behövs en verkningsgrad på minst ca. 70% vid 15 knop för att detta skall gå. Ytterligare nämns att denna modell som används ofta överprediktar verkningsgraden med ca 5-10% [1], vilket gör att verkningsgraden från modellen bör ligga vid minst 80% vid 15 knop.



Figur 1. Släpeffekt vid olika hastigheter

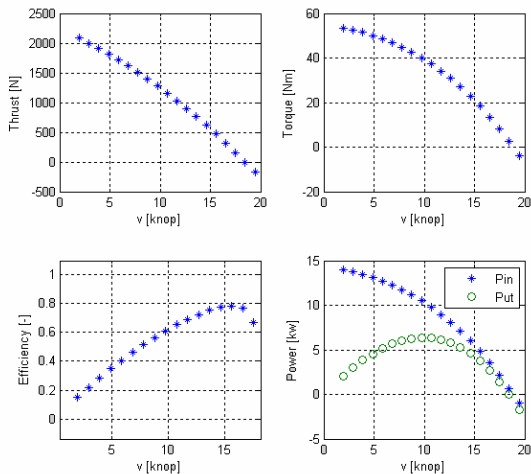
För motorn med 4 hästkrafter är propellervarvtalet ca 2250 rpm, genomsnittlig korda 4.1 cm och navdiameter 5.1 cm. För motorn med 6 hästkrafter är samma storheter 2500 rpm, 6 cm och 5.7 cm. Båda motorerna använder en propeller med 3 blad.

4 hp Prop. beteckning	Stigning [tum]	Diameter [tum]	Kurvor figur #	Klarar 15 knop [Ja/Nej]
A	6,5	7,5		Nej
B	7	7,25		Nej
C	8	7,25	2	Nej
6 hp Prop. beteckning				
D	5	9		Nej
E	5,75	9		Nej
F	6,25	9		Nej
G	7	9		Nej
H	7,25	9		Nej
I	9	9	3	Ja
J	9,25	9,25	4	Ja

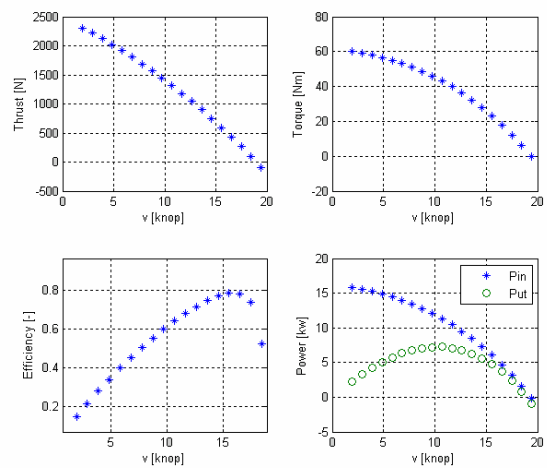


Figur 2. Kurvor för propeller C.

I figur 2 ovan ses att vid 15 knop så börjar båten dra propellern. Denna propeller C är den för 4 hästarn med störst stigning. Med reservation för felmarginal samt ovannämnda att modellen har en tendens att överprediktera så anses denna propeller och motor ej kunna användas.



Figur 3. Kurvor för propeller I.



Figur 4. Kurvor för propeller J.

Referenser

1. Propellrar. Föreläsninganteckningar i kursen 4E1401 Marinteknik. Jakob Kutenkeuler.

Bilaga – Matlabkod

```
function []=prop(n,GPP,N,ci,cy,DD,navD);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% n=varvtal [rpm], GPP=stigning [tum], N=antal blad [-] , ci=rotkorda [m]
% cy=spetskorda [m], DD=diameter [tum], navD=navets diameter [m]
% OBS! Linjär approximation för små anfallsvinklar
% OBS! Enligt Propellerhäfte sid 22. Verkningsgrad överpredikteras med 5-10%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Ve=[1:0.5:10];
a=0.1;
a_=0.01;
rho=1000;
w=n*2*pi/60;

for j=1:length(Ve)
if ci==cy
c=ci.*ones(21,1);
else
c=[ci:-(ci-cy)/20:cy];
end
GP=GPP*25.4/1000;
D=DD*25.4/1000;
R=D/2-navD/2;
dr=R/length(c);
r=[navD/2:dr:D/2];
M=0;
T=0;

    for i=1:length(c)

        teta=atan(GP/(2*pi*r(i))); % GP=2*pi*r*tan(teta)
        stop = 0;
        count = 0;
        while stop == 0

            v0=Ve(j)*(1+a); % axiell komponent
            v2=w*r(i)*(1-a_); % tangentiell komponent
            v=sqrt(v0^2+v2^2); % anströmningshastighet

            fi=atan(v0/v2);
            alfa=teta-fi;
            q=0.5*rho*v^2; % dynamiskt tryck

            Clalfa=2*pi;
            Cl=Clalfa*alfa; % lyftkoefficient
            Cd=0.008-0.003*Cl+0.01*Cl^2; % dragkoefficient

            dT=q*c(i)*N*(Cl*cos(fi)-Cd*sin(fi))*dr;
            dM=q*c(i)*N*(Cl*sin(fi)+Cd*cos(fi))*r(i)*dr;
            any=-0.5+sqrt(0.25+dT/(4*pi*r(i)*rho*(Ve(j))^2*dr));
            a_ny=dM/(4*pi*rho*r(i)^3*Ve(j)*(1+a)*w*dr);
            if (abs(a_-a_ny)<0.000005 & abs(a-any)<0.000005) || count == 50
                stop=1;
            end
            a=(any+a)/2;
            a_=(a_ny+a_)/2;
        end
        M=M+dM;
        count=count+1;
        T=T+dT;
    end

    subplot(2,2,1);
    plot(Ve(j)*3600/1852,real(T),'*')
    xlabel('v [knop]')
    ylabel('Thrust [N]')
    hold on
    grid on
    subplot(2,2,2)
    plot(Ve(j)*3600/1852,real(M),'*')
    xlabel('v [knop]')
    ylabel('Torque [Nm]')
```



```

hold on
grid on

CT=T/(0.5*rho*Ve(j)^2*D^2);           % Thrust coefficient
CM=M/(0.5*rho*(Ve(j))^2*D^3);       % Torque coefficient
KT=T/(rho*w^2*D^4);                 % Thrust coefficient
KM=M/(rho*w^2*D^5);                 % Torque coefficient

J=Ve(j)/(w/(2*pi)*D);                % framdrivnigstalet
slir=1-J*D/GP;                       % slirning

eta=T*Ve(j)/(M*w);
%eta=KT*J/(KM*2*pi);                 % verkningsgrad
subplot(2,2,3)
plot(Ve(j)*3600/1852,real(eta),'*')
xlabel('v [knop]')
ylabel('Efficiency [-]')
hold on
grid on

P=T*Ve(j)*10^-3;                     % effekt [kw]
subplot(2,2,4)
plot(Ve(j)*3600/1852,real(P)/real(eta),'*',Ve(j)*3600/1852,real(P),'o')
legend('Pin','Put')
xlabel('v [knop]')
ylabel('Power [kw]')
hold on
grid on

end

```

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

<i>Generellt intryck</i>		Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
49.	Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	
50.	Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	
51.	Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	
	52. Uppnås syftet?	Ja	
53.	Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	

<i>Tekniskt innehåll</i>		Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
54.	Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	
55.	Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	
56.	Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	
57.	Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	
58.	Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	
59.	Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	
60.	Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	

<i>Presentation</i>		Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
61.	Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	
62.	Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	
63.	Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	
64.	Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	
65.	Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	
	66. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	
67.	Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	

<i>Övrigt</i>		Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
68.	Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
69.	Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
70.	Rapporten är korrekturläst av : _____		-
71.	Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		

72. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

APFS

Rullning vid deplacerande fart



CARL HAGMAN, CARL-JOHAN SÖDER
chagman@t.kth.se, cjsoder@kth.se
0709-758101, 0707 338279

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *12/10-2006*
Versionsnummer: *v1*
Handledt av: *Kalle Garme*
Granskad av: *DAE*
Nedlagd arbetstid: *CAH: 5 CAS: 2*

Problemformulering

För att undersöka Aquapedens sjöegenskaper i rullningsled vid deplacerande fart måste Aquapedens responsspektrum tas fram. En stor approximation som görs för att förenkla beräkningarna är att Aquapeden approximeras med en långsmal låda. Bärplanen och de två små skroven fram bortses helt. Skrovet approximeras alltså med en 3m lång och 0,7m bred låda. Då skrovet antagligen kommer att ha en ganska lådliknande utformning är den sista förenklingen kanske inte så avgörande.

Analys

För att kunna undersöka rullningsegenskaperna måste ett sjöstillstånd amplitudfrekvenssammansättning tas fram, det finns en rad semi-empiriska funktioner som beskriver just detta. En sådan funktion är det så kallade Bretschneider-spektrumet och ges av följande [1]

$$S^{\zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} e^{[-B/\omega^4]} \quad (1)$$

där koefficienterna A och B enligt ITTC78 kan bestämmas av

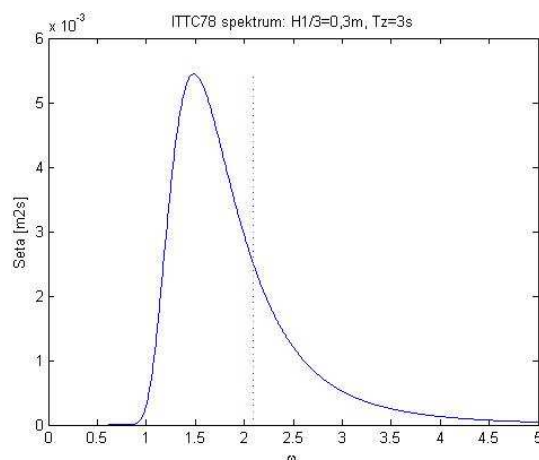
$$A = 124 \bar{H}_{1/3}^2 / T_z^4 \quad (2)$$

$$B = 494 / T_z^4 \quad (3)$$

där $\bar{H}_{1/3}$ är den signifikanta våghöjden [m] och T_z är medelperioden [s]. I detta fall har $\bar{H}_{1/3}=0.5\text{m}$ och $T_z=3\text{s}$ använts. Figur 1 visar en grafisk framställning av ovanstående uttryck med en frekvensseparation, $\Delta\omega$, om 0.01 rad/s. Här visas även medelfrekvensen ω_z [rad/s] som kan beräknas enligt

$$\omega_z = \frac{2\pi}{T_z} \quad (4)$$

och som med ovanstående medelperiod antar värdet av, $\omega_z = 2.09 \text{ s}^{-1}$



Figur 1. ITTC78-spektrum för ett sjöstillstånd enligt $\bar{H}_{1/3}=0.3\text{m}$ och $T_z=3\text{s}$. Medelfrekvensen har markerats med den streckade linjen.

Båtens responspektrum kan beräknas enligt [1]

$$S^{\eta}(\omega) = Y(\omega)^2 S^{\zeta}(\omega) \quad (5)$$

där $S^{\zeta}(\omega)$ är vågspektrumfunktionen och ges av ekvation (1). Båtens transferfunktion, $Y(\omega)$, beskriver fartygets respons för olika vågamplituder och olika vågfrekvenser och beräknas enligt [1]

$$Y(\omega) = \frac{\eta_0(\omega)}{\zeta_0} \quad (6)$$

där ζ_0 är våghöjdens amplitud
 $\eta_0(\omega)$ är responsamplitud

Responsamplituden, $\eta_0(\omega)$, i rullningsled kan skrivas [1]

$$\eta_0(\omega) = \frac{F_0^{ex} / (I + A)}{\sqrt{4\delta^2 \omega^2 + (\omega_0^2 - \omega^2)^2}} \quad (7)$$

Excitationsmomentet, F_0^{ex} , kan för lådkrovet beräknas enligt [1]

$$F_0^{ex} = \rho g \zeta_0 L e^{-kT} \left(-\frac{b}{k} \cos\left(\frac{kb}{2}\right) + \frac{2}{k^2} \sin\left(\frac{kb}{2}\right) \right) \quad (8)$$

Nedanstående ekvationer innehåller förklaringar och uttryck för de i ekvation (7) och (8) ingående parametrarna.

Vågtalet, k , definieras enligt

$$k = \frac{\omega^2}{g} \quad (9)$$

där ω är de globala vågfrekvenserna
 g är gravitationskonstanten

Dämpningen, δ , bestäms genom [1]

$$\delta = \frac{B}{2(I + A)} \approx 1,15 \quad (10)$$

där rulldämpningskoefficienten, B , kan approximeras med maximalt en tiondel av den kritiska dämpningen [1]

$$B = 0.1B_{crit} \approx 33 \quad (11)$$

och den kritiska dämpningen, B_{crit} , [1]

$$B_{crit} = \sqrt{4C(I + A)} \approx 330 \quad (12)$$

Masströghetsmomentet, I , approximeras som [1]

$$I = mr^2 \approx 13 \text{ kgm}^2 \quad (13)$$

där m är fartygets massa som i detta fall, då $C_B \approx 1$, kan bestämmas som [1]

$$m = \rho V = \rho LbT \approx 215 \text{ kg} \quad (14)$$

och tröghetsradien, r , i rullningsled kan approximeras som [1]

$$r = 0.35b = 0.245 \text{ m} \quad (15)$$

Den adderade vattenmassan, A , approximeras med [1]

$$A = 0.1I \approx 1,3 \text{ kgm}^2 \quad (16)$$

Styvhetskoefficienten, C , i (11) definieras som [1]

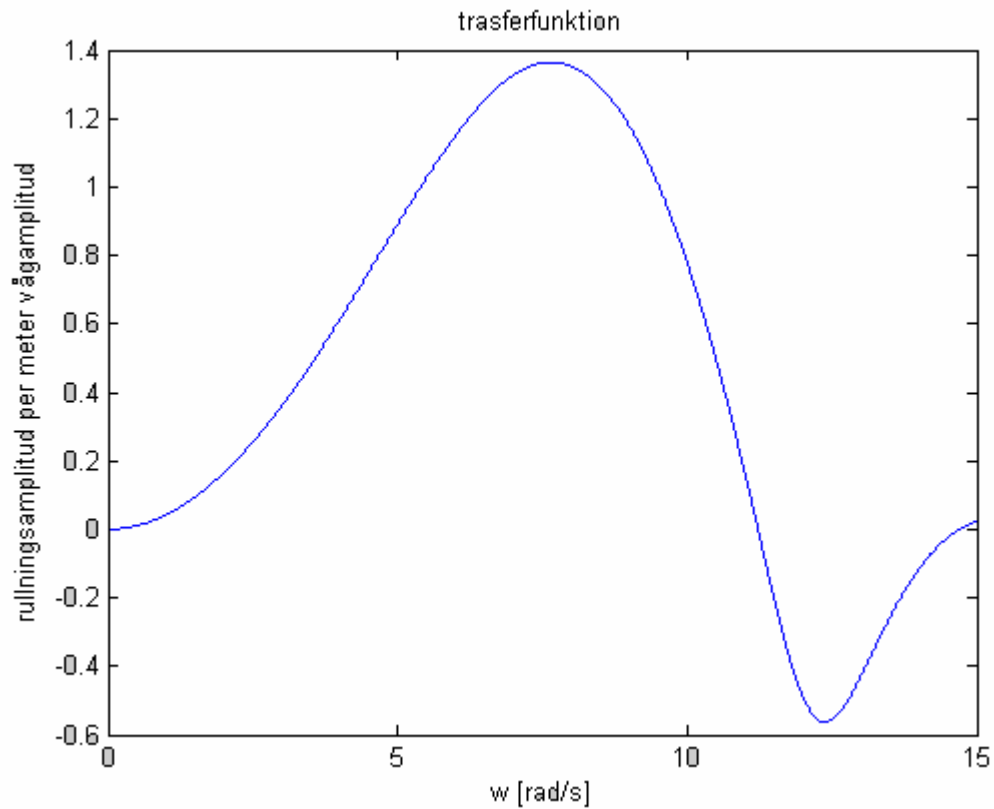
$$C = \rho g VGM_0 \approx 1900 \quad (17)$$

där Initialmetacenterhöjden, GM_0 , hämtas ur rapport *APFS_Tvårskeppsstabilitet_v1*, till 0,9m.

Slutligen kan den odämpade egenfrekvensen ω_0 i (6) bestämmas enligt [1]

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I + A}} \approx 12 \text{ rad/s} \quad (18)$$

Den förenklade Aquapedens transferfunktion återfinns i figur 2, i ett sjötillstånd med den signifikanta våghöjden 0,3m. Enligt figuren är båtens transferfunktion under 0 då frekvensen är över 10 rad/s detta beror på att funktionen är fasförskjuten.



Figur 2. Aquapedens transferfunktion.

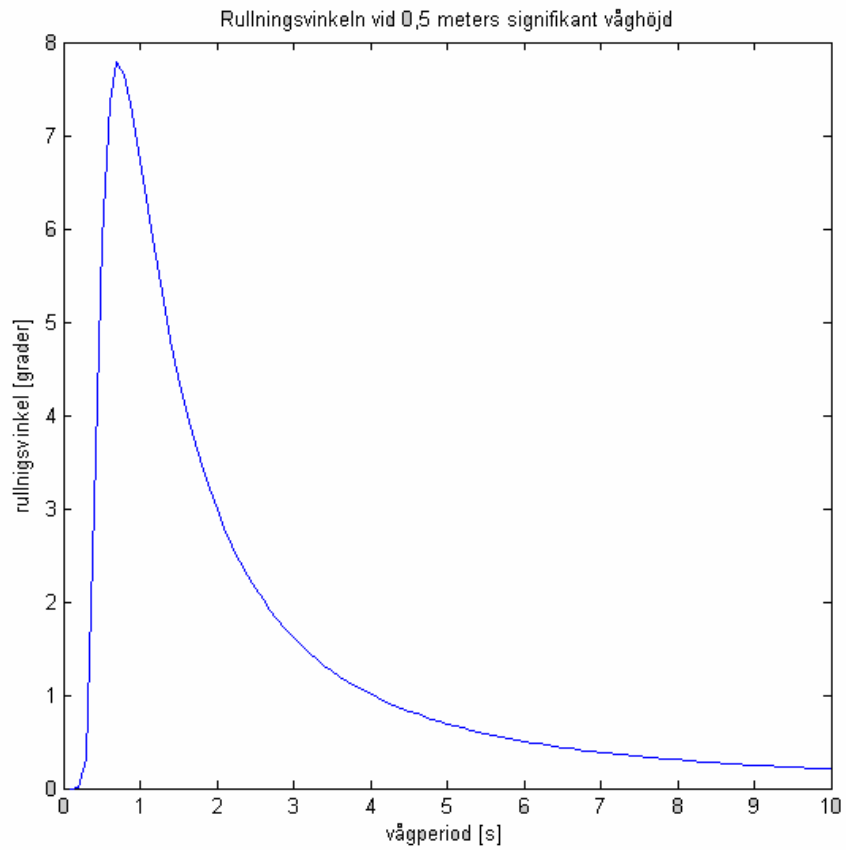
Rullningens standardavvikelse, σ , beräknas enligt

$$\sigma = \sqrt{\int_0^{\infty} S^{\eta}(\omega) d\omega} \quad (19)$$

Med hjälp av standardavvikelsen kan båtens sjöegenskaper analyseras för olika vågförhållanden vid sjö från sidan.

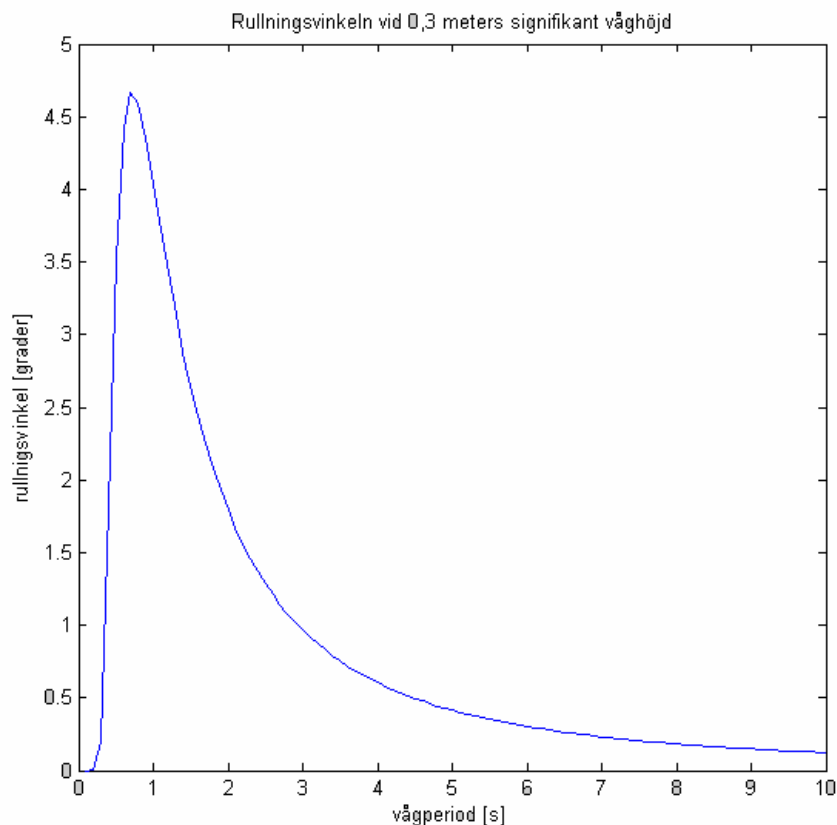
Resultat

De resultat som presenteras är Aquapedens rullningsvinkel vid olika sjötillstånd.



Figur 3. Rullningsvinkel som funktion av vågperioden vid 0,5 meters signifikant våghöjd.

Figur 3 visar att båten lutar nästan 8 grader när den går i sidsjö med den signifikanta våghöjden 0,5 meter.



Figur 4. Rullningsvinkel som funktion av vågperioden vid 0,3 meters signifikant våghöjd.

Figur 4 visar att båten lutar nästan 5 grader när den går i sidsjö med den signifikanta våghöjden 0,3 meter.

Slutsats

Beträffande båtens rullningsegenskaper i olika vågriktningar dras följande slutsatser:

Resultatet visar att Aquapeden kränger mindre än 10 grader i ett sjöstillstånd med signifikanta vågor på 0,5m. Detta måste anses vara okej.

Då båten möter vågor snett från fören upplever båten att vågorna kommer med högre frekvens, d.v.s. vågornas skenbara frekvens ökar. Det motsatta gäller då vågorna kommer snett akterifrån; den skenbara frekvensen minskar tills man har samma fart som vågorna. Då denna båt generellt sett är känsligare för relativt högfrekventa vågor så kan båtens sjöegenskaper förväntas vara som sämst i sjö snett framifrån.

Både transferfunktionen, $Y(\omega)$, och excitationskraften, F_0^{ex} , bygger på att båten är lådformad, vilket stämmer bra så länge vågorna är långa, ungefär 5 gånger längre än båtens bredd. Man bör notera att sådana vågor är ovanliga. Den riktiga transferfunktionen och excitationskraften består av fasförskjutna superponerade funktioner på grund av de tre skroven. Då fasförskjutningen förmodligen bidrar till delvis utsläckning av rullningen är resultatet ovan förmodligen en överskattning.

Om denna utredning tas vidare är ett bra nästa steg att jämföra dessa resultat med vågstatistik för Stockholms skyddade vatten. Denna statistik finns inte att tillgå utan måste beräknas. Ett annat bra tillägg vore att förbättra excitationmomentet så att detta stämmer bättre med Aquapedens skrovform. En annan intressant utökning är att lägga till flerskrov i beräkningarna.

Referenser

- [1] Rosén A; *Introduktion till fartygs sjöegenskaper*, Institutionen för Marina System, KTH, Stockholm, 2006.

Bilaga Kod

```
%Aquaped rullningsegenskaper vid deplacerande fart
%CAH, CAS
clear figure
Sigma=[]
for T=[0.1:1:10]
    H = 1; %signifikant våghöjd
    Tz = 3; %medelperiod
    A = 124*H^2/(Tz^4); %Koefficient
    B = 494/(Tz^4); %Koefficient
    w = [0.05:0.01:10] %Frekvens vektor
    S = A./(w.^5).*exp(-B./(w.^4)); %Breitschnider spektrum

    %Plottar ITTC78-spektrumet
    figure(1)
    plot(w,S,2*pi/Tz,0:0.0001:max(S))
    title('ITTC78 spektrum: H1/3=0,3m, Tz=3s')
    xlabel('\omega')
    ylabel('Seta [m2s]')

    ra = 1025; %densitet kg/m3
    g = 9.81; %gravitation m/s2
    L = 3; %fartygslängd m
    b = 0.7; %fartygsbredd m
    djup = 0.1; %djupgående m

    m = djup*b*L*ra; %massa kg
    k = w.^2/g;
    F0 = ra.*g.*L.*exp(-k.*djup).*(-
b./k.*cos(k.*b/2)+2./(k.^2).*sin(k.*b/2));%excitationmomentets amplitud
    r = 0.35*b; %Tröghetsradie m
    I = m*r^2; %Masströghetsmoment kgm2
    A = 0.1*I; %Adderad vattenmassa
    GM0 = 0.9; %enligt d.eckerdal
    C =ra*g*djup*b*L*GM0; %Styvhetskomponent
    Bcrit = sqrt(4*C*(I+A)); %Kritisk dämpning
    B = 0.1*Bcrit; %Rulldämpning

    delta = B/(2*(I+A)); %Dämpning
    w0 = sqrt(C/I+A); %Egenfrekvens rad/s
    Yw = (F0./(I+A))./sqrt(4*delta^2*w.^2+(w0^2-w.^2).^2);
%Transferfunktion

    %Plottar transferfunktion OBS! ändra w till [0.05:0.01:15]
    figure (2)
    plot(w,Yw)
    title('transferfunktion')
```

```

xlabel('w [rad/s]')
ylabel('rullningsamplitud per meter vågamplitud')

Sata = Yw.^2.*S;
%Plottar responsspektrum
figure (3)
plot(w,Sata) %plottar responsspektrum
title('Responsspektrum vid H1/3:0,3m Tz=3s')
xlabel('w [rad/s]')
ylabel('Seta [s]')

z=sum(Sata*0.01) %trapz(Yw); ges av 8.51(dock felskrivet skall vara
S^eta)

sigma=sqrt(z)*180/pi;
Sigma=[Sigma sigma]
end

%Plottar Rullningsvinkeln
figure(4)
plot(0.1:1:10,Sigma)
title('Rullningsvinkeln vid 0,3 meters signifikant våghöjd')
xlabel('vågperiod [s]')
ylabel('rullningsvinkel [grader]')

```

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
73. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	ja
74. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
75. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
76. Uppnås syftet?	Ja	Ja
77. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
78. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
79. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
80. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
81. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
82. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
83. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
84. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	ja
Presentation		
85. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
86. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
87. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
88. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
89. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
90. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
91. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
92. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Nej

- | | | |
|--|---|----|
| 93. Arbetet har utförts i samarbete med Carl Hagman och Carl-Johan Söder | | Ja |
| 94. Rapporten är korrekturläst av : David Eckerdal | | Ja |
| 95. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5) | 5 | 5 |
| 96. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc): | | |

Kul att kunna återanvända kunskaper från Marindynamik kursen direkt in i projektet.
Approximationerna som görs med skroven är kanske för stora för att resultatet ska kunna användas.

APFS Skrovutformning, tyngdpunkt och flytläge



ULF LINDBERG
ulflind@kth.se
0739-224383

Kurs: *Marindesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *01/01-2007*
Versionsnummer: *1.0*
Handledt av: *Kuttikenler*
Nedlagd arbetstid: *12*
Granskad av: *CAH*

Innehåll

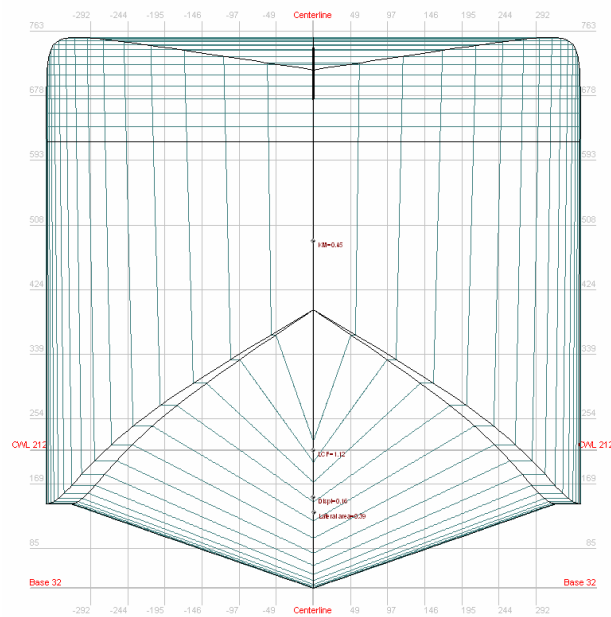
Problemformulering	65
Analys.....	65
Mittenskrovets form	65
Sidoskrovets form.....	66
Flytläge.....	67
Stabilitet	69
Slutsats	70
Referenser.....	71
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring.....	72
Bilaga 2 – Matlab program som beräknar stabilitet	74

Problemformulering

Uppgiften består i att utforma skrovet, beräkna tyngdpunkten och flytläget för "Aquapeden". Syftet med utredningen är att skapa spantritningar vilka pluggen kan konstrueras efter.

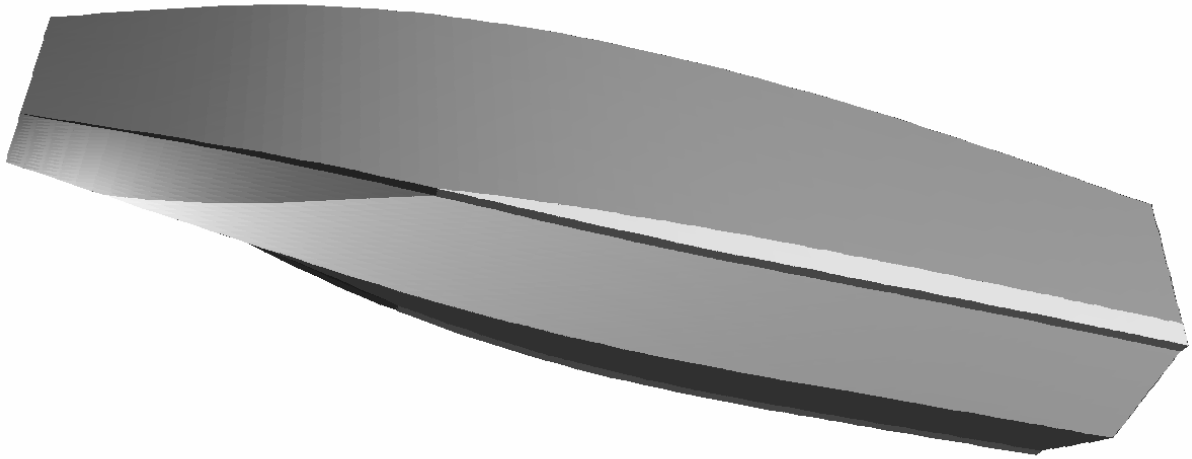
Analys

mittenskrovets form

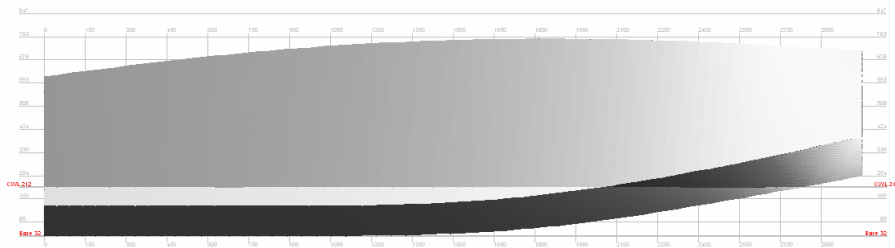


Figur 13: Spantruta för mittenskrovet. [mm]

Det är bestämt att mittenskrovet ska vara 3 m långt, 0,7 m brett och ha en V-vinkel beta på ca 20°. Analysen av takeoff-fasen har visat att skrovet bör vara minst 3 m i vattenlinjen. Det är brukligt att skrovvinkeln anges vid akterspegeln och att den sedan ökas mot fören för att få ett mjukare vågmöte. Skrovet bör vara så kort som möjligt för att minimera vikten och därför har en vertikal för och akterspegel valts. Eventuellt kan akterspegeln göras negativ och därmed kan vikten minskas något, dock kommer detta flytta fram tyngdpunkten en aning vilket kanske inte är önskvärt. Däcket har givits ett negativt språng för att ge ett modernare utseende. I figur 1 visas spantrutan för resultatet.

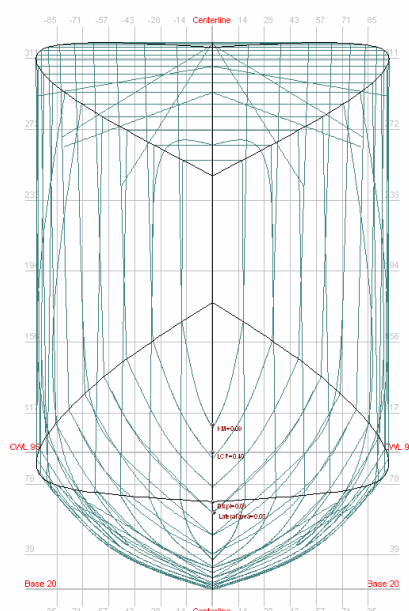


Figur 14: 3D-bild av mittenskrovet.
 Figur 2 och 3 visar skrovet i mer "realistiska" bilder.



Figur 15: Sidvy av mittenskrovet. Mått i mm.

Sidoskrovets form



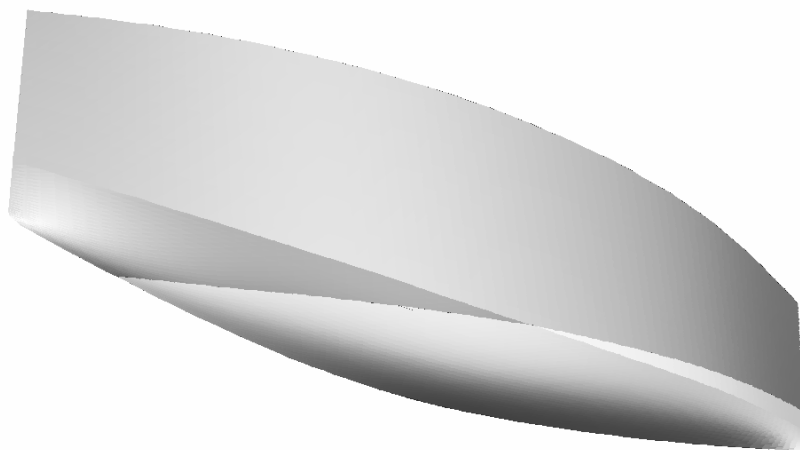
Figur 16: Spantruta för sidoskrov. [mm]

Sidoskrovets uppgifter är att skapa stabilitet vid embarkering och vid färd i låg fart. När båten färdas uppe på bärplanen har de däremot ingen funktion. Därför bör dom utformas för

- Tillräcklig stabilitet vid brygga och vid låg fart.
- Minimalt luftmotstånd.

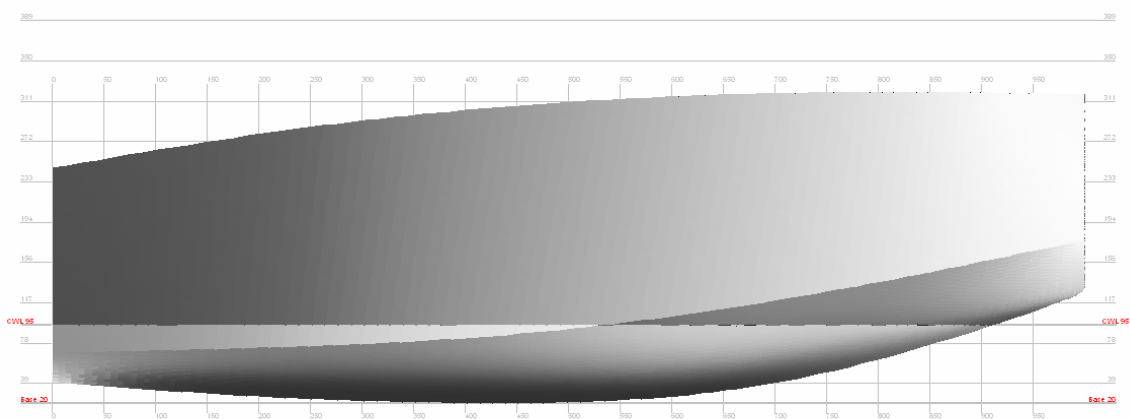
- Minimalt motstånd om ett av dom skulle tryckas ner i vattnet vid färd.
- Minimal vikt.

Så fort farten går över 2-3 kn så får Aquapeden en pitchvinkel som gör att sidoskroven lyfts ur vattnet vilket betyder att dom inte behöver optimeras för lågt motstånd vid takeoff. Minsta luftmotstånd bör uppnås med något missilliknande som en cigarr som är spetsig i båda ändarna.



Figur 17: 3D-bild av ett sidoskrov.

Denna utformning skulle dock inte ge tillräckligt mycket reservdeplacement Lösningen skulle vara att ge sidoskroven en större höjd och därmed öka dess deplacement. Sidoskroven har desutom givits ett mycket litet veck för att likna mittenskrovet något. Skroven är 1 m långa och ca 0,2 m breda eftersom det enligt [3] bör räcka. Resultatet syns i figur 4, 5 och 6.



Figur 18: Sidvy av ett sidoskrov. [mm]

Flytläge

För att beräkna tyngdpunkten (TP) används

$$x_{TP} = \frac{\sum x_i m_i}{\sum m_i} \quad (1)$$

där x är positionen i längskeppsled mätt från aktern och m är massan. p.s.s görs med deplacementcentrum. Tabell 1 visar dom huvudsakliga massorna samt deras tyngdpunkt. Som

synes sammanfaller TP med displacementcentrum och displacement med vikten "tillräckligt" väl.

Tabell 5: Massor, displacement och deras positioner mätt från aktern.

	vikt [kg]	pos [m]	depl [kg]	pos [m]
Motor	22	-0,2	0	0
Bensintank	10	0,5	0	0
Mittenskrov	25	1,361	167	0,916
2x sidoskrov	3,25	2,6	2	2,5
Bakre bärplan	6,2	0,1	0	0
Främre bärplan	2,3	2,6	0	0
Balk	4,7	2,6	0	0
Huv	2,4	1,3	0	0
Stol	3	1	0	0
Instrumentpanel med ratt och gasreglage	2	1,6	0	0
Akterspegel	4	0,15	0	0
Packning	5	1	0	0
Förare	75	1	0	0
Totalt	164,85	0,920928	169	0,934746

Mittenskrovet väger med en godstjocklek på 1,5 mm ungefär 20 kg. Förutom detta måste förstävningar och spant läggas till och skrovets totalvikt uppskattas därför till 25 kg. I tabell 2 sammanfattas övriga data för mittenskrovet och i tabell 3 finns samma data för sidoskroven.

Tabell 6: Mittenskrovets mått. Måtten är för skrov med heltäckande däck.

Längd [m]	Djupgående [m]	Tjocklek [mm]	Vikt [kg]	LTP (lateral tyngdpunkt) [m]	VTP [m]	Displacement [dm ³]	Displacement-centrum [m]	VCB [m]	I _{xx} [m ⁴]	I _{yy} [m ⁴]	LWL [m]
3,00	0,20	1,5	20	1,285	0,417	167	0,916	0,135	0,053	0,632	2,637

Vikterna är tagna från [1]. positionerna är uppskattningar förutom för mittenskrovet där positionerna är tagna från programet Freeship. förarplatsen har placerats ungefär i tyngdpunkten för att förarens vikt inte skall påverka tyngdpunktens position i lateral led.

Mittenskrovet har enligt [1] en tjocklek på 3 mm vilket ger en vikt på 40 kg när det sätts in i [2]. Densiteten som används för skrovlaminatet är 1860 kg/m³ taget ur [1].

Tabell 7: Sidaskrov vid olika djupgående.

Längd [m]	Djupgående [m]	Tjocklek [mm]	Vikt [kg]	LTP (lateral tyngdpunkt) [m]	VTP [m]	Displacement [dm ³]	Displacement-centrum [m]	VCB [m]	I _{xx} [m ⁴]	I _{yy} [m ⁴]	Vattenplan-area	LWL [m]
1,0	0,075	1	1,3	0,499	0,164	5,2	0,421	0,048	0,00024	0,0045	0,113	0,91
1,0	0,125	1	1,3	0,499	0,164	11,3	0,451	0,763	0,00027	0,0061	0,127	1,0
1,0	0,175	1	1,3	0,499	0,164	17,7	0,468	1,029	-	-	-	1,0
1,0	0,225	1	1,3	0,499	0,164	24,1	0,477	1,288	-	-	-	1,0

Stabilitet

För att reda ut hur Aquapeden kommer att bete sig när föraren går på däck räknas GM₀ (metacentrerhöjden) ut. Eftersom tröghetsmomentet för sidoskroven kommer att förändras väldigt mycket används ett rimligt värde taget ur tabell 3. Med föraren stående på relingen dvs 0,35 m från mitten antas att tyngdpunkten flyttas ca 0,175 m i sidled. Rätandemomentarmen (GZ_{xx}) är då 0,175 m vid jämvikt. Programmet i bilaga 2 ger att Aquapeden då kommer att luta ca 7° vilket är en mycket liten krängning.

Med föraren stående i fören dvs 1,5 m från mitten antas tyngdpunkten flyttats ca 0,75 m framåt. Rätandemomentarmen GZ_{yy} är då 0,75 m vid jämvikt. Programmet i bilaga 2 visar då att fören kommer att ge med sig ca 20 cm. Även detta anses acceptabelt.

Slutsats

Med vald konfiguration sänker sig fören ca 20 cm när föraren ställer sig på den. Om föraren ställer sig eller sätter sig på relingen så lutar båten ca 7° . Dessa förskjutningar anses acceptabla. Dimensionerna finns i tabell 2 och 3. De spantrutor som skapades var tillräckliga för tillverkning av pluggen.

Referenser

2. Tchernov, A: *Viktuppskattning*. KTH, Stockholm, 2006.
3. Freeship
4. Eckerdal, D: *Tvärskottsstabilitet*. KTH, Stockholm, 2006.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
97. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
98. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
99. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
100. Uppnås syftet?	Ja	Ja
101. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
102. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
103. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
104. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
105. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
106. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
107. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
108. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
109. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
110. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
111. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
112. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
113. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
114. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
115. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	Ja
Övrigt		
116. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
117. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
118. Rapporten är korrekturläst av : _____ Carl Hagman _____		Ja
119. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	5

120. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Bilaga 2 – Matlab program som beräknar stabilitet

```
skalfaktor=1.0;
SF=1.0;

Lm=3*SF           % mittenskrovets längd [m]
B=2;             % bredd mellan mittlinjen på respektive sidoskrov [m]
Ls=1;           % sidoskrovets längd [m]

a=Lm/2-Ls/2;     % avståndet från y-axeln till mitten på sidoskroven

deplm=0.158*SF;  % mittenskrovets displacement
depls=(5.2*10^-3)*skalfaktor^3; % sidoskrovets displacement
depltot=deplm+2*depls % totala displacementet

Imxx=0.053*SF;   % yttröghetsmomentet för vattenytan på mittenskrovet
Imyy=0.687*SF^3; % yttröghetsmomentet för vattenytan på mittenskrovet

Isxx=0.00027*skalfaktor^4; % yttröghetsmomentet för vattenytan på sidoskrovet
Isyy=0.0061*skalfaktor^4; % yttröghetsmomentet för vattenytan på sidoskrovet

As=0.127*skalfaktor^2; % vattenplanarean för ett sidoskrov

IsxxTot=2*(Isxx+(B/2)^2*As); % sidoskrovets bidrag till tröghetsmomentet kring x-axeln
(stainers sats)
IsyyTot=2*(Isyy+a^2*As); % sidoskrovets bidrag till tröghetsmomentet kring x-axeln
(stainers sats)

IxxTot=IsxxTot+Imxx;
IyyTot=IsyyTot+Imyy;

KB=0.119;
KG=0.5;

GM0xx=KB+IxxTot/depltot-KG
GM0yy=KB+IyyTot/depltot-KG

% med föraren stående på relingen dvs 0,35 m från mitten antas att
% tyngdpunkten flyttas ca 0,175 m i sidled. GZxx är då 0,175 m vid jämvikt.
GZxx=0.175
eta4=GZxx/GM0xx % krängning i radianer
krangning_i_grader=eta4*180/pi

% med föraren stående i fören dvs 1,5 m från mitten antas tyngdpunkten
% flyttats ca 0,75 m framåt. GZyy är då 1 m vid jämvikt.

GZyy=0.75*SF
```

```
eta5=GZyy/GM0yy          %pitch i radianer  
pitch_i_grader=eta5*180/pi
```

```
%fören kommer då att sänkas 1,5 m * eta5  
foren_ger_efter=1.5*eta5*SF
```

```
eta3=0.7-0.18;
```

```
skrov3(1.5,-1.5,Lm,0.7,0.7,20,eta3,eta4,0,'k',1)  
vatten3(eta3,eta4,eta5,1)
```

```
skrov3(1.5,-1.5,Lm,0.7,0.7,20,eta3,0,eta5,'k',2)  
vatten3(eta3,eta4,eta5,2)
```

```
skrov3(1.5,-1.5,Lm,0.7,0.7,20,eta3,0,0,'k',3)  
vatten3(eta3,0,0,3)
```

APFS Sittplatsutformning



CARL HAGMAN
chagman@t.kth.se
0709-758101

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *4/1-2006*
Versionsnummer: *v1*
Handledt av: *-*
Granskad av: *JOR*
Nedlagd arbetstid: *CAH: 10, JOR: 2*

Inledning

Sittplatsens utformning är en viktig del för helhetsintrycket av farkosten. Två typer av sittställningar utvärderas, dels en där man sitter som på en stol med benen riktade mot fören och överkroppen bakåtlutad dels en som man sitter på en sadel med överkroppen framåtlutad. Att bestämma sittställningen är den viktigaste delen i sittplatsens utformning. Även överbyggnadens utformning och funktion analyseras.

Metod

För att få en känsla för hur sittplatsen på bästa sätt ska utformas tillverkades en enkel modell i fullskala. Byggmodellen som användes är inspirerad av den utredning som gjorts angående modelltillverkning¹. Däckets huvudmått² tejpades upp på golvet och skrovsidorna modellerades med frigolitskivor. Utrymmet som kan utnyttjas var därmed definierat och olika sittställningar kunde testas.

Sittställning

Två typer av sittställningar utvärderas, dels en där man sitter som på en stol med benen riktade mot fören och överkroppen bakåtlutad dels en där man sitter på en sadel med överkroppen framåtlutad, som på en konventionell vattenskoter. Dessa två sittställningar valdes för att de är de allra mest troliga. Nedan listas en rad positiva och negativa aspekter med de två sittställningarna, dessa aspekter togs fram när modellen testades och undersöktes.

Positiva aspekter med den bakåtlutande sittställningen:

- Låg tyngdpunkt
- Låg överbyggnad
- Friborden känns högre eftersom föraren sitter lägre och denna blir därmed mer omsluten
- Mer av båtens utrymme utnyttjas

Negativa aspekter

- Kan innebära en svår embarkering
 - Litet fördäck
 - Krävs någon form av handtag på sidorna om sittplatsen för att klara i- och urstigningen
- Liten hjälp av massförflyttning vid gir³

Positiva aspekter med den framåtlutande sittställningen:

- Lätt att förskjuta förarens tyngdpunkt i tvärskeppsled
 - Lättare att gira³
- Personen tar liten plats i längskeppsled

Negativa aspekter

- Hög tyngdpunkt
- Hög överbyggnad
- Farkosten kan kanske kännas ”vinglig”, speciellt vid gir, beroende på att mycket av kroppen hamnar ovanför friborden och att båten är smal.

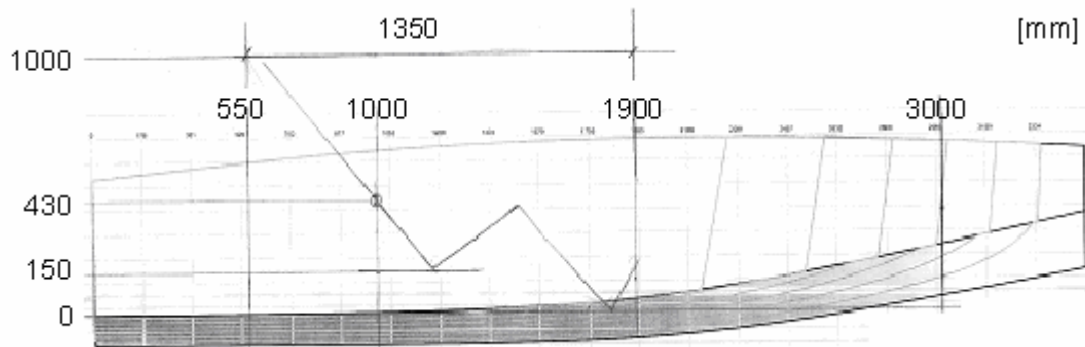
¹ Referens: APFP Utvärdering av mockupmodell

² Referens: De måttatta skisserna på hemsidan

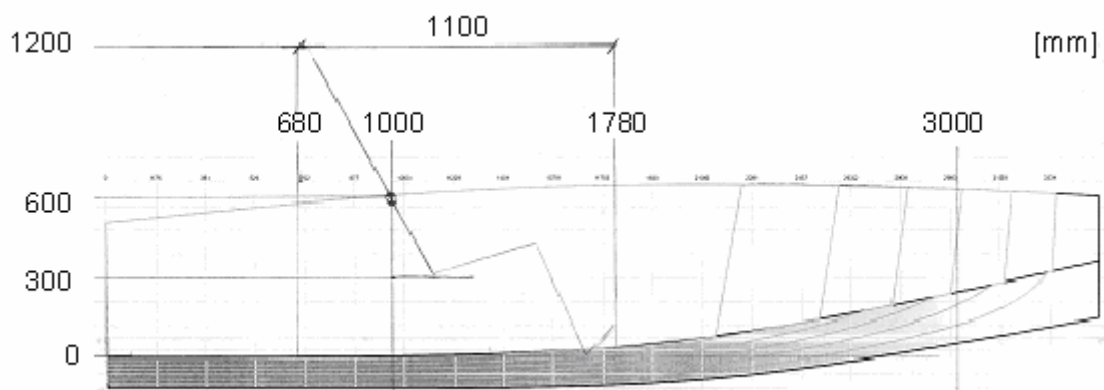
³ Referens: Fullskaleexperimenten

Det bör noteras angående ovanstående aspekter att där det står hög, låg, litet etc. är det i jämförelse med den andra typen av sittställning, för exakta mått se figur 1-3.

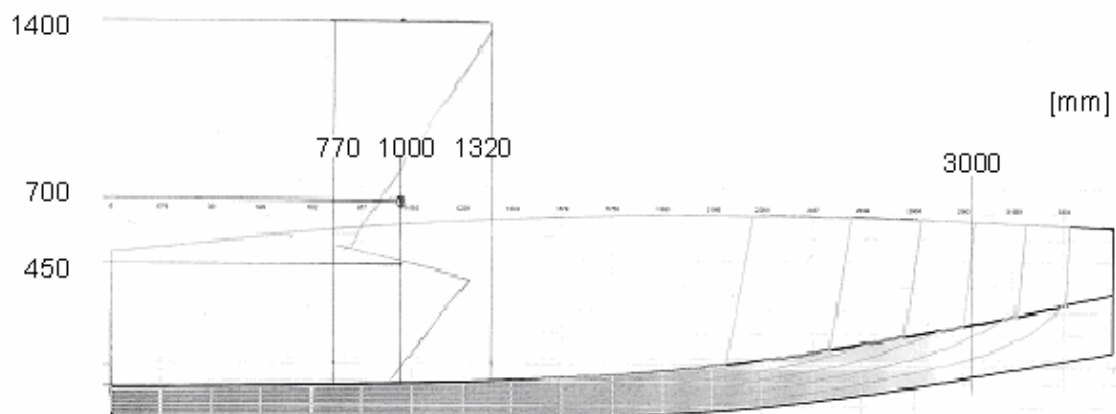
Tyngdpunkten för föraren ska vara placerad i båtens totala tyngdpunktsläge i långskeppsled, 1m från aktern⁴. Förarens tyngdpunkt är approximerad till naveln. Följande figurer är framtagna för att illustrera hur mycket yta föraren kräver i långskeppsled med de olika sittställningarna. I figur 1 och 2 sitter föraren tillbakalutad på en stol och i figur 3 är sittställningen framåtlutad. Alla mått i figurerna är hämtade från ovan nämnda modell med en normalbyggd förare.



Figur 1. Bakåtlutad sittställning med stoldynan på 150mm höjd från slaget.



Figur 2. Bakåtlutad sittställning med stoldynan på 300mm höjd från slaget.



⁴ Referens: ULL

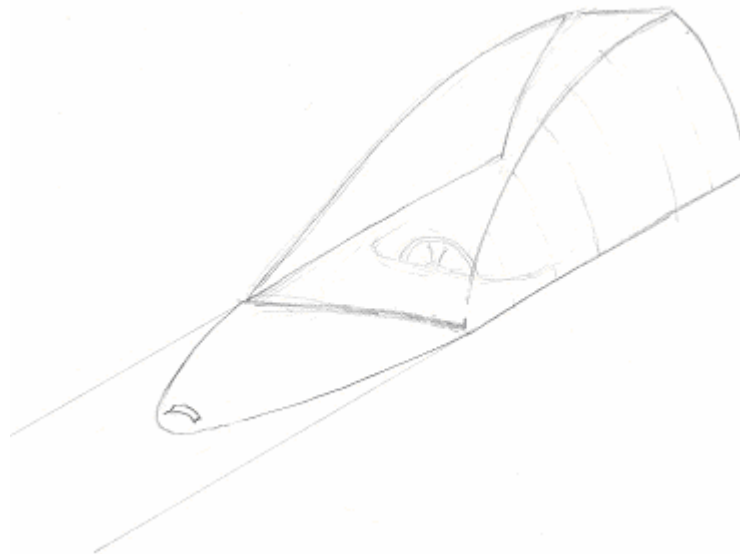
Figur 3. Framåtlutad sittställning med stoldynan på 450mm höjd från slaget.

Överbyggnadens utformning

Oavsett sittställning bör överbyggnadens utformning vara sådan att det är mycket lätt att gå i och ur och ge föraren en torr färd. Nedan utvärderas två alternativa överbyggnader.

Alternativ 1

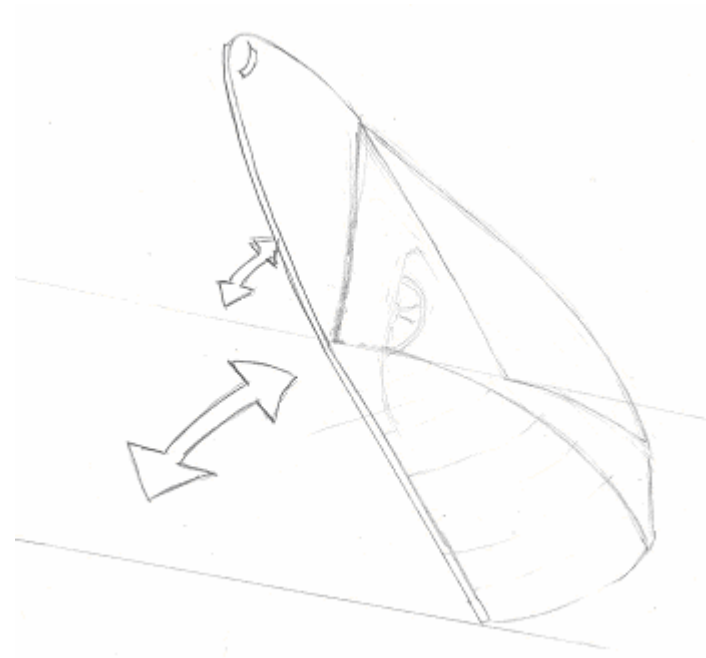
Plexiglas ska användas som material i huven. Huven bör bestå av ett antal enkelkrökta ytor då det är mycket enklare att tillverka enkelkrökta ytor än dubbelkrökta. Figur 4 visar en schematisk skiss över hur huven kan se ut. Huven består av tre enkelkrökta ytor som kan fogas samman i en förstyvande ram, av exempelvis aluminium.



Figur 4. Schematiskt skiss över huven.⁵

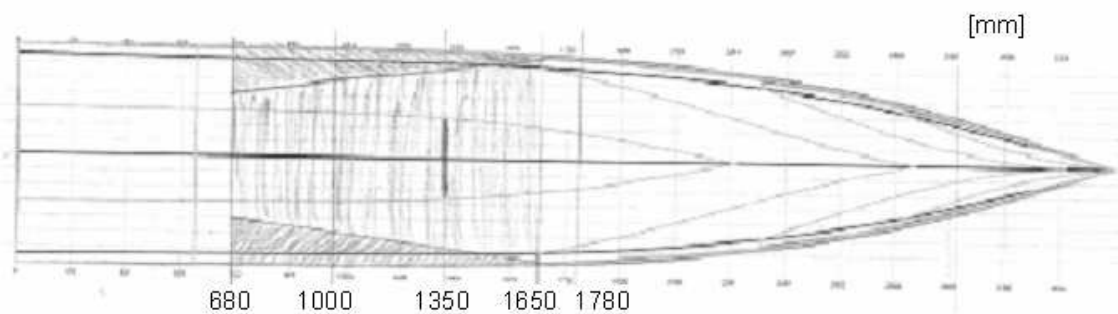
För att göra i- och urstigningen smidig är hela huven, en bit av skrovet och ratten en enhet som är upphängd på gångjärn. För att öppna överbyggnaden finns ett handtag mot fören som är lätt att greppa och lyfta i. För att göra hela öppningen lätt är gasfjäder monterade vid gångleden. För att ratten ska kunna följa med i rörelsen måste styrvajrar användas. Figur 5 är en schematisk bild över huvens öppning.

⁵ Referens: Skissen är gjord i samarbete mellan David Eckerdal och Carl Hagman



Figur 5. Schematisk bild över huvan i uppfällt läge.⁶

Figur 6 illustrerar var överbyggnaden är placerad i längskeppsled.



Figur 6. Huvan är illustrerad som det mörka området mellan 680 och 1650mm markeringarna.

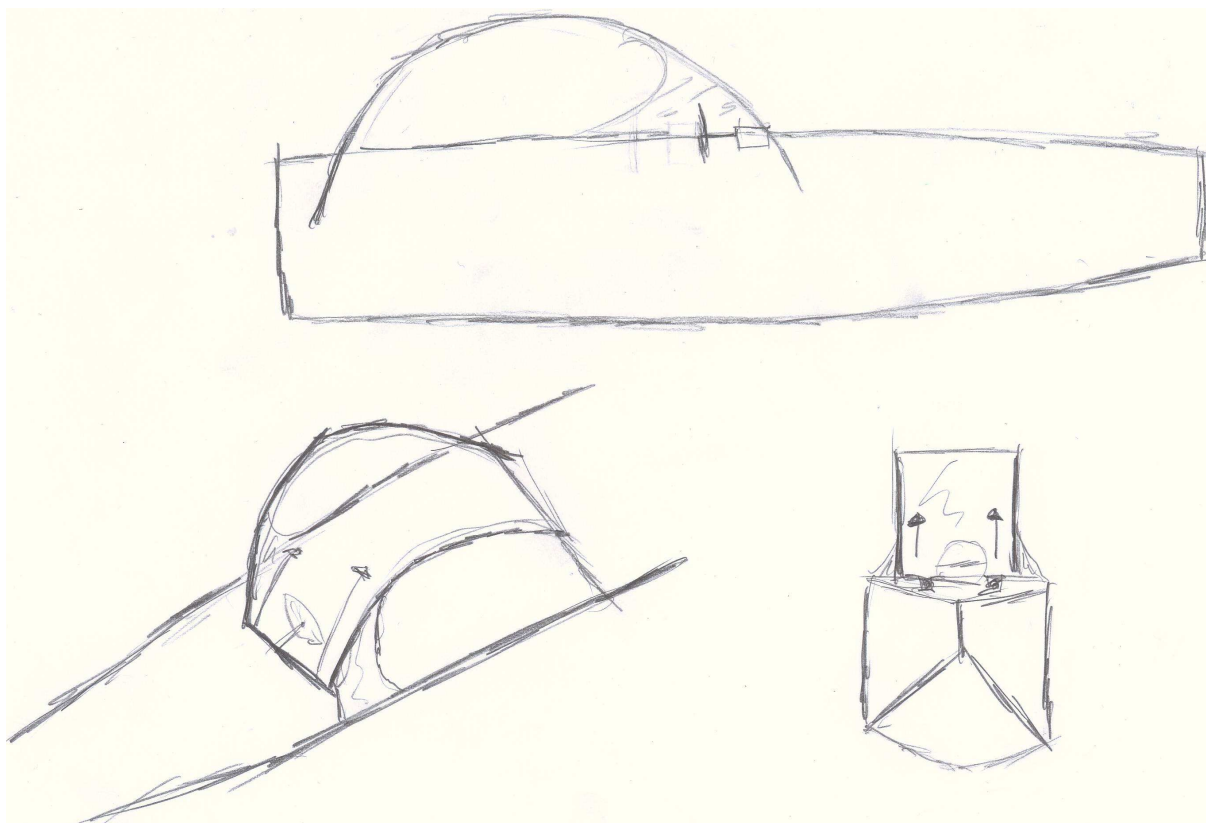
För att beräkna plexiglashuvens tyngd approximeras de krökta ytorna med plana, densiteten sätts till $1,18\text{g/cm}^3$ huvens tyngd med 1mm tjockt plexiglas blir 1,2kg, 2mm tjockt blir tyngden 2,8kg och med 3mm 4,2kg.

Alternativ 2⁷

En bågkonstruktion som löper från en position framför ratten till en position bakom föraren. Tanken med denna är att den skyddande plexiglasskivan ska kunna skjutas fram och tillbaka i små spår som finns på bågarna. Konstruktionen ska även, som i alternativ ett, innefatta att ratten följer med glaset då rutan skjuts bakåt i bågarna. Nedan visas en grov skiss hur denna variant skulle kunna se ut.

⁶ Referens: Skissen är gjord i samarbete mellan David Eckerdal och Carl Hagman

⁷ Johan Ruzsits är författare till alternativ 2



Figur 7. Skiss över konstruktion där rutan ska kunna skjutas bakåt med hjälp av spårförsedda bågar.

Denna konstruktion medför att plexiglasskivan inte får vara för tjock då den ska kunna deformeras då den löper i spåren. En konsekvens av detta är att plexiglasets inte bör utgöra lastbärare utan den platta eller motsvarande som ratten ska fästas på bör vara den som förankras i skrovet. Denna platta är även den del som ska försees med handtag för att underlätta vid uppskjutning av rutan. Den aktra delen av rutan kan även vara ihopkopplade med någon form av presenning/rullgardin som skyddar mot stänk/regn snett akterut/uppåt.

Bågarna görs lämpligtvis i något lätt material, exv aluminium, som eventuellt förstärks så dessa kan användas som hjälp vid i och uppstigning från körställningen.

Fördelen med denna konstruktion är att ingen behandling av glaset är nödvändigt samt att den är mekaniskt enkel. Nackdelen är att det kan bli svårt att kröka till bågonstruktionen.

Sittplatsens utformning

När sittställningen är bestämd måste sittplatsens utformning bestämmas. Oavsett sittställning måste sittplatsen vara skön och komfortabel för att uppfylla kravspecifikationen. Att vara bakåtlutad och vila ryggen mot en skön stolsrygg är definitivt bekvämt. En framåtlutad sittställning kan också den göras skön om det finns ett rejält styrsystem att hålla händerna på och en skön sadel att sitta på.

Överbyggnadens mekanik kan troligtvis se likadan ut oavsett sittställning. En framåtlutad sittställning kräver en högre men kortare huv och en bakåtlutad utnyttjar mer utrymme i båten och tillåter en mer slimmad huv.

Båda sittställningarna kräver någon form av styrsystem integrerat med sittplatsen. En ratt och ett fast gasreglage skulle vara tillämpbar på både den framåt- och bakåtlutande sittställningen men mer fördelaktig i den senare. Med den framåtlutande sittställningen är det dock en mer naturlig rörelse att styra med ett styre. Att styra med motorns fasta styrsystem skulle däremot inte fungera vidare väl. De tänkta sittställningarna tillåter inte att motorns fasta styrpinne används detta då det inte skulle fungera att styra på ett normalt sätt utan att pinnen tar i stolsrygg eller förare.

Vad sittplatsen kommunicerar

Sittställningen är en viktig aspekt i hur båten kommer att upplevas. Det är viktigt att sittställningen kommunicerar samma sak som kravspecifikationen. En väldigt låg och starkt bakåtlutad sittställning skulle antagligen upplevas som trång, väldigt sportig och förmedla att denna båt är svår att komma i och ur. En mer upprätt och upphöjd bakåtlutad sittställning passar antagligen bättre. En framåtlutande sittställning har troligtvis den bästa funktionaliteten för båtens uppgift men den utnyttjar dock båtens utrymmen väldigt dåligt. Sittställningen kommunicerar också vattenskoter och i värsta fall en alldeles för lång vattenskoter. En vattenskoter färd är blött och väldigt fartig och det är något som inte eftersträvas. För att komma bort från vattenskoter känslan är utformningen av styrreglage och överbyggnad viktig.

Slutsats och rekommendationer

Med olika sittställning ges båten olika egenskaper. Fullskaleexperimenten har visat på att konstruktionen är relativt svårmanövrerad i och med den stora girradien och att båten kan svängas genom att förskjuta massan hos föraren. Det kan därför vara bra att ge sittställningen sådan utformning att föraren har lätt att luta överkroppen i sidled. En annan begränsning är överbyggnadens form som måste tillåta att föraren kan förflytta sig i sidled. En *framåtlutad* sittställning ger bäst möjlighet till sidoförflyttningar. Den *bakåtlutande* sittställningen använder som sagt båtens utrymmen mycket bättre och detta bör inte förringas. Den sittställning som visas i figur 2 rekommenderas.

Höjden på friborden bör vara tillräckligt höga för att tillåta en torr färd de bör också vara höga nog att föraren känner sig trygg och säker. Oavsett sittställning bör friborden åtminstone vara 60cm.

Den höjd föraren sitter på bör inte vara för låg då en för låg stols-/sadelhöjd inte uppfyller kravspecifikationen på en bekväm och komfortabel resa då i- och urstigningen blir för jobbig. En för låg sitthöjd ger en körställning som nästan är liggande vilket inte är att föredra. En stolshöjd på omkring 30cm över slaget och en sadelhöjd något högre rekommenderas.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
121. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
122. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
123. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
124. Uppnås syftet?	Ja	Ja
125. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
126. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	Ja
127. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
128. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
129. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
130. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
131. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
132. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	*	Ja
Presentation		
133. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
134. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
135. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
136. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
137. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
138. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
139. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
140. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Nej	Nej

141. Arbetet har utförts i samarbete med : Johan Ruzsits
142. Rapporten är korrekturläst av : Maria Axelson Ja
143. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5) 5 5
144. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Jag anser att följande lärandemål är uppfyllda:

- presentera tekniskt arbete muntligt, skriftligt och grafiska
- angripa komplexa och delvis ofullständigt formulerade problem
- effektivt utnyttja tillgängliga ingenjörsmetoder och verktyg
 - praktiskt realisera egna tekniska idéer
- reflektera över och utvärdera både tekniska lösningar och eget och andras arbete

Arbetet ligger förhoppningsvis till grund för vidare studier och hur sittplatsen kommer att utformas. -

*) Denna punkt är inte uppfylld då mycket av rapporten bara kan vara min egen uppfattning och sunt förnuft.

APFF Montering av mekaniska kontroller



CHRISTIAN LINDEEN
lindeen@f.kth.se
0704-348 420

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *2007-02-12*
Versionsnummer: *1*
Handledt av: *Anders Rosén*
Granskad av: *Johan Ružička*
Nedlagd arbetstid: *9*

Sammanfattning

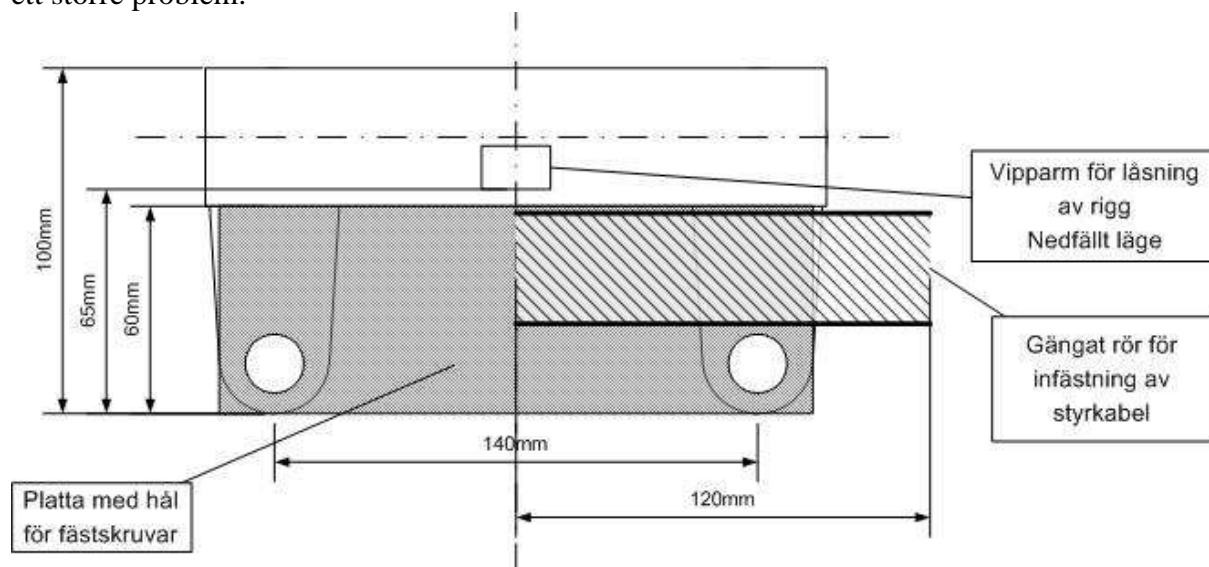
I denna rapport presenteras lösningar på hur styrsystemen ska monteras på utombordsmotorn. Lösningar ges för både 4hk och 6hk motorn. För 4hk motorn behöver en styr ram tillverkas för fixering av styrningens länkarm. Denna ram används sedan för fixering av gasreglagekabeln och växelkabel. 6hk motorn använder en standard konverterings kit från Yamaha. En styrplatta behöver tillverkas för fixering av styrkabeln.

Uppgiftsformulering

Specificera hur styrmekanismen ska monteras på motorerna. Både 4 hk och 6 hk motorn behöver behandlas. Montage ska helst ske sådant att arbetet är minimalt för att byta motor. Delarna som kommer att användas specificeras i rapporten Mekanisk styrning [1].

Förutsättningar

Den styrkabel som ska användas har en rekommenderad minsta krökningsradie på 35 cm. Detta innebär att om styrkabeln dras längst med bordläggningen så kommer hylsan som den fäst vid att behöva ligga på centrumlinjen för Aquapeden. För bägge motorerna innebär detta att en platta behöver tillverkas som monteras på skruvarna till motorfästen mot akterspegeln, se Figur 19. På denna platta behöver ett gängat rör fästas där styrkabeln kan fästas. Sedan går styrkolven ut genom andra änden på detta rör för att fästas via en länkarm till styrfästena på motorerna. Möjligen kan slaglängden på styrkolven medföra att den slår i insidan av motorbrunnen med följd att fullt rattutslag inte kan fås åt ena hållet. Detta bör dock inte vara ett större problem.

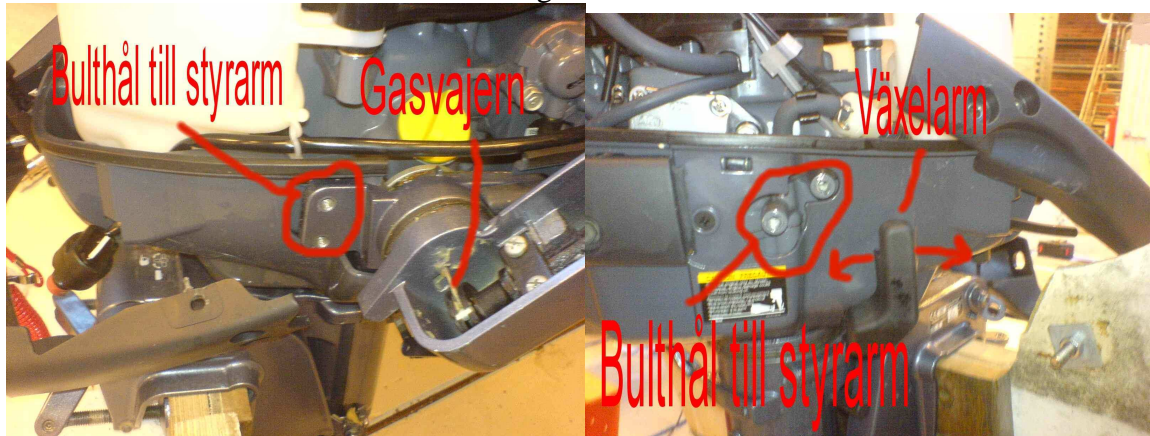


Figur 19 Monteringsplatta för 6hk för styrkabeln fäst i motorinfästningsbultarna

För gas och växel mekanism så måste montering ske så att krökningsradien är större än 100 mm.

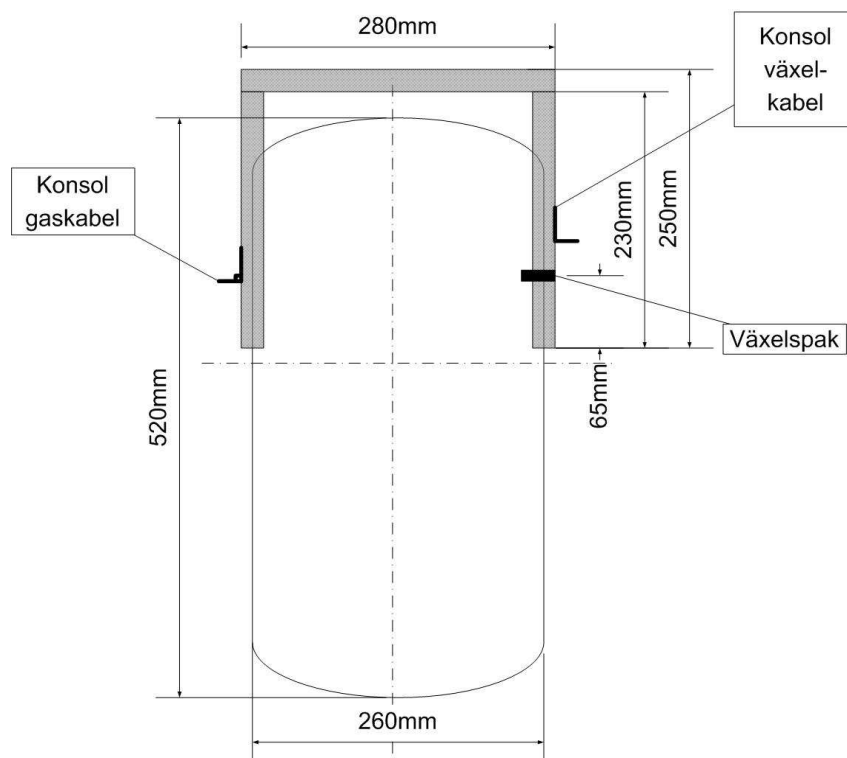
Montering på 4hk

Montering av styrning på 4hk motorn måste tillverkas då det inte finns något standard fäste för rattstyrning. Detta kan lösas med att tillverka en styr ram på vilken länkarmen från styrkolven fästs. Motorn har ett bärhandtag på framsidan som är fäst i motorblocket med hjälp av 4 bultar. Dessa är fästa ca 6 cm framför rotationscentrum på motorn. Sedan är det ca 16 cm från bultarna till främsta punkten på motor huset. Den nuvarande bärhandtaget sitter ca 20 cm framför bultarna. Dessa bulthål kan ses i Figur 20.



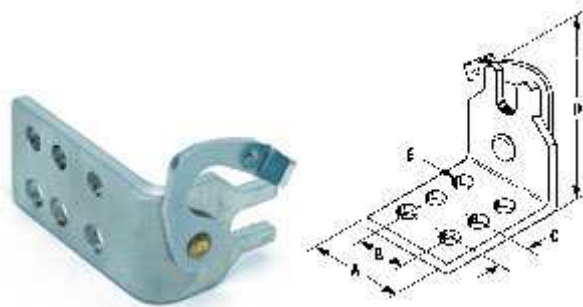
Figur 20 4hk motor med bulthål till styrarm samt växel arm och bulthål till styrarm.

Genom att skapa en u formad ram som fästes i dessa bultar så fås en stadig fästpunkt för länkarmen från styrkolven. Denna behöver ha en dimension om 20 cm bred, 20 cm långt och ca 5 cm tjockt. Lämpligt vore att ha ett rektangulärt tvärsnitt. Se Figur 21 för principiellt utseende av styr ramen.



Figur 21 Principiell skiss över styr ramen

På styr ramen fås sedan en stadig fästpunkt för gasreglagekabeln och växelkabeln. På höger sida fästs en konsol enligt Figur 22 för att fixera växelkabeln vars placering anpassas efter att ha en slaglängd på ca ± 35 mm från neutralläget på växel spaken.



Figur 22 Konsol för fäste av reglagekabel från [2]

Möjligen måste en ny växelspak produceras för att rotationsvinkel ska bli rätt på växelkolven om slaglängden på reglagekabeln är för stor. På vänster sida fäst en likadan konsol som används för att fixera gasreglagekabeln. Denna kabel ska sedan fästas på gas vajern som kommer ut ur motorn enligt Figur 20. Denna behöver få en slaglängd om ca 18 mm.

Montering på 6hk

Som redan har beskrivits behöver en platta tillverkas för att fixera styrkabeln till motorn. Detta då det rör som är monterat på motorn för ändamålet har en längd på 29 cm. Då återstår 15 cm på vardera sidan till motorbrunnens väggar. Detta medför att krökningsradien för styrkabeln blir långt under den rekommenderade.

För denna motor så finns det färdiga reglage konverterings kit. Denna kit finns inte att tillgå för att i detalj kunna specificera hur reglage kablarna fixeras till motorn. Då detta dock är ett standard kit så ska det inte vara några problem att använda denna.

Slutsats

För att fixera styrning och reglage så behöver en ram tillverkas för 4hk motorn och en standard konverterings kit kan användas för 6hk motorn.

Referenser

1. APFF Mekanisk styrning, Jakob Rockström
2. Marin System AB, Hamnvägen 6B, 183 57 Täby, www.marinsystem.se

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
145. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
146. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
147. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
148. Uppnås syftet?	Ja	Ja
149. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
150. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
151. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
152. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
153. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
154. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
155. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
156. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
157. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
158. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
159. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
160. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
161. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
162. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
163. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
164. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	-
165. Arbetet har utförts i samarbete med :	-	-

166. Rapporten är korrekturläst av : Johan Ruzits

167. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

3

3

168. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

L3, L4 och L5 har behandlats i denna rapport.

-

APFF mekaniskstyrning



JACOB ROCKSTRÖM
jacobro@t.kth.se
0709-731628

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *28/11-2006*
Versionsnummer: *0.1*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Granskad av: *Christian Lindeen*
Nedlagd arbetstid: *10h*

Sammanfattning

En mekanisk styrning undersöks och för aquapeden skulle en sådan kosta ca 2500 med ratt, styrväxel, 3m styrkabel och en länkarm.

Inledning

En vidare utredning på en mekanisk styrning görs här för att undersöka hur den kan implementeras med avseende på kostnader, praktiskt och förslag på lösningar för att montera loss motorn snabbt. Detta för både 4 och 6 hk motorn.

Mekanisk styrning

Alla delar och priser kommer från Marinsystem AB [1], ett grossistföretag som kan sponsra projektet med styrsystemet. För att styra används en ratt som visas i figur 1. Det är en standard ratt med en diameter på 340 mm. Ratten monteras sen till en styrväxel figur 2. Det är den minsta de har men klarar ändå motorer upp till 54 hk att jämföra med Aquapedens 4-6 hk. Styrväxeln kostar 610 kr.



Figur 23 Ratt 340 mm diameter

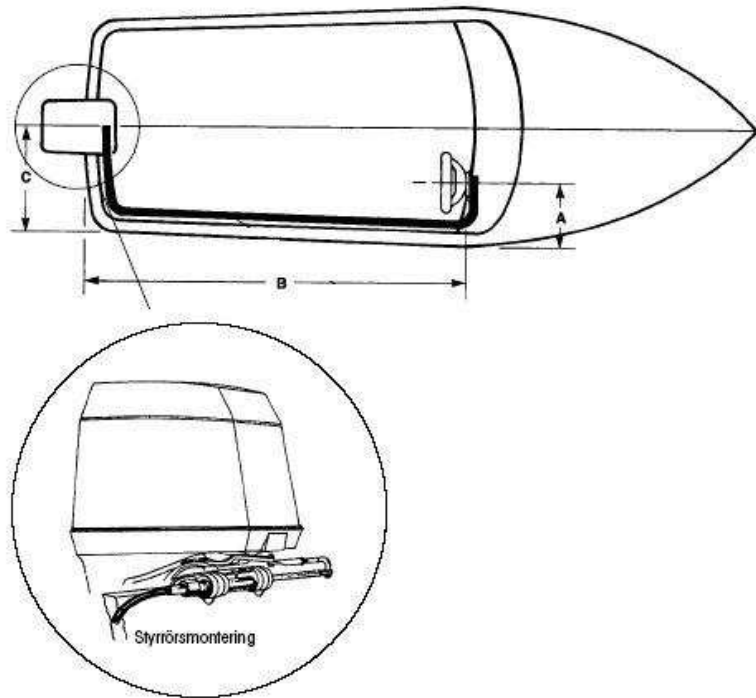


Figur 24 Styrväxel för en motor på maximalt 54 hk.

Vidare behövs en styrkabel mellan styrväxeln och motorn. Den dras enligt figur 3 där längden som behövs på styrkabeln bestäms enligt

$$L = A + B + C + 0,3 \quad (1)$$

För aquapeden är A och C 0,35 m vilket även är minsta rekommenderade böjningsradie för styrkabeln. Avståndet B är 1,55 m. Det ger en total längd på 2,55 m. För att underlätta på och avstigning finns ett förslag där ratten ska kunna skjutas undan. Detta medför att en längre styrkabel bör väljas förslagsvis 3,0 m.



Figur 25 Princip på en mekanisk styrning med styrrörsmontering.

I figur 4 syns styrkabeln, den är gjord för styrrörsmontering vilket 6 hk motorn har. 4 hk har inte detta så då måste akterspegeln byggas så att fäste för det finns.



Figur 26 Styrkabel för styrrörsmontering.

Slutligen används en länkarm från styrkabeln till motorn, den har en snabbkoppling för att enkelt kunna koppla bort styrningen från motorn.



Figur 27 Länkarm för styrrörsmontering

I tabell 1 visas en prislista på aktuella delar.

Tabell 8 Priser för mekanisk styrning

Namn	Pris (kr)
Ratt	269
Styrväxel	610
Styrkabel 3 m	1038
Länkarm	499
Totalt	2416

Slutsats

Det som saknas är fästen för kabeln längs skrovet, tätning vid motorbrunnen och på 4 hk behövs även ett fäste monteras då den inte är förberedd för mekanisk styrning.

Referenser

1. Marin System AB, Hamnvägen 6B, 183 57 Täby, www.marinsystem.se

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
169. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	
170. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	
171. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	
172. Uppnås syftet?	Ja	
173. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	
Tekniskt innehåll		
174. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	
175. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	
176. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	
177. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	
178. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	
179. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	
180. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	
Presentation		
181. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	
182. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	
183. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	
184. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	
185. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	
186. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	
187. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	
Övrigt		
188. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
189. Arbetet har utförts i samarbete med :		

190. Rapporten är korrekturläst av : Christian Lindeen

191. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

3

192. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

L3

AP dimensionering av långsgående förstyvningar



JOHAN RUZSITS
ruzsits@kth.se
070-56 45 670

Kurs:	<i>Marindesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>25/01-2007</i>
Versionsnummer:	<i>2</i>
Handledt av:	
Granskad av:	<i>IGS</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>JOR 4;</i>

Sammanfattning

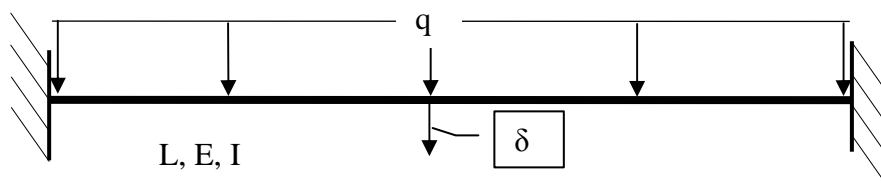
De förstävningar som ska hålla tillbaka trycket från vattnet vid gång i sjö ska minst vara 17 mm höga och 9 mm breda. För enkelhets skull rekommenderar jag att rektangulära stavar med måtten 15×10mm används. Detta för att dessa inte kommer att medföra någon extra vikt av betydelse samt inga förväxlingar om hur de ska sättas fast kan ske. Skaltjockleken bör vara 1.5 mm vilket är samma som för skrovet. Approximationen med ett tunnväggigt tvärsnitt medför att den verkliga utböjningen kommer att bli mindre då sandwichmaterial används i designen. Effektivitet vid tillverkning kan åstadkommas genom att limma skal på ett skumblock med höjd 24mm som sedan sågas ut till rätt bredd.

Bakgrund

Aquapeden kommer att vi gång i sjö att utsättas för ett tryck som kommer att påverka skrovet. Denna utredning syftar till att dimensionera de längsgående förstävningar som ska förhindra att det tunna skalet som skrovet är uppbyggt av inte ska deformeras för mycket. Tanken är att ställa ett krav på utböjningen och därefter fastställa ett krav på balken yttröghetsmoment, I , för en tunnväggigt fyrkantsprofil. Detta blir då en konservativ approximation då verklighetens konstruktion kommer att bestå av ett fyllnadsmaterial som är bättre än luft.

Lastfall

Förenklat består lasten av ett utbrett tryck som uppstår då skrovet möter vågorna. Förstävningarna är fastsatta i spanrutorna vilket gör att de kan anses som fast inspända. Figuren nedan beskriver det aktuella lastfallet. Indata till analysen visas i tabellen nedan.



Figur 1. Lastfall för längsgående förstävningar.

Storhet		Enhet
Tryck, p	70	[kPa]
Längd, L	0.4	[m]
Lastupptagningsbredd, B	0.20	[m]
E-modul, E	22	[GPa]
Max utböjning, δ	0.005	[m]
Godstjocklek, t	0.0015	[m]

Tabell 1. Data som använts i analysen.

Analys och Resultat

Med hjälp av elastiska linjens ekvation kan följande samband erhållas [1],

$$EI\delta = \frac{qBx^4}{24} + \frac{D_1x^3}{6} + \frac{D_2x^2}{2} + D_3x + D_4 \quad (1)$$

där balkens bredd har införts i syfte att nå dimensionsriktighet. Randvillkoren tas ur figur 1 och sammanfattas enligt

$$\delta(0) = \delta(L) = \delta'(0) = \delta'(L) = 0 \quad (2)$$

Vilket då ger att

$$D_3 = D_4 = 0, \quad D_1 = -\frac{qLB}{2}, \quad D_2 = \frac{qL^2B}{12} \quad (3)$$

Vilket då leder till att utböjningen på mitten av balken kan skrivas som

$$\delta\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{qL^4B}{384EI} \quad (4)$$

Yttröghetsmomentet för en sandwichbalk kan uttryckas som

$$I = 2t_s b \left(\frac{h}{2}\right)^2 + \frac{E_K}{E_S} \frac{bh^2}{12} \quad (5)$$

Om man sedan antar att förstyvningen har proportionerna

$$h = 2b \quad (6)$$

kan (5) skrivas som

$$I = \frac{t_s}{4} h^3 + \frac{E_K}{E_S} \frac{h^3}{12} \quad (7)$$

Kombineras nu (7) (4) kan förstyvningens höjd lösas ut och uttryckas enligt

$$h = \sqrt[3]{\frac{BqL^4}{384E\delta\left(\frac{t_s}{4} + \frac{E_K}{E_S} \frac{1}{12}\right)}} \quad (8)$$

Används nu data från tabell 1 tillsammans med (8) erhålls en höjd på förstyvningen om

$$\underline{h = 23mm} \quad (9)$$

Slutsatser

Förstyvningens kärna, som bör utgöras av någon form av skum, bör ha minsta måtten 23×11.5mm. Detta är troligtvis inte rimligt att tillverka med sådan precision vilket då medför måtten bör sättas till 24×12mm. Ökad vikt antas inte vara ett problem.

Förstyvningarna kan tillverkas på ett rationellt sätt genom att limma fast ett laminatskikt på ett skumblock med höjd 24mm. Därefter sågas remsor ut med önskad bredd och limmas fast mot

skrovets insida. Detta medför då att skrovet används som det ena ytskiktet. Detta är då en konservativ modell då kraften endast tas upp av balken och skalets bidrag försummas.

Referenser

1. Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära, KTH.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
193. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
194. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
195. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
196. Uppnås syftet?	Ja	Ja
197. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
198. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
199. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
200. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
201. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
202. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	ja
203. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
204. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	ja
Presentation		
205. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
206. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
207. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
208. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
209. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
210. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
211. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
212. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja

213. Arbetet har utförts i samarbete med : JOR,	-	-
214. Rapporten är korrekturläst av :	-	-
215. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3	3
216. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Långsgående förstuvningar i bordläggningen



IGOR STARODUB
igors@t.kth.se
0739373797

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *xx/xx-20xx*
Versionsnummer: *x>1 för godkänt; x<1 för arbetsdokument*
Handledt av:
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *1 h*

Inledning

På grund av de lokala bucklinglaster i bordläggningen behöver de förstyvvas. Detta kan åstadkommas genom att limma en remsa med godtyckligt tvärsnitt längst bordläggningen.

Syfte

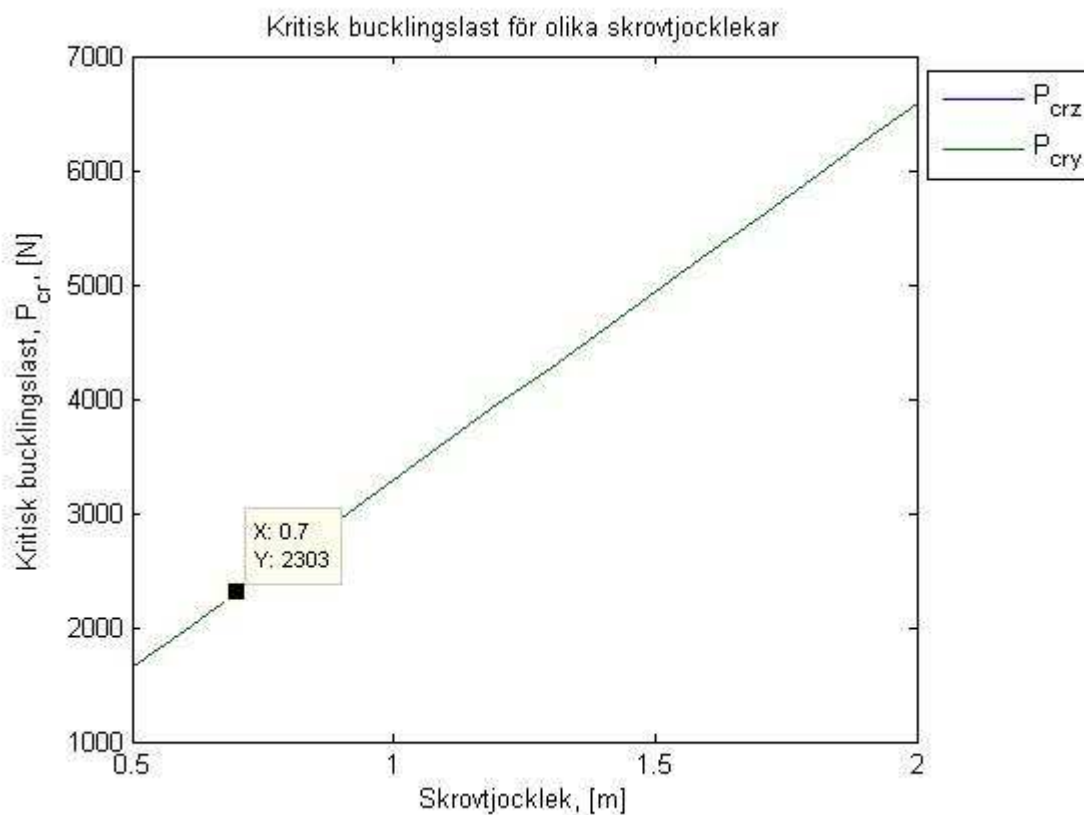
Förstyvningar måste hålla för de bucklingslaster som bordläggningen utsätts för. Utifrån fördefinierad last ska förstyvningens tvärsnitt beräknas.

Förutsättningar

Vid dimensioneringen tas det inte hänsyn till att förstyvningarna sitter fast i bordläggningen, utan dimensioneras för att bära kraften på egen hand. Belastningen är tagen från "Lastfall och skrovets hållfasthet" lastfall VIII. Lasten är 2000 N . Eftersom förstyvningarna kommer att sitta mellan spanten antas det att randvilkoren är enligt eulers knäckningsfall 4, fast inspänd. Förstyvningarna ska tillverkas av sandwich, vid beräkningarna approximeras sandwichstrukturen som tunnväggig tvärsnitt.

Resultat

Dimensionerna på tvärsnittet bestäms till $bxH = 10x10\text{ mm}$.



Figur1. Kritisk bucklingslast.

Från figuren framgår det att tjockleken t för bestämt tvärsnitt ska vara 0.7 mm .

Euler knäckning 4

```
E=20e3;           %Mpa
h=10;
b=10;
t=0.5:0.1:2;
Iy=t*h.^3/6+t*b*h^2/2;
Iz=t*b.^3/6+t*h*b^2/2;
L=400;

%Eulers knäckningsfall 4
disp('knäck 4')
Pcrz2=4*pi^2*E.*Iz./L^2 % [N]
Pcry2=4*pi^2*E.*Iy./L^2 % [N]

figure(1)
clf
plot(t,Pcrz2,t,Pcry2)
title('Kritisk bucklingslast för olika skrovtjocklekar')
xlabel('Skrovtjocklek, [m]')
ylabel('Kritisk bucklingslast, P_{cr}, [N]')
legend('P_{crz}','P_{cry}',-1)
```

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck

Författare
Ja/Nej

Granskare
Ja/Nej

217. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?
218. Har syfte och förutsättningar redovisats?
219. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?
220. Uppnås syftet?
221. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?

Tekniskt innehåll

222. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?
223. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?
224. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?
225. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?
226. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?
227. Går det att följa det tekniska resonemangen?

228. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?

Presentation

229. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt
230. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering
231. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"
232. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?
233. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?
234. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?
235. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?

Övrigt

236. Har rapporten skrivits av dig enskilt?
237. Arbetet har utförts i samarbete med :
238. Rapporten är korrekturläst av :
239. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)
240. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):
- Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.

Lastfall och skrovets hållfasthet



IGOR STARODUB
igors@t.kth.se
0739373797

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *15/1-2007*
Versionsnummer: *1*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *52 h*

Sammanfattning

Flera lastfall både statiska och dynamiska har undersökts. Flertalet av dem visade sig vara ickekritiska vid dimensionering.

De dimensionerande lastfallen visade sig vara lokalbucklingen från stött och påstigning. Där bucklingslasterna approximerades till 2000 N samt 1000 N. Skrovtjockleken bestämdes till 1,5 mm med hänsyn till dessa två fall.

Inledning

För att räkna ut hållfastheten på aquapeden ska det först undersökas vilka krafter som kommer att verka på aquapeden. Sedan identifieras de kritiska lasterna med hjälp av enkel analys. Därefter kan de kritiska lastfallen analyseras mer ingående.

Syfte och förutsättningar

Syftet med denna rapport är att identifiera alla laster på båtskrovet (ej bärplan) och undersöka de kritiska lasterna. Dessa beräkningar ska ligga som underlag för bestämning av tjockleken på skrovet. Denna rapport behandlar inte infästningspunkter.

Lastfall

Statiska lastfall

Påstigning
Förare på plats + egenvikt
Motor

Dynamiska lastfall

Acceleration
Konstant hastighet 15 knop
Gå på grund
Frontalstöt
Slamming

Uppdelning av farkosten

Skrov

Däck
Bordsidor
Akterspegel

Pontoner och tvärbalk (behandlas i rapporten "xxxxx")

Flyttkroppar
Stag

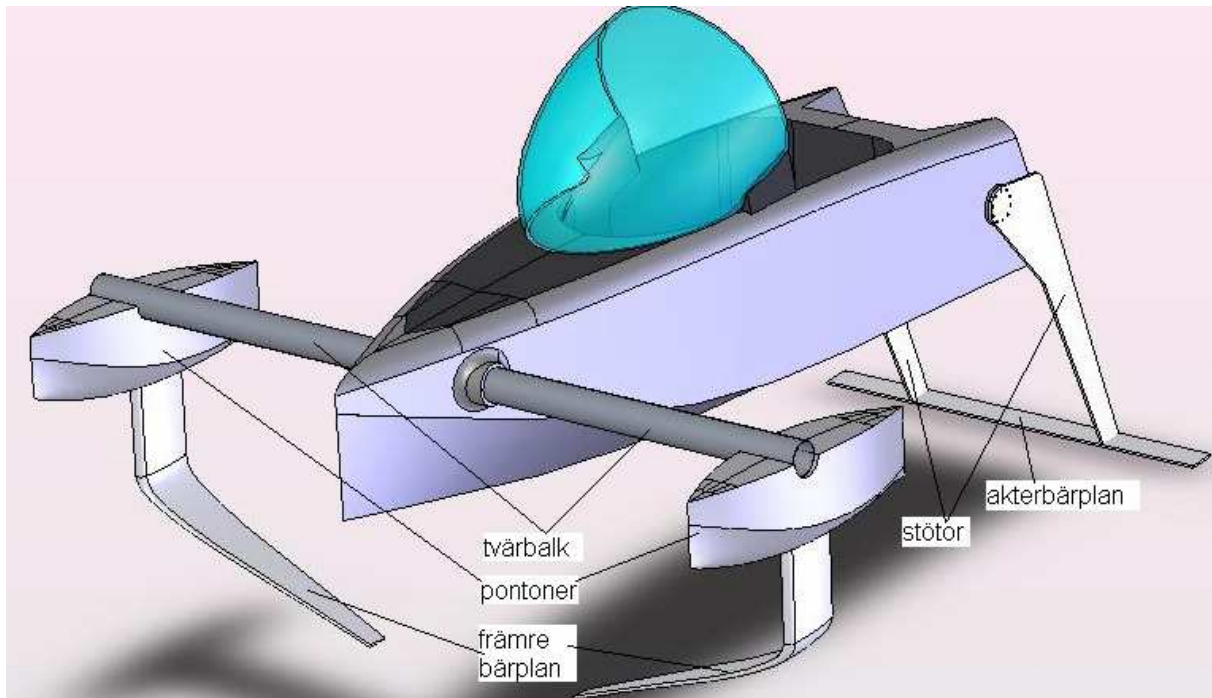
Bärplan (behandlas i rapporten "hållfasthetskrav på bärplanen")

Främre bärplan

Akter bärplan
Stag

Hållfasthetsanalys

Buckling
Hållfasthet
Styvhet



Figur 1. Preliminär CAD-modell av aquapeden .

Lastfall I

Vad händer vid påstigning? Vilka belastningar ska däckets klara av?
(behandlas i rapporten "FEM-analys av däckets")

Syfte

Ta fram styvheten på däckets, tjockleken på materialet, förstuvningar.

Lastkrav

Eftersom däckets är avsett för att gå på och eventuellt att lastas på, måste det hålla för vissa belastningar.

Däckets ska klara av punktlast på 1 kN utan att deformeras.

Lastfall II

Belastning på pontonerna vid påstigning, se rapporten "Inledande hållf" kapitel "böjning av tvärbalk fram" samt tillhörande Matlab-fil.

Syfte

Ta fram tvärbalkens styvhet, optimera parametrar bredd och tjocklek för given längd och material.

Lastkrav

Tvårbalken skall klara punktlast på 1 kN applicerad i mitten av balken.

Lastfall III

Laster på aquapeden när den ligger still i vattnet med förare i kabinen.

Det kan lätt inses att detta lastfall inte kommer att bli det kritiska eftersom det händer mer dramatiska saker när aquapeden körs på bärplan i full fart.

Lastfall IV

Motorns påverkan på akterspegel.

Lastkrav

Akterspegeln påverkas av motorns vikt samt av reaktionskraften från framdrivningen. motorvikten ger böjande moment:

$$\text{häv} \cdot \text{kraft} = 0.2 \text{ m} \cdot 250 \text{ N} = 50 \text{ Nm} \quad (1)$$

Reaktionskraften

Se bilaga A.

Momentet från Reaktionskraften

$$\text{häv} \cdot \text{kraft} = 0.8 \text{ m} \cdot 614 \text{ N} = 491 \text{ Nm} \quad (2)$$

På grund av ändringar i designen kommer detta lastfall behandlas i separat rapport "Motorbrunn".

Lastfall V

Detta lastfall behandlar laster som uppstår när farkosten körs på bärplan i 15 knop.

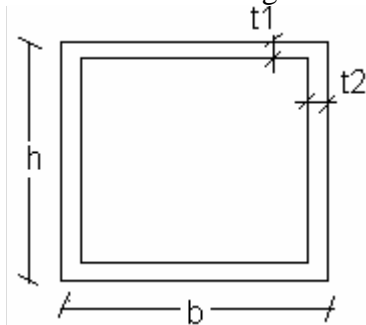
Syfte

Undersöka tjocklekens påverkan på spänningar och deformationer i strukturen som uppkommer p.g.a. böjning.

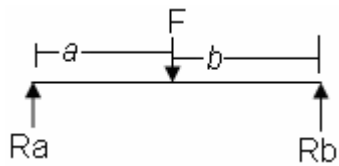
Analys

Första uppskattningen görs med en enkel fritt upplagt balkmodell. Balken antas ha rektangulärt tvärsnitt. Materialegenskaperna antas vara elastiska och isotropa. Balken belastas med en last motsvarande förare med bagage.

Det är till fördel om föraren sitter så nära mitten som möjligt, och detta kommer att eftersträvas vid designen.



Figur 2. Balkens tvärsnitt.



Figur 3. Krafter på farkosten.

Använder elementarfall för fritt upplagd balk, FS s.345 lastfall 1
Kraften från förare samt bagage är

$$F = 1000 \text{ N}$$

Enligt elementarlastfall blir reaktionskrafterna

$$Ra = bF \tag{1}$$

där b är normerade avståndet till F från fören.

$$Rb = aF \tag{2}$$

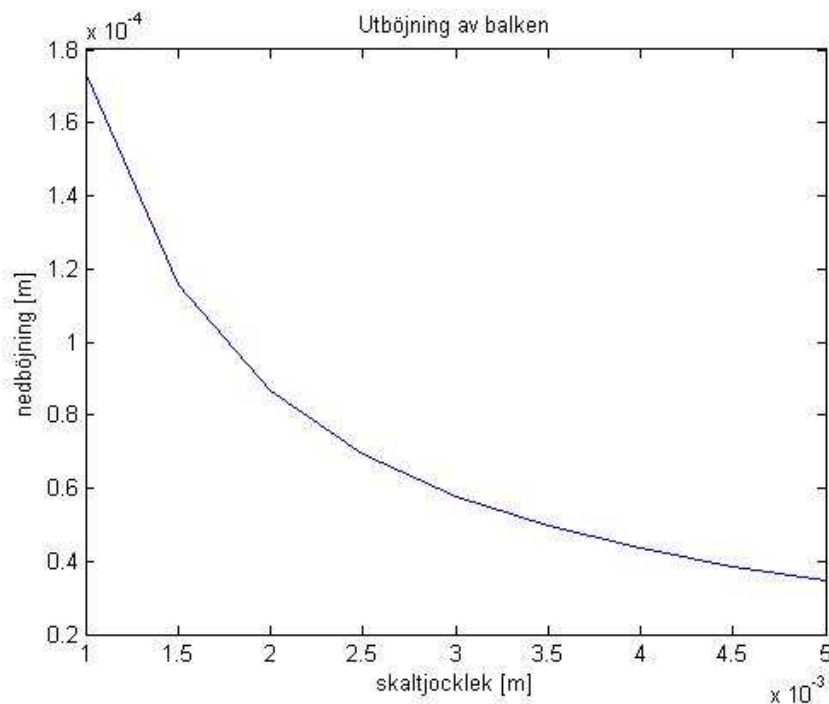
där a är normerade avståndet till F från aktern.

Utböjningen på balken ges av:

$$d = \frac{F \cdot L^3}{3EI} a^2 b^2 \tag{3}$$

Där tröghetsmomentet I ges av ekvation (4) hämtad från "Formelsamling i Hållfasthetslära" tvärsnitt 7.

$$\frac{t_2 h^3}{6} + \frac{1}{2} t_1 b h^2 \tag{4}$$



Figur 4. Maximal utböjning av balken då kraften appliceras i mitten .

Snittning ger moment

Momentet vid F är

$$M_F = Ra \cdot a \cdot L \quad (5)$$

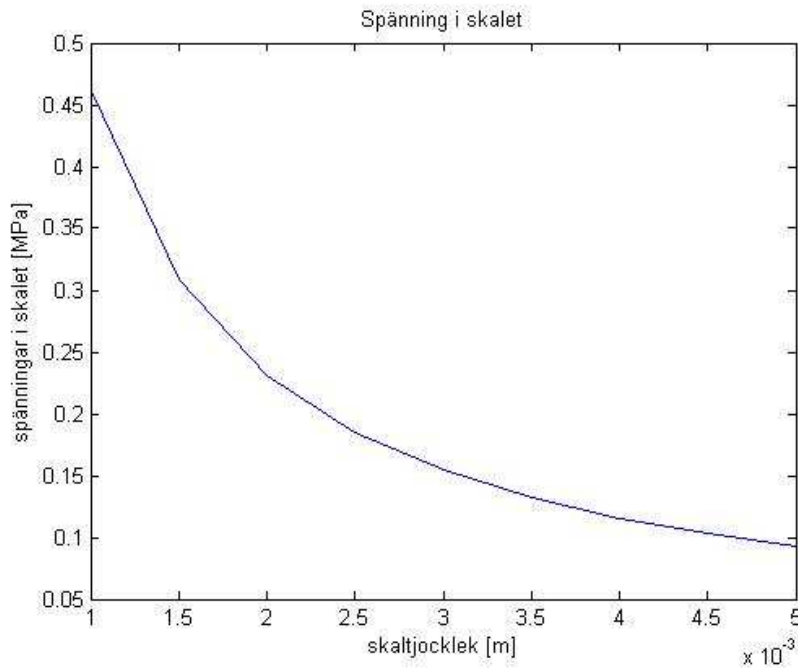
Momentet vid $R_b=0$ och $R_a=0$

(6)

Den resulterande spänningen i skalet fås från

$$\sigma = \frac{M \cdot z}{I} \quad (7)$$

där z är det vertikala avståndet till KG (tyngdpunkten).



Figur 5. Maximal spänning i skalet.

Slutsats

För detta lastfall kommer strukturen att hålla med stor marginal.

Lastfall VII

Behandlar laster då farkosten går på grund.

Syfte

Beräkna hållfastheten på bärplan. Undersöka hur stora stötkrafter bärplanen klarar av.

Slutsats

Det är inte rimligt att dimensionera bärplan med de förutsättningarna som vi har.

Ett lösningsförslag är att göra fjädrande infästningar till bärplanen. I mån av tid kommer denna lösning att undersökas.

Lastfall VIII

Behandlar stöt mot t.ex. brygga.

Då farkosten kommer in till bryggan är det svårt att undvika stött. Därför måste det tas hänsyn till

Syfte

Att undersöka vilka hastigheter är det rimligt att dimensionera för.

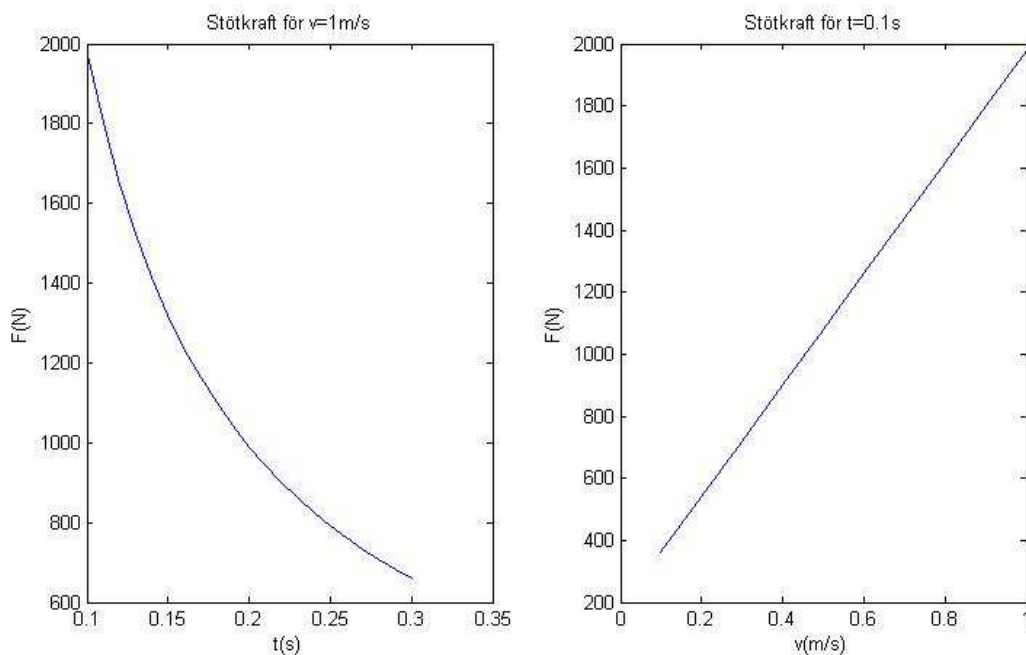
Stöten antas vara elastisk

Det är svårt att uppskatta stöttiden, därför är det även svårt att uppskatta stötkraften.

Förutsättningar

Detta är bara en grov uppskattning av kraften eftersom den bygger på många antaganden.

Resultat



Figur 6. Stötkraften som funktion av tiden och hastigheten

I undersökningen gjordes två olika studier, för kraften som funktion av tiden och för kraften som funktion av hastigheten. Först gjordes uppskattningen av stöttiden, det antogs att stöttiden är 0.1 s (0.1 s är stöttiden då t.ex. bollen studsar mot marken). Sedan undersöktes stötkraften för olika hastigheter, se resultat till höger i figuren ovan. Det har även undersökts hur kraften varierar med ökad kontakttid, se resultat till vänster i figuren ovan.

Slutsats

Om kontakttiden är 0.1 s är det rimligt att dimensionera skrovet för stöthastighet upp till 1m/s. stötkraften är då 2000 N. Det är möjligt att dimensionera skrovet för högre hastigheter utan att öka skrovtjockleken genom att tillåta större utböjning dock på bekostnad av styvheten. Det skulle dock vara möjligt att tillåta stora utböjningar på delar av bordsidor som är ovanför vattenlinjen. Däremot måste bottenplattan förstyras .

För beräkningarna se bifogat Matlab-kod "Elastisk stöt".

Frontalstöt

Eulerknäckning

Strukturen är tillräckligt styv för att klara eulerknäckning utan några problem, se Matlab-fil "eulerknack".

Lokalknäckning

$E = 15 \text{ GPa}$

Knäckningskonstanten k tas från formelsamling för lättkonstruktioner och FEM värdet för "clamped edges". Värdet reducerad något för att erhålla marginal. (det verkliga värdet är 6,3)

$$k = 6$$

t , godstjockleken

$b1 = 1$, bredden på däck

$b2 = 0.78$, bredden på borden

Formlerna nedan hämtade från formelsamling för kursen lättkonstruktioner och FEM

$$\sigma_{däck} = k \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b1} \right)^2 \quad (10)$$

$$\sigma_{bord} = k \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b2} \right)^2 \quad (11)$$

$$area_{däck} = t \cdot b1 \quad (12)$$

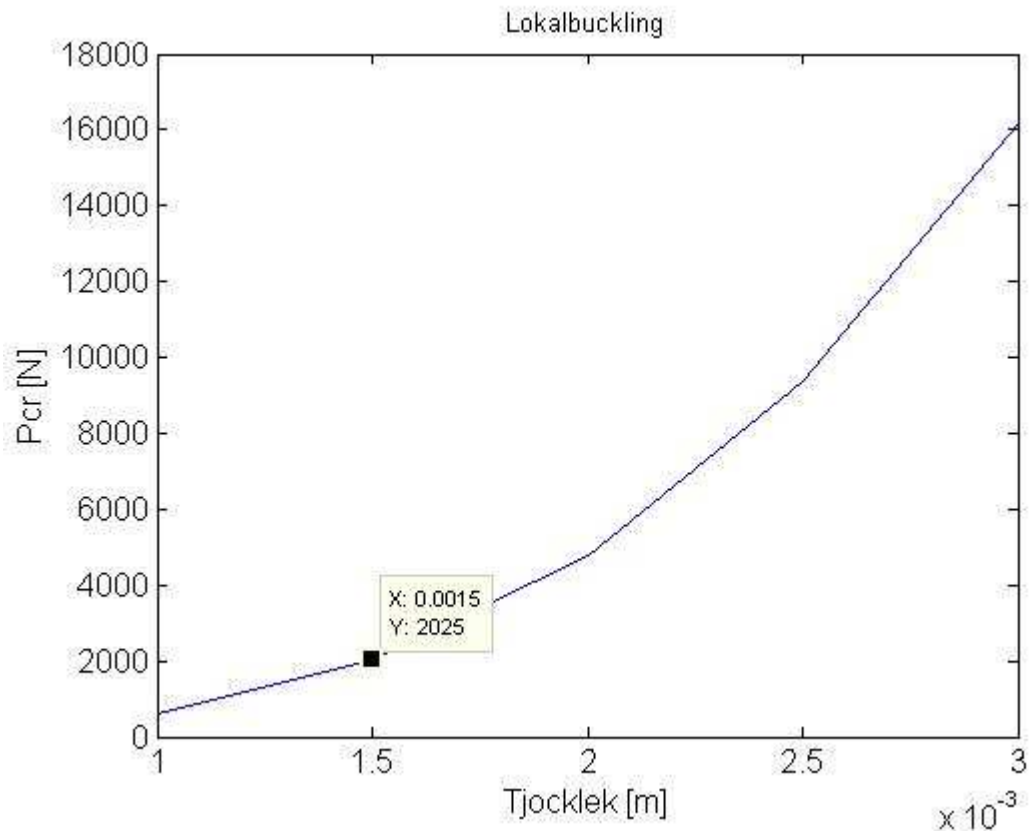
$$area_{bord} = t \cdot b2 \quad (13)$$

$$P_{crdäck} = \sigma_{däck} \cdot area_{däck} \quad (14)$$

$$P_{crbord} = \sigma_{bord} \cdot area_{bord} \quad (15)$$

Resultat

Lokalbucklingen undersöktes för varierad bredd och tjocklek. Efter utvärderingen bestämdes tjockleken till 1.5 mm .



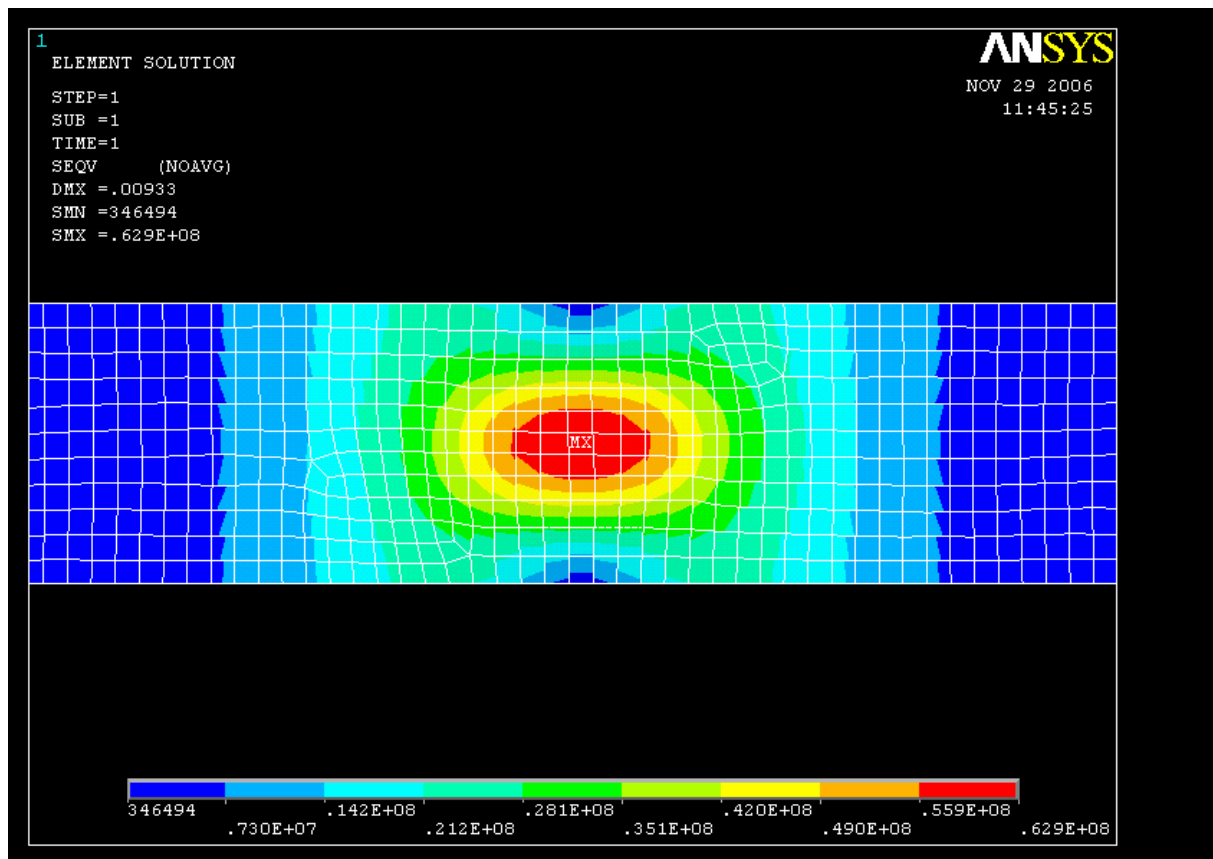
Figur 6. Lokalbuckling för $b=0.2$ m och varierad tjocklek.

Figur 6 visar på att strukturen med godstjocklek på 1.5 mm och bredd på maximalt 20 cm klarar lokala knäckningkrafter inom rimliga gränser. Skrovet kommer t.ex. att klara frontalstöt i 1m/s (ger stötkraft på 2000 N).

Sidostöt

Analysen utfördes i FEM-programmet ANSYS. Analysen visar på att det är svårt att få tillfredställande styvhet och hållfasthet. För att klara av lasten måste skrovet ha tjockleken på ca 5 mm, dessutom måste skrovet förstärkas. Spanten måste placeras med ca 1 m avstånd och längsgående förstävningar med 0.25 m avstånd. Utböjningen fås då till ca 1 cm och spänningen till 63 MPa se figur 2. Vilket är acceptabelt eftersom strukturen klarar sig hållfasthetsmässigt enligt tabell 34.4 i [1], material 64, 2.

Denna analys baseras på stötkraften utbrett över ytan 0.02 m^2 .



Figur 7. Böjning av bord, med måtten 0.5 m x 0.2m och 5 mm tjocklek.

Slutsats

Analysen visar på att detta krav blir svårt att uppfylla. Risken för sidostött är dock minimal, därför kommer det inte tas hänsyn till detta vid dimensioneringen av skrovet.

Lastfall IX

Buckling av bordsidor orsakad av påstigning.

Syfte

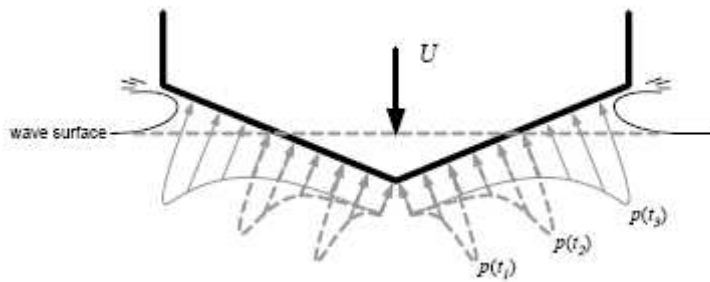
Dimensionera skrovtjockleken samt förstyvningar.

Förutsättningar

Eftersom däckets ska dimensioneras för last på 1000 N, ska även varje bord klara denna last. I det här fallet kommer spanten att ta upp största delen av lasten. Detta behandlas i rapporten ” APFS Hållfasthetskrav på de tvärgående spanten”.

Lastfall IX

Ett skrov som slår ner genom en vattenyta vid ett vågmöte utsätts för hydrodynamiska tryckkrafter som liknar de krafter som du upplever vid ett magplask. Fenomenet brukar för fartyg kallas för *bottenslag* eller *slamming*.



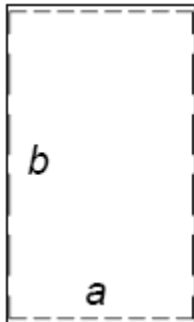
Figur 8. Tryckfördelning då vågen träffar skrovet.

Syfte

Kontrollera om lastfallet är dimensionerande.

Förutsättningar

Analysen baseras på maximala trycket från slamming, vilket är 70 kPa se rapporten "Slamming". Experiment visade att det blir stora förskjutningar i skrovet pga. slamming trycket. Detta leder till att problemet måste behandlas som olinjärt. Det antas att skalpanelerna kan indelas i rektangulära paneler inskrivna mellan längs- och tvärgående förstävningar enligt figur 9. Vidare antas det att paneler som inskrivs mellan förstävningarna approximativt kan anses vara fast inspända längs ränderna eftersom trycket är jämt fördelat över hela bottenplattan.



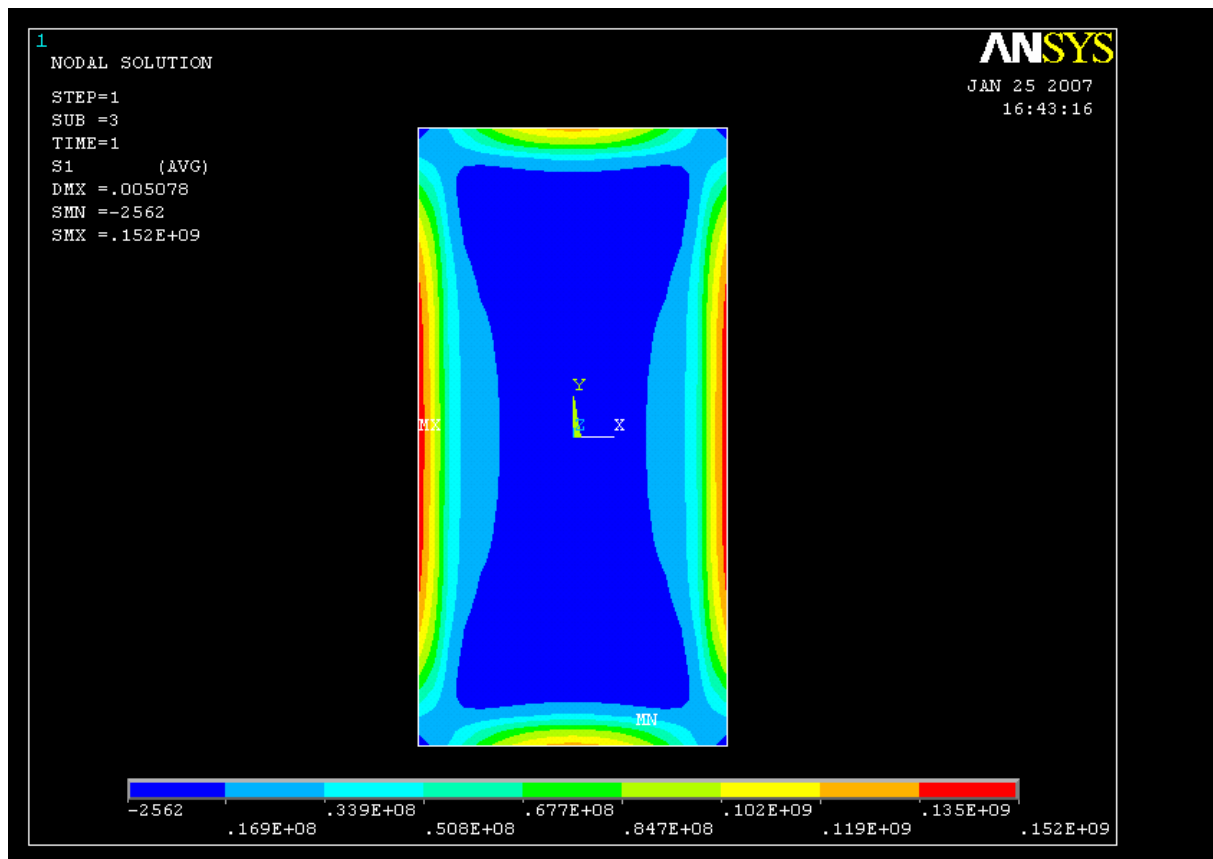
Figur 9. fast inspänd platta $a=20 \text{ cm}$, $b=40 \text{ cm}$

Analys

Analysen utförs i FEM programmet ANSYS. Det som är viktigt att tänka på är konsekvensen av att plattan kommer att böja ut. Det som kommer att hända är att tryckkomponenten kommer hela tiden verka vinkelrätt mot ytan såäven när ytan deformeras kommer komponenten att följa krökningen. Resultatet av detta blir att riktningen på komponenten kommer att variera längst plattan.

Plattan som ska analyseras har dimensionerna $400 \times 200 \times 1.5 \text{ mm}$

Materialet antas vara linjärt och isotropt med E-modul på 20 GPa och poissonstal på 0.3



Figur 10. utböjning och spänning pga. slamming.

Resultat

Utböjning = 5 mm

Spänning i x-riktningen = 152 MPa

Spänning i y-riktningen = 2562 Pa

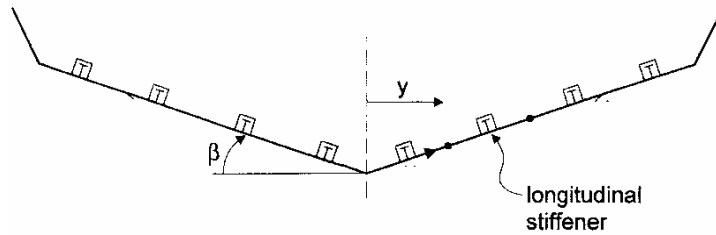
Slutsats

Analysen visar på att lastfallet inte kommer vara dimensionerande, eftersom erhållna spänningen är mindre än den tillåtna (ca 200 MPa [1, tabell 34.4 mtr nr.65.]).

Eftersom utböjningen är relativt liten, dras slutsatsen att problemet med tryckkomposanterna inte behöver beaktas.

Slutsats

Analysen visar att skrovtjockleken måste vara minst 1.5 mm, vilket bestäms av lokalbucklingen. Intuitivt känns det också att man inte kan bygga tunnare än så då det skulle kännas för ostabilt. Villkoret är dock att det finns förstävningar i strukturen. Det ska vara längsgående förstävningar med högst 0,2 m avstånd.



Figur 8. Längsgående förstävningar.

Referenser

[1]. "Handbok och formelsamling i hållfasthetslära". Institutionen för hållfasthetslära KTH andra tryckningen 1999.

Bilaga A

Lastfall IV

%lastfall IV, motorns påverkan på akterspegeln

```

massam=25;           %vikten på motorn (kg)
armh=0.2;           %horisontella avståndet till motorns TP (m)
armv=0.8;           %vertikala avståndet till motorns TP (m)
g=9.81;            %tyngdaccelerationen (m/s^2)

                    %Moment från egenvikten
mom1=armh*25*g;     %moment från egenvikten

                    %Moment från reaktionkraften
V=4;                %maxhastigheten innan skrovet lyfter från
vattenytan (m/s)
alpha=0.05;         %anfällsvinkel (rad)
C1=2*pi*alpha;     %lyftkraftskoefficienten
Cd=0.1*C1;         %motståndskoeff
ra=1000;           %vattnets densitet (kg/m^3)
L=3;                %Loa (m)
B=1.2;             %Boa (m)
l=1;               %pontonernas längd (m)
b=0.2;             %pontonernas bredd (m)
%wetted area%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

l1=1;              %längden på bärplan fram (m)
c1=0.05;          %korda fram (m), (ej fastställt, ska vara så
liten som möjligt)
S1=2*(l1*c1);     %wetted area av främre bärplan
l2=0.8;           %längden på aktre bärplan (m)
c2=0.05;         %Korda bak (m)
S2=l2*c2;        %wetted area av aktre bärplan
S3=L*pi*B/2*1/3; %wetted area av skrovet, som approximeras
med 1/3 kon.
S4=2*pi*b*1/3;   %wetted area av pontonerna, som aproximeras
med 1/3 cylinder
S=S1+S2+S3+S4;   %totala wetted area. Anm. Luftmotståndet
försummas eftersom den är liten i förhållande till motståndet i vatten.
T=Cd*ra/2*V^2*S %thrust required (N)= reaktionskraften

```

Elastisk stöt

```

% Elastisk stöt
%Impuls
m=180; %massa båt med förare kg
v1=[0.1:0.1:1]; %hastighet före stöt m/s
v2=0.1; %hastighet efter stöt m/s
I=[];
for i=v1
I0= m*v2+m*i;
I=[I I0];
i=i+1;
end
%Stötkraften
%Ft=I
t=[0.1:0.01:0.3]; %stöttiden
F=[]; %N
for i=t
F0=(I/i)';
F=[F F0];
i=i+1;
end

```

Lokal buckling

```

% local buckling
clc, clear all, close all
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%5

E=20e9;

%Buckling constant from Megson s.172 table 6.16 a
k=6;
% tjocklek start värdet och slut värdet
tj_start=0.001;
tj_end=0.003;
tj=tj_start:0.0005:tj_end; % steglängd på tjocklek
b=0.1:0.1:0.8; % bredden
Sigma=zeros([length(tj),length(b)]);Area=zeros([length(tj),length(b)]);Pcr=
zeros([length(tj),length(b)]);
i=1;j=1;

for t=0.001:0.0005:0.003;% tjocklek
j=1;
for b=0.1:0.1:0.8; % bredden på däcket
sigma=k*E*(t/b)^2;
Sigma(i,j)=[sigma];
area=t.*b;
Area(i,j)=[area];
pcr=sigma.*area;
Pcr(i,j)=[pcr];
j=j+1;
end

i=i+1;
end

T=0.001:0.0005:0.003;
plot(T,Pcr)
title('Lokalbuckling')

```



```

legend('b = 0.1','b = 0.2','b = 0.3','b = 0.4','b = 0.5','b = 0.6','b =
0.7','b = 0.8')
xlabel('Tjocklek [m]','FontSize',12)
ylabel('Pcr [N]','FontSize',12)
set(gca,'FontSize',12)
axis([0.9e-3 3e-3 -0.5e4 3.5e4])

% plot(t,Pcr(1:5),'r');
% hold on
% title('Local buckling')
% xlabel('tjocklek [m]')
% ylabel('Pcr [N]')
% plot(t,Pcr(6:10));
% plot(t,Pcr(10:15));

```

Balkböjning

```

%***** Balkböjning *****'
clc,clear all, close all
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Approximerar Aquapeds skrov som en rektangulärt tunnväggig balk enligt
%Tvårsnitt 7 s 334 i Hållfasthets formelsamling

E=20e9;
%Skorv dimensioner
B=0.7; %Bredden i vatten linjen [m]
D=0.6; %Djupet av skrovet [m]
L=3; %Skrovlängden [m]
%tjocklekar att undersöka
t=0.001:0.0005:0.005; %[m]
t1=t; %Tjocklek av däckets samt botten av skrovet [m]
t2=t; %Tjocklek av skrovsidan [m]
I=t2.*D^3./6+0.5*t1.*B.*D^2; % [m^4]
KG=0.5; %tyngtpunktsläge
H=0.7; %skrovhöjd
z=H-KG; % avstånd från tyngdpunkten till
däcket
L=3; % båtens längd (m)
F=1000;
alfa=1/2; %avstånd till belastning från
vänster (vänster/höger se hållf FS s.345, elementarfall 1, fritt upplagd)
beta=1/2; %avstånd till belastning från
höger

Ra=beta*F; %Reaktionskraft till vänster, i
aktern
Rb=alfa*F; %Reaktionskraft till höger, i
fören
utbojning=(F*L^3*alfa^2*beta^2./(3*E*I)); %utböjning på balken (m)
M=Ra*alfa*L/2 % moment vid F
% moment vid Rb=Ra=0 fritt

upplagt
sigma=(M*10^-6).*/I; %resulterande spännningar i
däcket och v-botten.
epsilon=sigma./E;
utbojning1=(epsilon*L); % i däckets och v-botten
(m)

```

```
figure(1)
plot(t,sigma);
title('Spänning i skalet');
xlabel('skaltjocklek [m]');
ylabel('spänningar i skalet [MPa]')
```

```
figure(2)
plot(t,utbojning);
title('Utböjning av balken');
xlabel('skaltjocklek [m]');
ylabel('nedböjning [m]')
```

```
figure(3)
plot(t,utbojning1);
title('Deformationer i skalet');
xlabel('skaltjocklek [m]');
ylabel('utböjning [m]')
```

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
241. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	
242. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	
243. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	
244. Uppnås syftet?	ja	
245. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	
Tekniskt innehåll		
246. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	
247. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	
248. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	ja	
249. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	ja	
250. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	
251. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	
252. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	

Presentation

253. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt ja
254. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering ja
255. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."? ja
256. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering? ja
257. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten? ja
258. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan? ja
259. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc? ja

Övrigt

260. Har rapporten skrivits av dig enskilt? ja
261. Arbetet har utförts i samarbete med : -
262. Rapporten är korrekturläst av :
263. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)
264. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Arbetet med denna rapport har get mig möjlighet att närma mig lärandemålen L3, L4, L5, L6, L7. I och med denna rapport så kan byggandet av skrovet inledas.

- L1. arbeta i projektform så att egna och andras kunskaper och ansträngningar utnyttjas effektivt
- L2. redogöra för framgångs- och problemfaktorer i projektarbete
- L3. presentera tekniskt arbete muntligt, skriftligt och grafiskt
- L4. hantera tekniska problem ur ett systemperspektiv
- L5. göra uppskattningar och beskriva deras värde och begränsningar
- L6. angripa komplexa och delvis ofullständigt formulerade problem
- L7. effektivt utnyttja tillgängliga ingenjörsmetoder och verktyg
- L8. praktiskt realisera egna tekniska idéer
- L9. reflektera över och utvärdera både tekniska lösningar och eget och andras arbete

Laminatupplägg



IGOR STARODUB
igors@t.kth.se
0739373797

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *xx/xx-20xx*
Versionsnummer: *x>1 för godkänt; x<1 för arbetsdokument*
Handlett av:
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *1 h*

Inledning

För att matcha beräkningarna borde laminatupplägget vara så att laminatet får egenskaper som är så nära isotropt material som möjligt.

Laminatupplägg

För att uppnå målet ovan lämpar sig bäst upplägget med vinklar $[-65/0/65]_s$. Då det inte finns mattor med sådant upplägg måste det åstadkommas av mattor med annat upplägg. Det kan dock bli krångligt att lägga upp en sådan sekvens dessutom blir det mycket spill. Ett bättre alternativ är att ta en s.k. *non-crimp* matta som finns tillgänglig i sekvensen $[-45/0/90/45]_s$. Detta kommer förstås att skilja sig från upplägget $[-65/0/65]_s$. Strukturen är dock inte optimerad för sådant upplägg heller, så skillnaden kan försummas.

Slutsats

Bästa valet är att laminera med upplägget $[-45/0/90/45]_s$ då mattor med ett sådant upplägg är lättillgängliga, dessutom reduceras materialspletet.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
265. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?		
266. Har syfte och förutsättningar redovisats?		
267. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?		
268. Uppnås syftet?		
269. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?		

Tekniskt innehåll		
270. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?		
271. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?		
272. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?		
273. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?		
274. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?		
275. Går det att följa det tekniska resonemangen?		
276. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		

Presentation		
277. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt		
278. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering		
279. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?		
280. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?		
281. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?		
282. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?		
283. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?		

Övrigt		
284. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		

285. Arbetet har utförts i samarbete med :

286. Rapporten är korrekturläst av :

287. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

288. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.

APFS Design av väderskydd och sittbrunn



CARL HAGMAN, JOHAN RUSZITS
chagman@t.kth.se; ruzsits@kth.se
0709-758101; 070-5645670

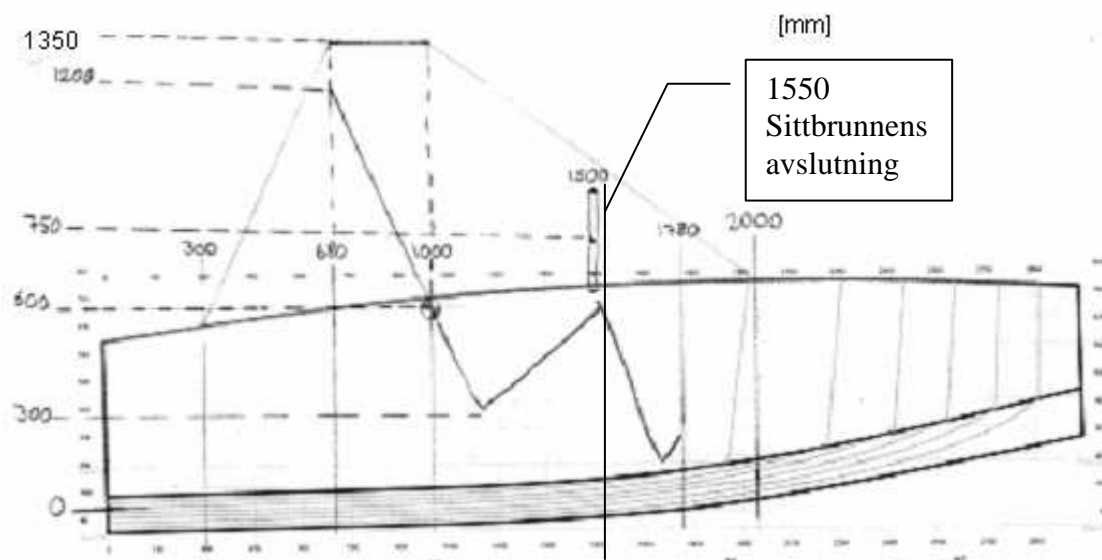
Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>25/1-2006</i>
Versionsnummer:	<i>VI</i>
Handledt av:	-
Granskad av:	<i>DAE</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>CAH:8, JOR: 10</i>

1 Inledning

Syftet med denna utredning är att vidareutveckla analysen som sammanfattades i rapporten APFS Sittplatsutformning. Här ska de slutgiltiga måtten, tillverknings sättet, material val etc. bestämmas.

2 Sittställning

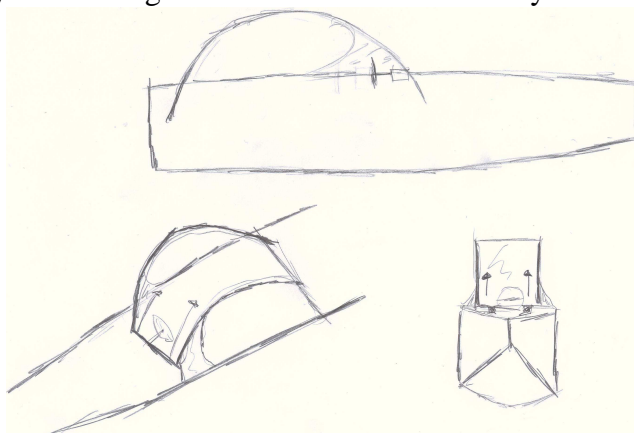
Projektet valde i konsensus att gå vidare med förslag #2 från [1] gällande sittställning. Sittställningen visas i figur 1, notera att skissen är måttsatt och väderskyddet schematiskt utritad. Hålet som behövs för att åstadkomma denna sittplats börjar vid skarven mellan sittbrunnen och motorbrunnen och slutar 1550 mm för om aktern.



Figur 1. Måttsatt skiss över sittplats och väderskydd. Notera att sittbrunnen börjar vid 400 mm från aktern.

3 Väderskyddets utformning

Projektet valde också att gå vidare med alternativ 2 från [1] rörande väderskyddet. Figur 2 visar en skiss över skyddet och figur 1 visar måtten för väderskyddet.



Figur 2. Skiss över konstruktion där rutan ska kunna skjutas bakåt med hjälp av spårförsedda bågar.

Väderskyddet ska byggas upp av två bågar som ska fästas invid spantet som binder samman motorbrunnen och sittbrunnen, 400mm från akterspegeln, samt invid ett spant förörom ratten, 2000mm från akterspegeln. Infästningarna bör bestå av rör som plastas in i skovet som bågar sedan kan föras ned i. Dessa rör bör vara vertikala så att en båge med formen av en halvcirkel lätt kan föras i och ur. Mellan bågar ska en lättböjlig plexiglasskiva finnas som ska löpa i ett spår så att den kan förflyttas i samband med i- och urstigning. Ett problem som kan uppstå som måste beaktas är att glaset måste kunna löpa fritt i bågen. Ett annat problem är att de nedre delarna på bågar måste vara vertikala så att ramen lätt går att lyfta bort. Analysen visar att den kritiska lasten uppstår då bågar belastas med en sidokraft som verkar tvärs fartygets längskeppslinje. Konstruktionen ska klara av att användas som hjälp vid i- och urstigning från körställningen.

Tanken med denna rörkonstruktion är att den skyddande plexiglasskivan ska kunna skjutas fram och tillbaka i små spår som finns på bågar. Denna konstruktion medför att plexiglasskivan inte får vara för tjock då den ska kunna deformeras då den löper i spåren. En konsekvens av detta är att plexiglas inte bör utgöra lastbärare utan att den byggs in mellan två tvärgående lister. Den nedre listen bör även förses med ett handtag för att underlätta vid uppskjutning av rutan. Den aktra delen av rutan kan även vara ihopkopplade med någon form av kapell som skyddar mot stänk/regn snett akterut/uppåt. Kapellet är upplindat som en rullgardin så att när rutan är neddragen så är kapellet uppdraget och när man skjutit tillbaka rutan är kapellet upplindat på rullen. För att skivan ska kunna fungera som vind- och stänkskydd bör den vara 900mm lång. Spåren för skivan kan utgöras av tex gardinstänger.

3.1 Lösningemetod

Problemet som uppstår är ett statiskt obestämt ramverksproblem. En metod att lösa detta är med hjälp av energimetoder, en annan är med hjälp av finita element metoder (FEM). I detta fall har FEM använts. Bågar har förenklats till raka balkar som sätts samman till en båge. Elementen i bågen är av typen 2-noders balkelement. Detta kommer då att leda till ett problem som kan sammanfattas⁸

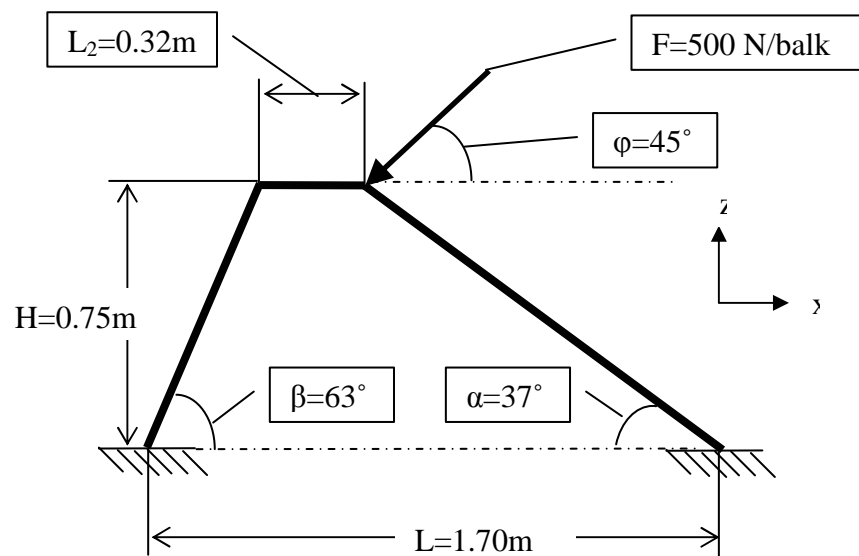
$$\mathbf{F}_e = \mathbf{K}_e \mathbf{D}_e \quad (1)$$

där \mathbf{F} beskriver lasterna, \mathbf{K} är styvhetsmatrisen och \mathbf{D} är nodförskjutningarna. Denna metod finns implementerad i ett skript som kan erhållas av institutionen för hållfasthetslära, KTH⁹. Nedan definierade lastfall har förenklats till ett fåtal balkelement men detta bör inte leda till några större fel.

⁸ Formelsamling i hållfasthetslära

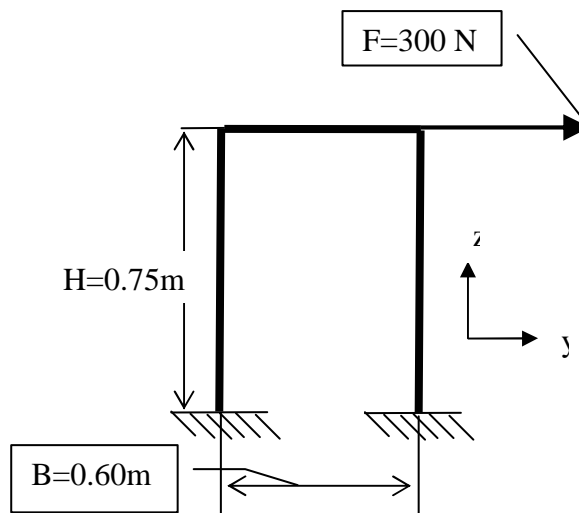
⁹ <http://www.hallf.kth.se/~jonasf/4C1025/kurssidor2007.html>

3.1.1 Lastfall 1 – Person stiger ned i farkosten



Figur 3. Lastfall då person stiger ner i farkosten.

3.1.2 Lastfall 2 – person som lutar sig åt sidan mot bågarna.



Figur 4. Lastfall då person lutar sig mot bågstrukturen

3.2 Resultat

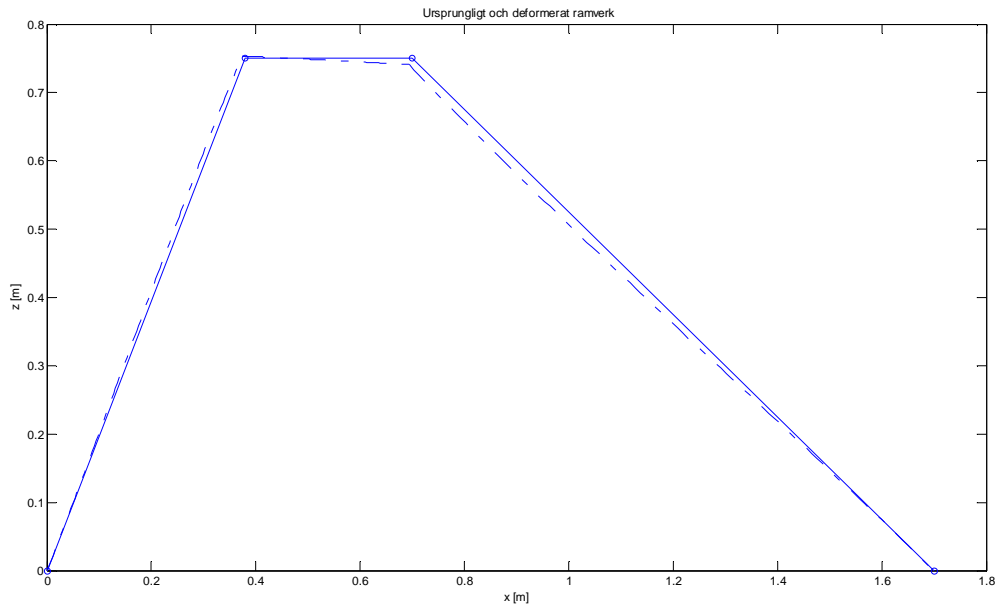
Efter ett antal iterationer har en standardprofil från SAPA använts i den slutgiltiga analysen. Materialdata för denna återges nedan.

Storhet		Enhet
Ytterdiameter D	22	[mm]
Innerdiameter, d	19	[mm]
Godstjocklek, t	1.5	[mm]
E modul, E	70	[GPa]
Brottspänning, σ_b	210	[MPa]
Sträckspänning, σ_s	170	[MPa]
Yttröghetsmoment, I	$5.075 \cdot 10^{-9}$	[m ⁴]

Tvärsnittsarea, A	$9.66 \cdot 10^{-9}$	[m ²]
-------------------	----------------------	-------------------

Tabell 1. Materialdata för SAPA standardprofil 910-2078-00.

3.2.1 Lastfall 1

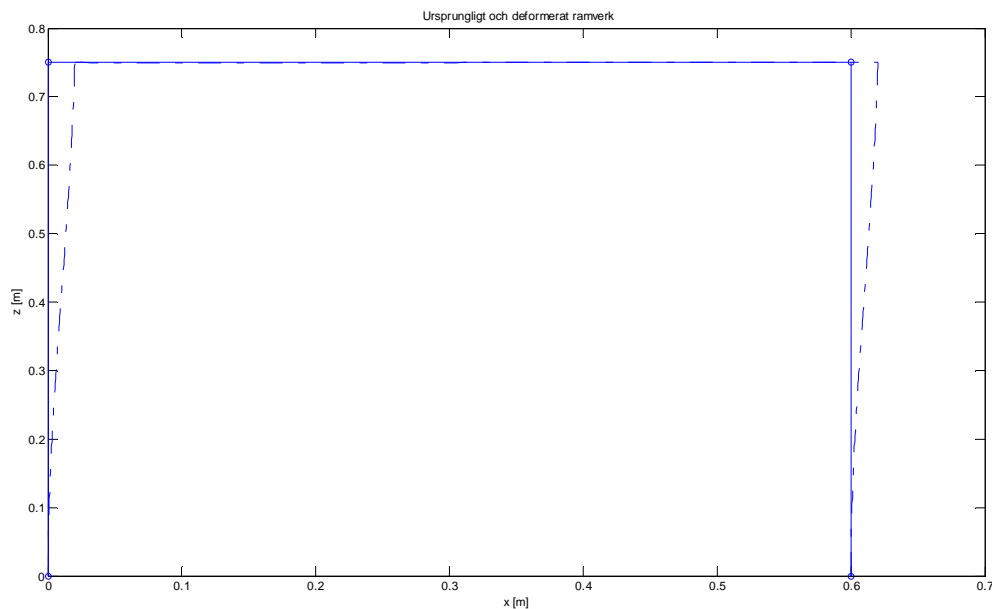


Figur 5. Deformering av ramen till följd av lastfall 1.

Deformation i xled. δ_x	Deformation i zled. Δ_z	Säkerhetsfaktor mot brott.	Säkerhetsfaktor mot sträckning
0.5 cm	0.7 cm	2.8	2.3

Tabell 2. Resultat för lastfall 1 med profil 910-2078-00.

3.2.2 Lastfall 2



Figur 6. Deformering av ramen till följd av lastfall 2.

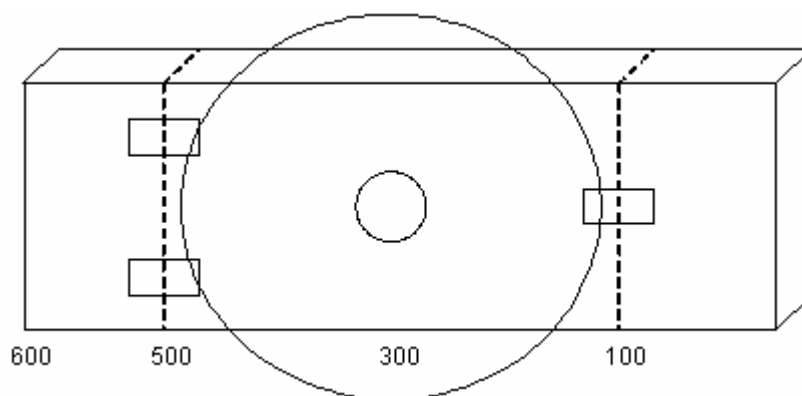
Deformation i yled. δ_y	Deformation i zled. δ_z	Säkerhetsfaktor mot brott.	Säkerhetsfaktor mot sträckning

2.0 cm	0.0 cm	1.75	1.4
--------	--------	------	-----

Tabell 3. Resultat för lasfall 2 med profil 910-2078-00.

4 Styrssystem

Sittställningen kräver någon form av styrssystem integrerat med sittplatsen, en ratt och ett fast gasreglage skulle vara tillämpbar. Ratten bör vara fastsatt på en träplatta. För att underlätta i- och urstigningen bör plattan vara konstruerad på ett sånt sätt att ratten går att vika åt sidan. En enkel lösning vore att hänga upp plattan på gångjärn vid ena kanten och fästen vid andra. För att föraren ska kunna sitta i stolen under vikningen kan inte hela plattan vikas utan som figur 7 visar bara de mittersta 400mm. För att det ska vara möjligt att vika undan plattan måste styrvajern vara fäst på ett sådant sätt att den tillåter förflyttning och vikningen ske akteröver.



Figur 7. Skiss över ratten med plattan. Plattan ska vara vikbar runt den vänstra, babords, streckade linje.

När ratten har vikits bak kommer styrvajern att behöva förlängas med 400mm. Om ingen lösning hittas till detta kan ratten monteras fast i mitten med följden att i- och urstigningen blir jobbigare.

5 Sittplatsens utformning

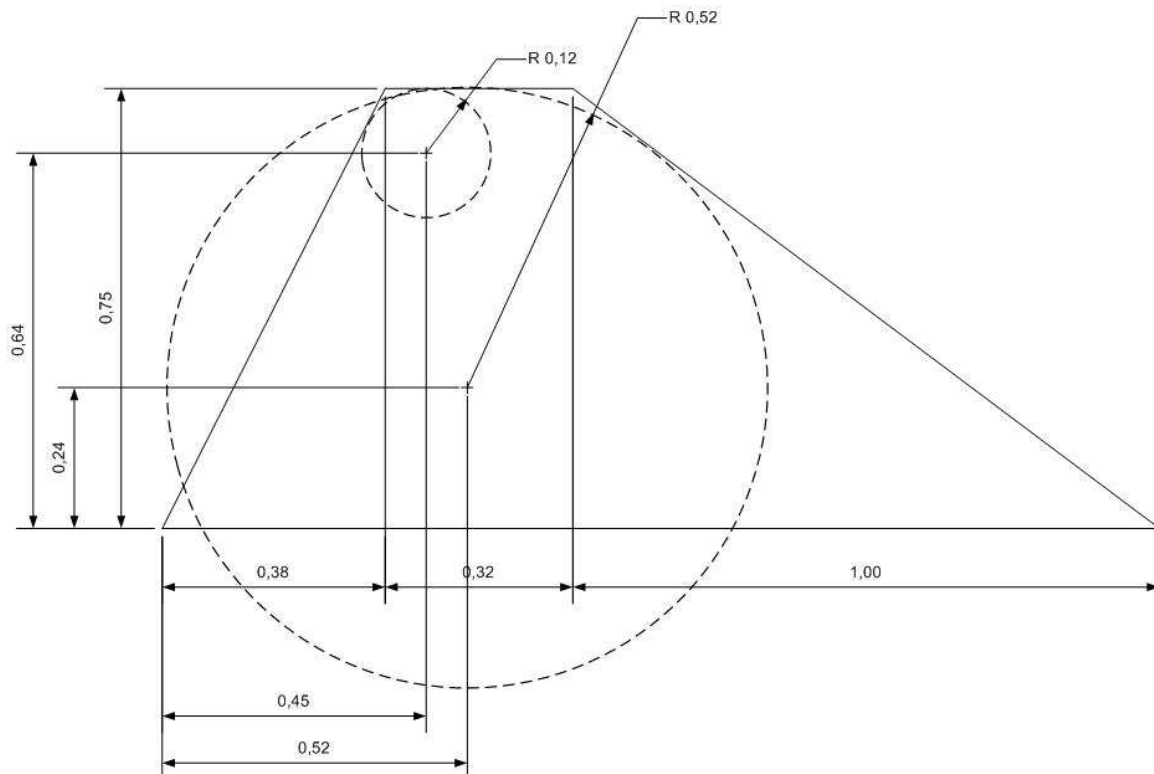
När sittställningen är bestämd måste sittplatsens utformning bestämmas. Oavsett sittställning måste sittplatsen vara skön och komfortabel för att uppfylla kravspecifikationen. Att vara bakåtlutad och vila ryggen mot en skön stolsrygg är definitivt bekvämt. En framåtlutad sittställning kan också den göras skön om det finns ett rejält styrssystem att hålla händerna på och en skön sadel att sitta på.

Båda sittställningarna kräver någon form av styrssystem integrerat med sittplatsen. En ratt och ett fast gasreglage skulle vara tillämpbar på både den framåt- och bakåtlutande sittställningen men mer fördelaktig i den senare. Med den framåtlutande sittställningen är det dock en mer naturlig rörelse att styra med ett styre. Att styra med motorns fasta styrssystem skulle däremot inte fungera vidare väl. De tänkta sittställningarna tillåter inte att motorns fasta styrpinne används detta då det inte skulle fungera att styra på ett normalt sätt utan att pinnen tar i stolsrygg eller förare.

6 Tillverkning

För att åstadkomma den tänkta böjda formen på aluminiumrören fylls de med sand och böjs kring en trumma med diametern 110-520mm se figur 8. Ifall en rak konstruktion väljs bockas

rören. Infästningarna bör bestå av rör som plastas in i skovet som bågarna sedan kan föras ned i. För att spara vikt bör spanten placeras så att dessa rör kan plastas in i dem. Den tvärgående listan svetsas fast.



Figur 8. Skiss över bågkonstruktionen med tillhörande krökningsradier..

6.1 Väderskydd

Dimensioner för de två längsgående aluminiumrören:

- sapa 910-2078-00
- 2810 mm långa styck
- 22x19x1.5mm (yttre diameter x inre diameter x godstjocklek)
- Vikt
- Innerdiameter för rör till infästningarna, 23mm.
- Längd på infästningsrör 200mm.
- Vikt totalt 1,5kg.

Dimensionerna för plexiglas

- 550x900mm (bredd x längd)
- 2-3mm tjockt
- Vikt 2mm: 1,2kg, 3mm: 1,8kg

6.2 Styrning

Rattens framkant ska placeras 1350mm från akterspegeln. Den tänkta plattan som beskrivs under rubrik 4 *Styrning* bör ha dimensionerna 600mm bred, 100mm hög och 10mm djup. Den kan antingen tillverkas av en sandwichplatta eller av en plywoodplatta. För att fästa plattan i skovet plastas den fast med vinkeljärn. För vikkfunktionen används standardgångjärn och ett standardskjutlås. Eventuellt behövs en hasp för att få ratten att stanna i uppfällt läge.

6.3 Sittplats

Grunden till stolen består av utfyllnadsmaterial, ex frigolit, för att bygga upp en sittdyna i önskad höjd, 300mm, som sedan plastas. Spanten bör placeras så att utfyllnadsmaterialet står stabilt. För att göra sittplatsen bekväm limmas en dyna på plats. Till stolsrygg används en avsågad stolsrygg från en konventionell campingstol med rörstomme. Som infästning plastas rör in i stolsgrunden där stolsryggen kan skjutas ned i. Dessa rör bör ha innerdiamtern 25mm.

Kommentarer till designen

Möjlighet finns att flytta sittbrunnens aktra början framåt 180mm. De beräkningar som påverkas av detta är främst hållfasthetsutredningen kring bågarna. Då dessas längd minskar i horisontalplanet kommer dessa att kunna bära mer last vilket endast är positivt.

Referenser

1. APFS Sittplatsutformning v1, Projektdokument
2. Formelsamling Hållfasthetslära, Sundström, KTH
3. Jonas Faleskog, Institutionen för hållfasthetslära, KTH

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
289. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
290. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
291. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
292. Uppnås syftet?	Ja	Ja
293. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
294. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
295. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
296. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
297. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
298. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
299. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
300. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	*	-
Presentation		
301. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
302. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
303. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
304. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
305. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
306. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
307. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
308. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Nej	Nej

309. Arbetet har utförts i samarbete med : Johan Ruzsits		
310. Rapporten är korrekturläst av : David Eckerdahl		
311. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	4
<p>312. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p>Jag anser att följande lärandemål är uppfyllda:</p> <ul style="list-style-type: none"> • presentera tekniskt arbete muntligt, skriftligt och grafiska • angripa komplexa och delvis ofullständigt formulerade problem • effektivt utnyttja tillgängliga ingenjörsmetoder och verktyg • praktiskt realisera egna tekniska idéer • reflektera över och utvärdera både tekniska lösningar och eget och andras arbete <p>Arbetet ligger förhoppningsvis till grund för vidare studier och hur sittplatsen kommer att utformas.</p> <p>*) Denna punkt är inte uppfylld då mycket av rapporten bara kan vara min egen uppfattning och sunt förnuft.</p>		-

Tvärskeppsstabilitet



DAVID ECKERDAL
eckerdal@t.kth.se
0702-25 49 56

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *25/1-2007*
Versionsnummer: *2*
Handledt av:
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *4*

Problemformulering

Denna rapport behandlar Aquapedens initialstabilitet i roll-led vid stillaliggande och låg fart. Beräkningarna bygger på ett antal antaganden gällande geometri, vikter och tyngdpunkter. För att enkelt kunna göra nya beräkningar för andra antaganden ställs en modell upp i Matlab.

Analys

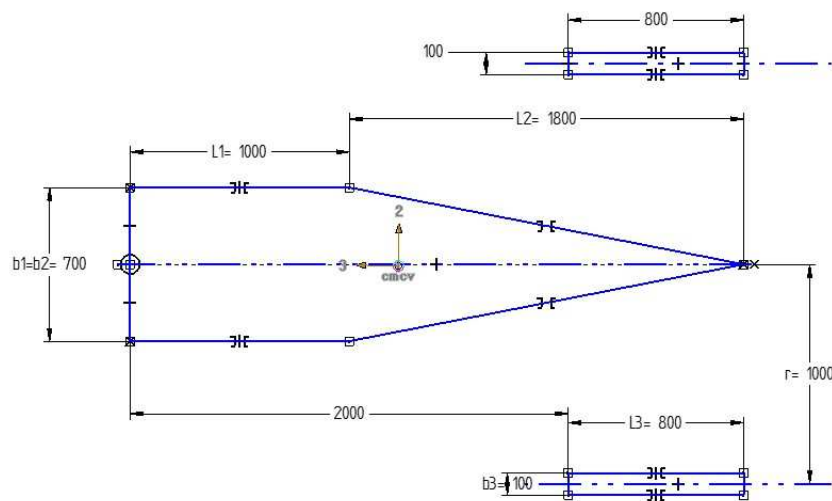
Uppskattningen av metacenterhöjden utgår från följande kända formel:

$$GM_0 = \frac{I_{W_{Ax}}}{\nabla} + KB - KG \quad (1)$$

där $I_{W_{Ax}}$ är flytytans tröghetsmoment, KB displacementstyngdpunkten, KG tyngdpunkten och ∇ massdeplacementet.

Yttröghetsmoment

För beräkning av yttröghetsmomentet används uppskattning av vattenlinjearean enligt figur 1 nedan.



Figur 1: Flytyta

För denna konfiguration uttrycks yttröghetsmomentet med

$$I_{W_{Ax}} = \frac{L_1 b_1^3}{12} + \frac{L_2 b_2^3}{48} + r^2 b_3 L_3 \quad (2)$$

Första och andra termen representerar rektangeln respektive triangeln för huvudskrovet, den tredje anger bidraget från pontonerna. För pontonerna har antagits att nedsänkningen i vattnet sker parallellt eftersom krängningsvinkeln är liten. Vidare har en medelbredd på 180mm antagits.

Tyngdpunkt

Följande uppskattningar ligger bakom beräkning av tyngdpunkt:

	Massa [kg]	Vertikal tyngdpunkt [m]
Aquaped	63	0,4
Motor 4hk	22	0,2
Förare	75	0,7
Bagage	5	0,2
Totalt	165	0,5

Måtten anger avståndet från kölen.

Displacementstyngdpunkt

Om man utgår från vattenlinjearean i figur 1 och antar att den är konstant för olika djupgåenden samt att botten är helt plan så blir djupgåendet i fullastat tillstånd 10,5 cm. Eftersom botten förmodligen kommer vara något V-format, omkring 20 grader, kommer medeldjupgåendet gissningsvis vara 20 cm. Displacementstyngdpunkten hamnar då 15 cm från kölen.

Summering

Summering av ovanstående tre delar visar att Aquapeden är stabil, metacenterhöjden med pontonerna monterade är 1,1 meter. Utan pontoner är det mer kritiskt, i fullastat tillstånd är metacenterhöjden -0,1. Detta lastfall ska dock inte förekomma, pontoner med tillhörande bärplan ska monteras bort endast i syfte att förenkla upptagning och hantering på land. Olastad utan pontoner har Aquapeden en metacenterhöjd på omkring en halv meter.

APFB Ventilation



DAVID ECKERDAL
eckerdal@t.kth.se
070 225 49 56

Kurs: *Marindesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *11/1-2007*
Versionsnummer: *2*
Handledt av:
Granskad av: *IGS*
Nedlagd arbetstid: *3*

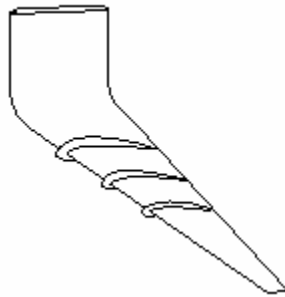
Problemformulering

Syftet med denna rapport är redovisa och föreslå åtgärd för att förhindra att Aquapedens bärplan ventilerar.

Ventilation innebär att luft sugas in på ovansidan av ett bärplan. Detta inträffar mycket lätt för ytskärande bärplan om det inte finns något som hindrar luften från att sugas ner utmed bärplanet. En förutsättning för att ventilation ska kunna inträffa är att trycket på bärplanets ovansida är lägre än lufttrycket vid vattenytan. Lägre tryck ger våldsammare förlopp, luften kan sugas ner utmed bärplanets hela längd. Då detta inträffar går en stor del av lyftkraften förlorad och båtens för sjunker tills bärplanets anfallsvinkel blir så liten att vattnet lägger sig an mot profilen igen. Detta fenomen kan göra att båten stampar kraftigt.

Åtgärd

Det vanligaste sättet att lösa problemet med ventilation är att montera ett så kallat staket. Detta består av ett antal tunna plana plattor monterade med jämna mellanrum utmed bärplanet, se figur 1.



Figur 1: Bärplan med staket.

Materialet i plattorna kan vara någon enklare plast, till exempel akryl. Dessa limmas fast mot bärplanet. Plattornas storlek och antal är svåra att bestämma varför en första uppskattning får göras och vartefter utprovning sker får korrigeringar göras.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
313. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
314. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
315. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
316. Uppnås syftet?	Ja	Ja
317. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	-	
Tekniskt innehåll		
318. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	
319. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	
320. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	
321. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	
322. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	
323. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
324. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
325. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
326. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
327. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
328. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
329. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
330. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	-	
331. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
332. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja

333. Arbetet har utförts i samarbete med : Christian Lindeen och Johan Ruzsits

334. Rapporten är korrekturläst av : Christian Lindeen och Johan Ruzsits

335. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

3

3

336. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Lärandemål som uppfyllts

L3

L6

-

APFB Bärplanens infästning



DAVID ECKERDAL
eckerdal@t.kth.se
070 225 49 56

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *23/1-2006*
Versionsnummer: *2*
Handledt av: *Jakob Kutteneuler*
Granskad av: *CAH*
Nedlagd arbetstid: *15*

Innehåll

Inledning.....	147
Bakre Stöttor	147
Bärplanets infästning.....	148
Främre balkens infästning	148
Bärplanens infästning	148
Pontoner	149
Framtid	149
Referenser.....	150
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring.....	151

Inledning

Denna rapport behandlar infästningen av bärplanen, pontonerna och infästningarna av främre balken och de bakre stöttorna i huvudskrovet.

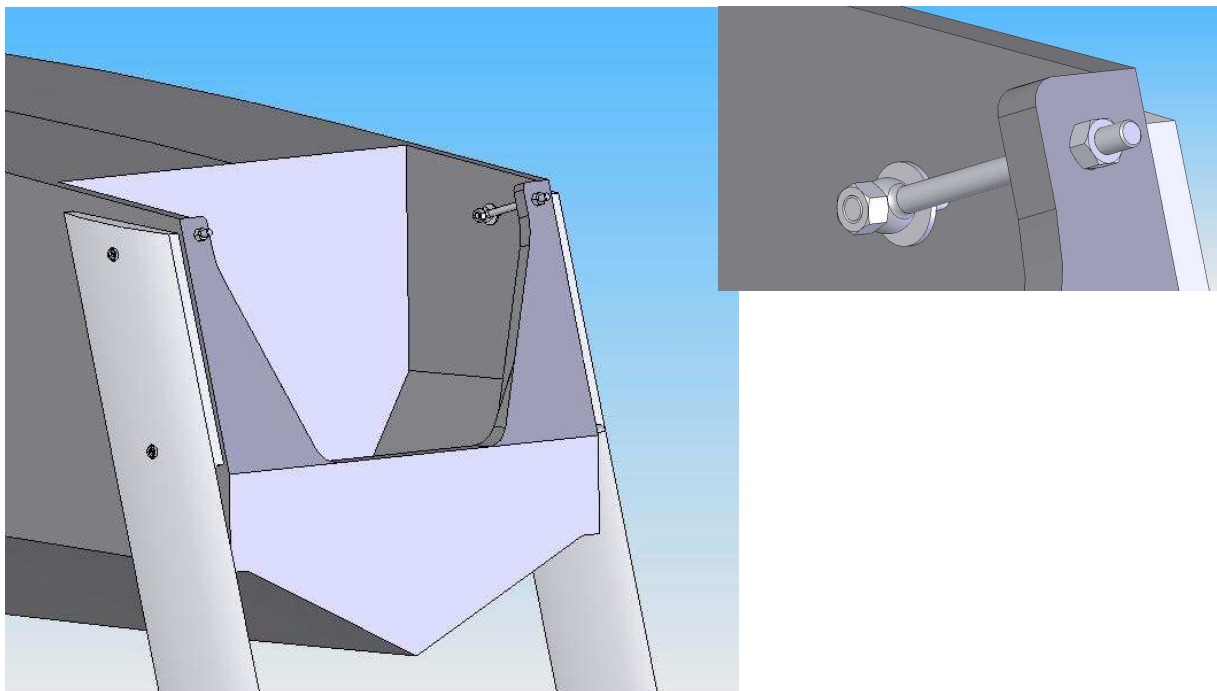
Balken bör kunna demonteras från huvudskrovet och bärplanen bör kunna demonteras från balken. Fördelen med ett sådant arrangemang är att Aquapeden blir mera lätthanterlig, men framförallt att det erbjuder goda inställningsmöjligheter. Noggrannheten vid tillverkningen blir därmed inte lika kritisk. Detta ställer dock krav på infästningen som måste vara tillräckligt kraftig för att klara påfrestningarna och för att inte svikta för mycket. Denna lösning kan också bli något tyngre än om båge och huvudskrov skulle plastas ihop i ett stycke.

De bakre stöttorna bör kunna vridas bakåt/uppåt för att förenkla hantering vid sjösättning och upptagning. Om dessa låses med justerbara fästen kan även anfallsvinkel justeras.

Bakre Stöttor

För att akre bärplanet inte ska störa propellern placeras det en bit framför och under propellern. Som riktklinje används måtten 10 cm under propellern och 30 cm framför. Detta innebär att avståndet från slaget till bärplanet måste vara 65 cm [1]. Stöttorna behöver inte ha någon svepningsvinkel. Om en bakåtsvepning önskas, till exempel av utseendeskäl, måste infästningen i skrovet göras längre föröver.

Vardera stötta har två infästningspunkter på skrovsidorna. Stöttorna ska kunna rotera kring det nedre fästet för att kunna fällas upp ur vattnet. Det övre fästet, som är något justerbart i längsled används för att låsa stöttorna i nedfällt eller uppfällt läge, se principskiss nedan. Förutsatt att skrovsidorna är plana och parallella kan stöttorna ligga an direkt mot skrovet och en mycket god passform kan uppnås.



Figur 2: Infästning av bakre stöttor. De övre hålen i skrovet är avlånga.

Justering görs genom att lossa på de övre skruvarna, justera in rätt vinkel med hjälp av öglebulten och sedan dra åt skruvarna igen. För att fälla upp stöttorna tas de övre skruvarna bort.

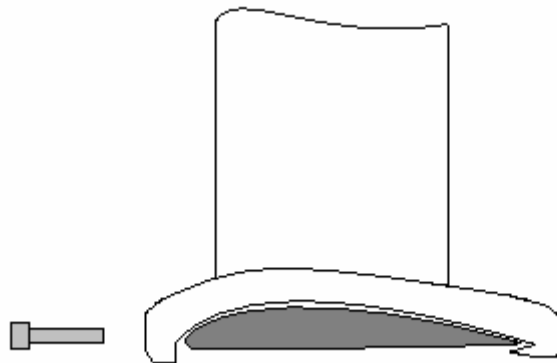
Motorbrunnen kommer att begränsa åtkomst av muttrar på insidan av skrovet. För att förenkla hanteringen kan små plåtar med påsvetsad mutter plastas fast fribordens förstärkningar vid nedre fästet. Detta måste göras innan motorbrunnen plastas fast. För det övre fästet måste hål eventuellt tas upp i motorbrunnen för att möjliggöra åtkomst av muttern. Eventuellt kan muttern svetsas fast i öglebulten vilket gör att man inte behöver hålla emot när man drar åt skruven. Om detta görs måste öglebulten monteras innan motorbrunnen plastas fast.

För att minimera vattenstänk ska stöttorna vara spetsiga både i fram och eventuellt även i bakkant på den del som skär vattenytan.

Stöttorna kan tillverkas av rektangulära aluminiumrör som förses med vass framkant och sedan ytbehandlas. För att skruvarna till infästningen inte ska trycka ihop röret måste hålen förses med distanser. Ett alternativ är att forma stöttorna i divynycell eller balsa och sedan plasta utanpå. Även i detta fall måste infästningspunkterna förstärkas. Fördelen med detta alternativ är den lägre vikten. Ett tredje alternativ kan vara att forma stöttorna ur ett trästycke. Fördelen med trä är att det är lättarbetat och dessutom väldigt billigt.

Bärplanets infästning

Fästet till bärplanet svetsas/plastas fast i stöttan. Bärplanet hakas i fästet i bakkant och låses i rätt läge med hjälp av en skruv i framkant. Princip enligt figur 3.



Figur 3: Infästning av aktre bärplan

Främre balkens infästning

För att minimera tillverkningstiden kan aluminiumrör användas till främre balken. Infästningen i skrovet blir också mycket enkel, ett aluminiumrör med innerdiameter samma som balkens ytterdiameter plastas fast i skrovet. En ca 10 cm lång längsgående slits mitt på röret gör det möjligt att låsa balken med en slangklämma.

Bärplanens infästning

Bärplanens infästning görs enligt samma modell som balkens, dvs ett kortare rör med samma innerdiameter som balkens ytterdiameter. Låsningen sker på samma sätt med slangklämma.

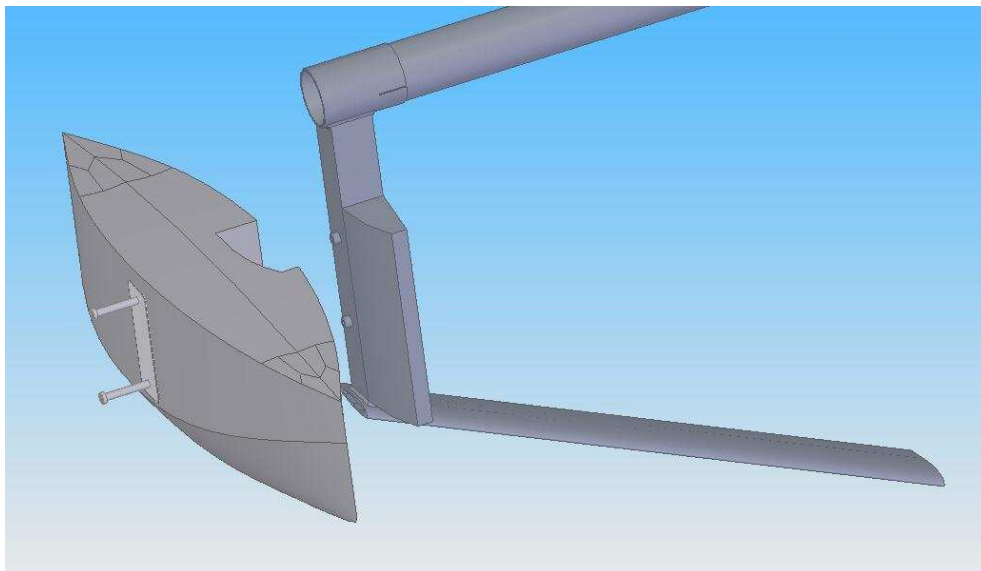
Eftersom bärplanen är gjorda i aluminium görs lämpligen även bärplanets stötta i aluminium. Detta gör det möjligt att svetsa ihop röret, stöttan och bärplanet till en enhet, se figur 4.

Ponton

Pontonerna som är 1 m långa, 0,2 m breda och ca 0,3 m höga formas ur ett cellplastblock, förslagsvis divinycell eller annan cellplast med slutna celler. Pontonernas form bestäms av 3D-modell gjord i programmet Free!ship [3]. Dessa är spetsiga i både fram och bakkant för att göra litet motstånd i deplacerande fart. Då farten ökar ska pontonerna lyftas ur vattnet. Den sammanlagda volymen är ca 60 liter [4].

Om cellplast med hög densitet, dvs hårdare plast används behöver pontonerna inte beläggas med fiberkomposit utan det kan räcka med att spackla och lacka. På detta sätt kan en mycket hög ytfinish uppnås.

Pontonerna skruvas fast i bärplanens stöttor, konstruktionen kan ses i figur 4 nedan.



Figur 4: Principskiss över pontonens infästning.

Avlastningsplattan görs i plywood. I stöttan svetsas ”muttrar” i aluminium fast så att vanlig maskinskruv kan användas för att skruva fast pontonen. Denna konstruktion gör att en eventuell övergång mellan balk och ponton inte behöver bära någon last. Övergångarna tillkommer endast av estetiska skäl och formas även de ur cellplastblock.

Framtid

Vid tillverkning av skrovet måste skrovets styrka och styvhet vid infästningspunkterna beaktas. Alternativt kan förstärkningar göras i efterhand.

Utvärdering av balkens och stöttornas utseende görs med hjälp av KF. Exempelvis kan balken förses med ett yttre skal, infästningarna till stöttorna kan gömmas etc.

Referenser

1. Rockström, J. Sundberg, M. motorbrunn
2. Reutersvärd, F. *APFB Hållfasthetskrav på bärplanen*
3. Free!ship version2.6 copyright 2005, 2006, M v. England
4. Lindberg, U. *Skrovutformning, tyngdpunkt och flytläge*

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
337. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	Ja
338. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	Ja
339. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	Ja
340. Uppnås syftet?	ja	Ja
341. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	Ja
Tekniskt innehåll		
342. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	-
343. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
344. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
345. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
346. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
347. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	Ja
348. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		
Presentation		
349. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
350. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
351. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja
352. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
353. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
354. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	Ja
355. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
356. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	

357. Arbetet har utförts i samarbete med :

358. Rapporten är korrekturläst av : Carl Hagman

359. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

5

5

360. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Lärandemål som jag anser uppfyllts,

L3

L4

L6

L9

-

APFB Dimensionering av bärplanens infästningar



DAVID ECKERDAL
eckerdal@t.kth.se
070 225 49 56

Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>25/1-2007</i>
Versionsnummer:	<i>2</i>
Handledt av:	<i>Stefan Hallström</i>
Granskad av:	<i>CAH</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>30</i>

Sammanfattning

Denna rapport behandlar de balkar och stöttor som bärplanen är fästa i. Totalt omfattas fyra element: bakre stöttor, främre stöttor, balk och infästningsrör. Hållfasthetsanalyser har gjorts för olika profiler och material för varje element. För att göra ett enhetligt uttryck rekommenderas dock att alla delar görs i aluminium. Profilerna som föreslås är

	Tvärsnitt	Dimension [mm]	Längd [mm]
Balk	Runt rör	80 x 77	2200
Infästningsrör	Runt rör	84 x 80	500
	Runt rör	84 x 80	2 x 150
Främre stöttor	Rektangulärt rör	60 x 60 x 2	2 x 650
Bakre stöttor	Kvadratisk rör	70 x 20 x 2	2 x 1300

Balken, infästningsrör och främre stöttor finns i Alutrades lagerlista [2]. Profilen till de bakre stöttorna finns endast på Sapas lista över disponibla verktyg [7].

Innehåll

Problemformulering	156
Främre balk	156
Främre stöttor	157
Bakre stöttor	159
Lokal buckling.....	160
Slutsats	162
Referenser.....	162
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring.....	163

Problemformulering

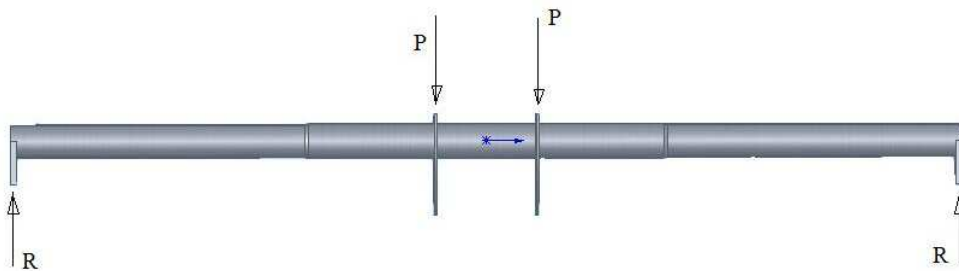
Syftet med denna rapport är att föreslå dimensioner för den främre balken, de två bakre stöttorna samt de främre stöttorna. En enklare hållfasthetsanalys görs för att verifiera att kraven på tillräcklig styrka uppnås.

Den främre infästningen består av två rör där det ena utgör den bärande balken som passas in i det andra röret som är fastplastat i skrovet. Infästningsröret görs i aluminium och balken kan göras antingen i kolfiber eller i aluminium. Förutom krav på utböjning bestäms dimensionerna här även av utseende och av vilka profiler som är tillgängliga.

Stöttorna som håller det akre bärplanet kan antingen tillverkas av trä eller aluminium. Då aluminium används kan lokalbucklingen bli ett problem. Därför görs också i denna rapport en enklare utredning angående den problematiken.

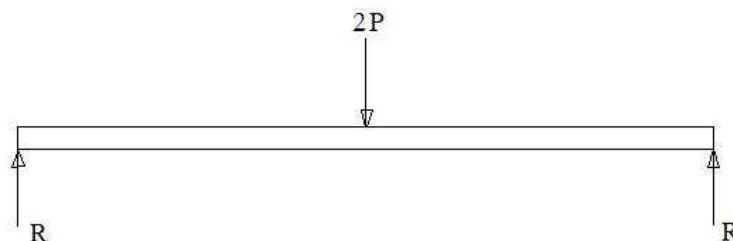
Främre balk

Det lastfall som bedöms vara mest kritiskt uppstår då man kliver ombord på Aquapeden. I flygande mod uppstår förutom en lyftkraft på upp till 400N även ett moment från bärplanen som strävar efter att böja balken nedåt. Utböjning såväl som vinkeländring blir därför mycket liten i ändarna.



Figur 1: Lastfall

Pontonernas volym på max 30 liter vardera sätter kraften R till 300 N. För beräkning av utböjning approximeras balken och lastfallet i figur 1 med elementarfallet i figur 2 [1].



Figur 2: Förenklad balk

Utböjningen ges av

$$\delta(0,5L) = \frac{2PL^3}{3EI} \quad (1)$$

där L är balkens längd, 2,65 m. E-modulen är för aluminium 70 GPa och för kolfiberrör 100 GPa. Det bör påpekas att det finns olika varianter av kolfiberrör med E-modul upp till ca 200 GPa. Yttröghetsmomentet för ett cirkulärt tvärsnitt ges av

$$I = \pi a^3 t \quad (2)$$

där a är medelradien och t godstjockleken. I tabell 1 redovisas deformationen av ett antal balkar. Lämpliga infästningsrör samt respektive kombinations vikt visas också.

Nr	Infästning Dy * Di [mm]	Balk Dy * Di [mm]	Balkens utböjning [mm]	Vikt [kg]
1	60 x 57	57 x 53	25	3,07
2	84 x 80	80 x 77	12	3,76
3	84 x 80	80 x 76	9	4,85
4	60 x 54	54 x 50	30	3,49
5	65 x 60	60 x 54 k	15	3,17
6	106 x 100	100 x 96 k	5	5,01

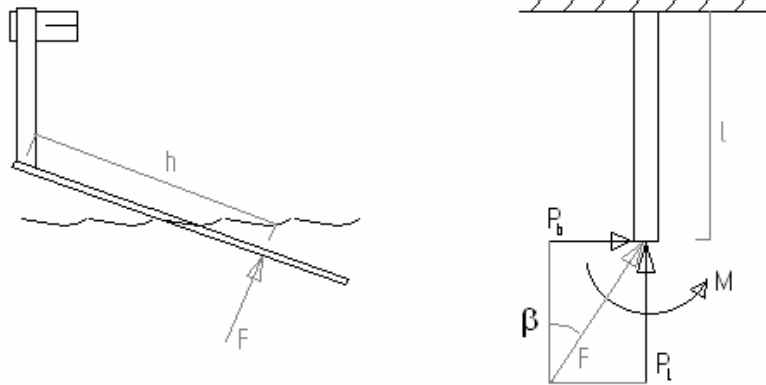
Tabell 1: Dimensioner och vikt för respektive kombination. *k* betecknar kolfiberrör.

Viktsuppskattningen bygger på data från tillverkare [2], [3]. Vikten är beräknad för ett infästningsrör med 500 mm längd, balk med längden 2650 mm och de två 150 mm korta rör som håller fast bärplanets stöttor.

Med avseende på styvhet och vikt är kolfiberrör att föredra. Om man istället ser ur ett miljöperspektiv är förmodligen aluminiumrör bättre eftersom det är lättare att återvinna. Kostnadseffektivitet är ytterligare en fördel för aluminiumet. Generellt rekommenderas rör med stor diameter på grund av bättre förhållande mellan styvhet och vikt. Samtidigt får godstjockleken inte bli för liten eftersom det krävs en säkerhetsmarginal mot att röret knäcks vid till exempel kraschlandningar. Om passningen mellan infästningsröret och balken är dålig kommer balken att utsättas för en punktkraft där infästningsröret slutar. Detta går att hantera med beräkningar men värdet av dessa blir högst tveksamt eftersom de ingående parametrarna är svåra att storleksbestämma. Alternativen 2, 3, 6 och möjligen 5 bedöms vara bra i Aquapedens fall.

Främre stöttor

Eftersom de främre stöttorna sitter längst ut på bärplanet måste dessa dels ta upp lyftkraften, dels klara momentet som blir från bärplanet. Dessa kommer att utsättas för störst belastning då Aquapeden flyger. Belastningen som stöttan utsätts för illustreras i figur 3.



Figur 3: Lastfall för främre stötta.

Kraften P_l sätts till 400 N och β till 15 grader vilket ger $P_b = P_l \cdot \tan \beta = 110$ N. Momentet blir

$$M = \frac{P_l}{\cos \beta} \cdot h = \frac{400}{\cos 15} \cdot 0,8 \approx 330 \text{ Nm} \quad (3)$$

Deformation respektive vinkeländring ges av

$$\delta = \frac{P_b l^3}{3EI} + \frac{M \cdot l^2}{2EI} \quad (4)$$

$$\theta = \frac{P_b l^2}{2EI} + \frac{M \cdot l}{EI} \quad (5)$$

Yttroghetsmomentet för ett tunnväggigt rektangulärt tvärsnitt med konstant tjocklek skrivs

$$I = \frac{th^3}{6} + \frac{1}{2}tbh^2 \quad (6)$$

Förutom beräkning av utböjning och vinkeländring måste även kontroll ske av maximala spänningen i balken så att denna inte överstiger den kritiska spänningen för lokal buckling. Den största spänningen i profilen ges av sambandet [1]

$$\sigma_{\max} = \frac{P_l}{A} + \frac{M_{\text{tot}}}{I_z} z_{\max} \quad (7)$$

där A är tvärsnittsarean och z_{\max} är halva profilens bredd. M_{tot} är det totala momentet vid övre infästningen, dvs $M + P_b \cdot l$. Den kritiska spänningen, vilken ska jämföras med σ_{\max} erhålls av

$$\sigma_{cr} = kE \left(\frac{t}{b} \right)^2 \quad (8)$$

där k är en konstant $= 3,6$ [6], t tjockleken i den aktuella delen av tvärsnittet och b bredden. I tabell 2 listas dimensioner och egenskaper för några profiler.

Nr	1	2	3	4
Bredd [mm]	100	80	70	60
Höjd [mm]	60	80	50	60
Tjocklek [mm]	2	2	2	2
Vikt [kg]	2,18	2,20	1,63	1,63
Utböjn. [mm]	2,6	1,7	5,3	4,0
Vinkeländr. [°]	0,45	0,28	0,90	0,68
σ_{cr} [MPa]	101	157	206	280
σ_{max} [MPa]	28	24	47	43

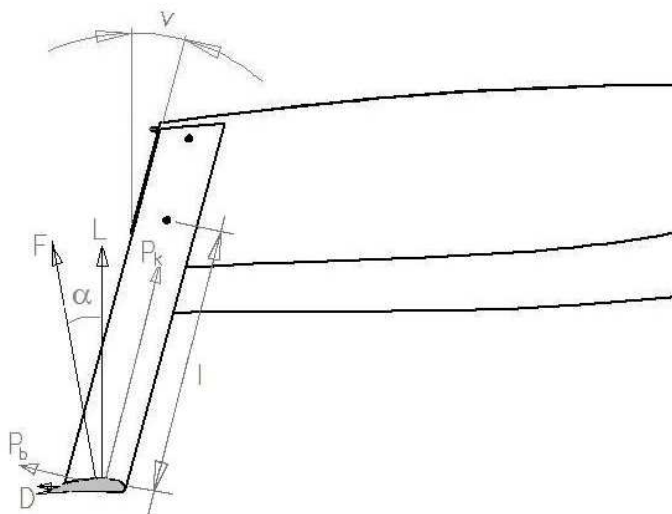
Tabell 2: Egenskaper för några olika profiler.

Viktsuppskattningen avser total vikt för 650 mm långa stöttor.

Om hänsyn endast tas till lastfallet är det bäst att montera en rektangulär stötta med långsidan i färdriktningen, dock är det en nackdel med stor frontarea. För att minimera motståndet då stöttorna sticker ner i vattnet kan en strömlinjeformad framkant limmas på stöttan. Alternativ 4 är fullt tillräckligt för användning på Aquapeden.

Bakre stöttor

Belastningen på stöttorna beror av svepningsvinkeln. Oavsett vinkeln ska dock varje stötta klara en vertikal kraft på 600 N och en horisontell, bakåtriktad kraft på 60 N från bärplanet, se figur 4. Dessutom tillkommer en bakåtriktad kraft från stöttans eget motstånd. Stöttorna måste också klara den snedanströmning som uppstår i kraftiga girar.



Figur4: Krafter på bakre stötta.

Knäckkraften P_k ges av sambandet

$$P_k = \frac{L}{\cos \alpha} \cos(\alpha - v) \quad (9)$$

Där L är lyftkraften, 600 N och v svepningsvinkeln. Denna definieras som negativ för bakåtsvepta stöttor. P_k har ett maxvärde där $\alpha = v$. Kraften P_b blir

$$P_b = \frac{L}{\cos \alpha} \sin(\alpha - \nu) \quad (10)$$

Eftersom knäckkraften nu är känd kan ett minsta nödvändigt yttröghetsmoment lätt beräknas.

$$I_{\min} = \frac{4P_k l^2}{\pi^2 E} \quad (11)$$

där l är avståndet från bärplanet till nedre fästet, här 650 mm. Om aluminium används till stöttorna blir I_{\min} cirka $1,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$. Om istället furu används, som har en E-modul på 12 GPa, blir det minsta yttröghetsmomentet $8,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$. Nedan listas egenskaper för några aluminiumprofiler samt en träprofil.

Nr	Bredd x höjd x gods [mm]	Vikt kg	$I_z \cdot 10^{-8} [\text{m}^4]$	$I_y \cdot 10^{-8} [\text{m}^4]$
1	70 x 15 x 1,75	1,98	1,47	16,44
2	80 x 20 x 2	2,68	3,46	29,87
3	90 x 18,5 x 2	3,04	3,29	39,28
4	110 x 20 (furu)	2,96	7,33	221,83

Tabell 3: Egenskaper för material till stöttor

Vikten avser endast profilen, eftersom stöttorna ska förses med vass framkant ökar vikten något. Tabell 2 visar också att yttröghetsmomentet ligger mellan 9 och 20 gånger högre än minsta tillåtna. En viktig aspekt i sammanhanget är att knäckkraften inte är den enda förekommande kraften, speciellt om stöttorna sveps bakåt uppstår även böjkrafter.

Lokal buckling

Då aluminiumprofiler används måste även lokalbuckling beaktas. Nedan görs beräkningar för profilerna i tabell 3. Resultat och delresultat presenteras i tabell 4. I exemplet har stöttan ingen svepning alls. Krafterna P_k och P_b ges av ekv 9 respektive 10. Anfallsvinkeln är cirka 0 grader.

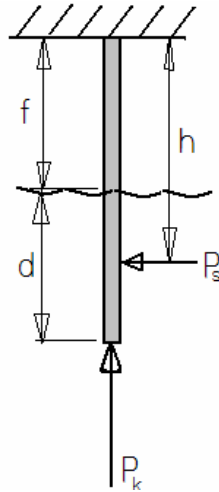
$$P_k = 600 \text{ N}$$

$$P_b = 0,1L = 60 \text{ N}$$

Eftersom stöttan är svagast i tvärskeppsriktningen görs beräkningarna för denna riktning. Sidkraften som uppstår vid sned anströmning ges av

$$P_s = \frac{1}{2} \rho v^2 A_p C_D \quad (12)$$

där ρ är vattnets densitet, v strömningshastigheten i tvärskeppsriktningen, här 8 knop. A_p är våta projicerade arean vinkelrätt mot strömningsriktningen, alltså djupet gånger profilens bredd plus 3 cm för spetsig framkant. C_D är motståndskoefficienten som för en platta är 1,18 [4]. Problemet kan beskrivas med figur 4:



Figur 5: Förenklad bakre stötta sedd framifrån.

Stötten kan modelleras som fast inspänd under förutsättning att området vid infästningarna förstärks. Längden på balken i figur 5 blir alltså samma som avståndet från bärplanet till punkten där förstyvningen börjar. Det är i denna punkt som de största spänningarna uppstår.

Avståndet h sätts i exemplet till 0,45 m eftersom avståndet från slaget till vattenytan är ca 25 cm och avståndet vattenytan till bärplanet ca 40 cm [5]. M är momentet $h \cdot P_s$. Ekvationerna 7 och 8 används för att bestämma största och kritiska spänningen.

Profil nr	1	2	3
A_p [cm ²]	460	506	552
P_s [N]	378	415	453
A [mm ²]	298	400	434
σ_{\max} [MPa]	101	64	67
σ_{cr} [MPa]	157	157	124

Tabell 4: Data för aluminiumprofiler.

Alla profiler klarar belastningsfallet i figur 5 även om säkerhetsmarginalen kan tyckas vara väl låg. Kraften P_s är dock förmodligen något överdriven, men å andra sidan är inte kraften P_b medtagen i beräkningarna. P_b kommer att bidra till högre spänningar i balken men kraften verkar åt det håll där balken är som starkast.

Slutsats

Hållfasthetsanalyserna gjorda här bygger på stora approximationer. Dimensioneringen är endast gjord för statiska krafter eftersom dynamiska förlopp och chocklaster är svåra att modellera. Därför rekommenderas profiler som har en relativt hög säkerhetsmarginal. Tabell 6 innehåller en sammanställning över rekommenderade profiler.

	Tvärsnitt	Dimension [mm]	Längd [mm]
Balk	Runt rör	80 x 77	2650
Infästningsrör	Runt rör	84 x 80	500
	Runt rör	84 x 80	2 x 150
Främre stöttor	Kvadratisk rör	60 x 60 x 2	2 x 650
Bakre stöttor	Rektangulärt rör	70 x 15 x 1,75	2 x 1300

Tabell 6: Rekommenderade profiler.

Referenser

1. *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära* KTH 2005
2. Alutrade: www.alutrade.se
3. Exel: www.exel.fi
4. Kutteneuler, J. *Segling, så funkar det*, 2006
5. Eckerdal, D. *APFB Bärplanens infästning*
6. Zenkert, D. *Plate Theory 2:nd edition*, 2006
7. Sapa: www.sapa.se

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

<i>Generellt intryck</i>	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
361. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
362. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
363. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
364. Uppnås syftet?	Ja	Ja
365. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
<i>Tekniskt innehåll</i>		
366. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
367. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
368. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
369. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
370. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
371. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
372. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
<i>Presentation</i>		
373. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
374. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
375. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
376. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
377. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
378. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
379. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
<i>Övrigt</i>		
380. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	ja

381. Arbetet har utförts i samarbete med :		
382. Rapporten är korrekturläst av : Carl Hagman		
383. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	5
384. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc): Lärandemål som jag anser uppfyllts, L3 L4 L5 L6 L7 L9		-

Placering av aktre bärplan relativt motor



MARCUS THOR
marcuth@kth.se
073-9244493

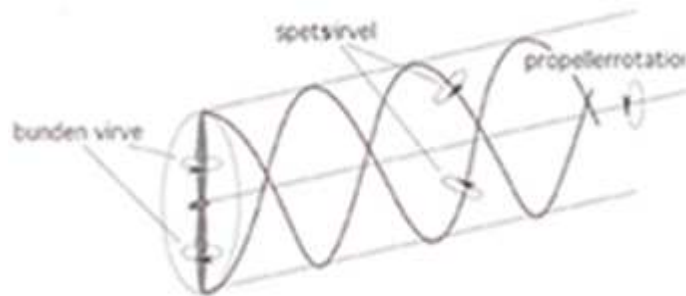
Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *8/11-2006*
Versionsnummer: *1.1*
Handledt av: *Jakob Kuttikenler*
Nedlagd arbetstid: *7 timmar*
Granskad av: *David Eckerdal*

Problemformulering

Med denna rapport ges en utredning av var motorn/propellern bör eller inte bör placeras i förhållande till aktre bärplan. Först utreds kortfattat och förenklat hur strömningen ser ut nedströms om en roterande propeller. Sedan utreds för- och nackdelar med olika placeringar av propeller kontra bärplan.

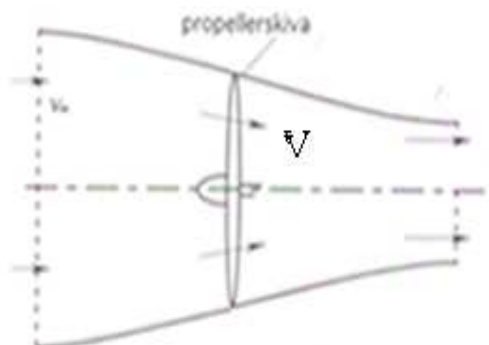
Analys

Strömningen nedströms om en roterande propeller innehåller mycket virvlar. Figur 1 nedan visar ett förenklat, principiellt utseende hos denna strömning. Närmare beräkningar på detta anses vara för tidskrävande.



Figur 1. [1] Förenklat virvelsystem för en tvåbladig propeller [1]

För att få en approximativ idé om storleken på diametern hos denna virvlande strömning kan man (med vissa antaganden ej nämnda, se [1] sid 17f) tänka sig ett strömrör som begränsas av propellerdiametern där randen utgörs av strömlinjer, se figur 2. Metoden kommer från Froude ('Froude's momentum theory', [3],[4]) där propellern ses som en oändligt tunn skiva. Varje tvärsnittsarea har lika stort massflöde igenom sig eftersom randen utgörs av strömlinjer. Tvärsnittsarean kommer att minska nedströms om propellern p g a antagandet om att kontinuitet gäller, dvs. nedströms där vattnet har en högre hastighet så måste arean minska för att samma massflöde skall bibehållas. Detta illustreras i figur 2.



Figur 2. [1] Area hos strömröret. $v_{\text{nedströms}} > V_{\infty}$

- 1. Aktre bärplan nedströms om propeller.

Från figur 2 ses att diametern på denna virvlande strömning nedströms om propellern är mindre än propellerns diameter. Detta är dock utifrån metoder som innefattar en del förenklingar, som nämnt ovan. Dessa virvlar kommer att sprida sig utåt något mer än figur 2 illustrerar i verkligheten p g a viskösa effekter m.m.. Här anses att bärplanen ej bör placeras inom detta virvlande strömningsrör nedströms om propellern. Detta kan medföra vibrationer på aktre bärplan som kan märkas hos hela Aquapeden då denna är väldigt lätt. För att vara på den säkra sidan anses bärplanets placering vara utanför en tänkt cirkelarea med origo i propelleraxeln direkt nedströms om propellern med diameter som överstiger propellerdiametern med 10 %.

(Anm. Det kan tänkas, vid val av ett mjukt material hos det aktre bärplanet, att dessa vibrationer inte fortplantar sig till resten av båten. I sådana fall kan det vara en fördel att ha bärplanet i detta strömrör. Detta fall bör undersökas närmare i så fall.)

- 2. Propeller nedströms om aktre bärplan.

Vattnet som strömmar in till propellern skall helst vara jämnt och turbulensfritt för att ge minimum av vibrationer [2]. Så länge inte anfallsvinkeln blir så stor så att bärplanen ”stallar” så anses strömningen nedströms om aktre bärplanet inte vara tillräckligt turbulent för att medföra stora vibrationer då propellern placeras där. Dock så kan det tänkas att om propellern ligger nedströms om bärplanet och i den vak (område med lägre hastigheter) som bildas här så kan propellerbladen uppleva olika anfallsvinklar under rotation vilket kan medföra vibrationer. För att vara säker på detta krävs djupare beräkningar/modellering av strömning kring aktuellt bärplan. P g a resonemang ovan anses att propellern ej bör placeras direkt nedströms om bärplanen.

- 3. Propeller på samma rigg som bärplan.

Ur strömningssynpunkt anses detta alternativ vara ok. Det kan tänkas att motorriggen förlängs nedanför propelleraxeln för sedan infästning av bärplan. Detta alternativ kommer nog dock medföra komplikationer vid byggandet. Dessutom så har ju diskuterats att motorn kommer att behöva sänkas ner vid högre farter då Aquapeden går upp på bärplanen. Då detta alternativ medför att motorriggen kommer att få en kraftig uppåtriktad kraft från bärplanen vid högre farter, då den behöver sänkas, medför stora komplikationer. Denna uppåtriktade kraft kommer med största sannolikhet att vara större än motorns tyngd. Om inte motorinfästning görs sänkbar och ej förlängning av motorrigg sker, så behövs antagligen motorn ligga under vattenlinjen vid stillastående. Detta medför att en inkapsling av motorn på något sätt behöver göras. Detta bör i så fall tittas närmare på. Vad som kan sägas är att detta medför komplikationer i byggandet och större framdrivningsmotstånd.

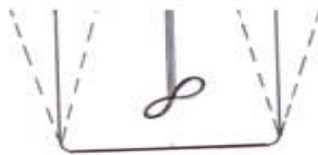
- 4. Aktre bärplan – fäst med en rigg, skiljd från motorrigg.

Baserat på resonemang ovan i punkt 1 och 2, samt det faktum att både motorrigg och bärplansrigg bör placeras längs mittskeppslinjen, gör att propellern resp. bärplanet bör placeras på olika djup. Detta utifrån antagandet att ett horisontellt bärplan används. Då motorn antagligen behöver höjas och sänkas och inte bör ligga på samma djup som bärplanet, samt det faktum att motorriggen är relativt kort, medför att bärplanet, vid detta alternativ, bör placeras djupare än propellerns djupaste läge. Komplikationer med detta alternativ kan tänkas vara, eftersom de två riggarna faktiskt måste skiljas åt något i längdskeppsled, att en liten utbyggnad vid aktern på Aquapeden kommer att behövas, alternativt att bärplansriggen fästs på undersida av skrovet. Att fästa bärplansriggen på undersidan av skrovet skall dock

komplisera demonteringen av denna del väldigt, då Aquapeden måste lyftas upp innan denna del alltså kan tas bort.

- 5. Aktre bärplan- fäst med två riggar, skiljt från motorrigg.

Med detta alternativ menas att det horisontella bärplanet är fäst på båda sidor med vertikala riggar, alternativt något vinklade riggar om det visar sig att det behövs längre eller kortare bärplan än båtens bredd, se figur 3 nedan. Motorriggen är placerad mittmellan dessa och bärplanets djupläge är lägre än största djup för propellern. Detta alternativ anses vara det klart enklaste att bygga. Även demontering av aktre bärplan bör kunna åstadkommas relativt enkelt. Nackdelen med detta alternativ blir att framdrivningsmotståndet från riggarna blir något större än vissa övriga fall då tre riggar går ner i vattnet nu. Dock så anses vissa negativa ändeffekter för ett horisontellt bärplan med fria ändar elimineras. De vortex som kan bildas ute vid änden som virvlar upp vatten från undersida till översida där trycket är lägre anses kunna försvinna med detta alternativ. Detta bör kunna öka lyftkraften och dämpa framdrivningsmotstånd, i alla fall under anfallsvinkel. Om framdrivningsmotståndet, vid minskning av detta, visar sig vara övervinnligt anses detta alternativ som det bästa med tanke på enkelhet vid byggande, demontering av både motor och bärplan, samt möjlighet att placera propeller respektive bärplan utanför de områden relativt varandra som nämns som icke lämpliga under punkt 2 och 3.



Figur 3 Aktre bärplan – fäst med två riggar, skiljt från motorrigg (sett akterifrån)

Slutsats

Alternativ som anses mest lämplig är alternativ under punkt 5. Aktre bärplan – fäst med två riggar, skiljt från motorrigg. Framförallt eftersom byggandet förenklas. Bärplan bör placeras så att det inte hamnar direkt nedströms om propellern inom en tänkt cirkelarea med diameter $1.1 \times \text{propellerdiameter}$ med origo i propelleraxeln, se punkt 1. Bärplan bör inte heller placeras direkt uppströms om propellern, se punkt 2. Alltså bör bärplanet placeras något djupare än största djup för propellern.

Kan tänkas att bärplan kan, och dessutom med fördel, placeras nedströms om propellern, men då måste en mjukt material användas för bärplanen och detta måste då utredas mer noggrant. Se punkt 1.

Referenser

5. Propellrar. Föreläsninganteckningar i kursen 4E1401 Marinteknik. Jakob Kutteneuler. Stockholm 2/4-2005
6. www.tescon.if Tescon Marine, Propeller Information

7. Solar Aircraft Project. Propellerteori, Subtask 4, 22/5-01, Josef Aranki, Hans Sipilä, Gustav Sundström, KTH.
8. http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/05-06/marine_renewables/technology/Froude.htm
Marine Current Resource and Technology Methodology'

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
385. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	
386. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	
387. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	
388. Uppnås syftet?	ja	
389. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	

Tekniskt innehåll

390. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	
391. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?		
392. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?		
393. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?		
394. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?		
395. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	
396. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		

Presentation

397. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	ja	
398. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering		
399. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	ja	
400. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	ja	
401. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	
402. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?		
403. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?		

Övrigt

404. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
405. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
406. Rapporten är korrekturläst av : _____ David Eckerdal _____		-
407. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		

FEM-analys av däck



ANDREI TCHERNOV
tchernov@kth.se
0735735974



Kurs: *Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *25/01-2007*
Versionsnummer: *0.7*
Handlett av:
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *14*

Sammanfattning

I den här rapporten presenteras en hållförsök av Aquapedens däck. Eftersom konstruktionen är ganska svår att räkna på analytiskt samtidigt som den är relativt enkel att modellera i Ansys genomförs endast en FEM-analys. Ett antal olika lösningar på konstruktionen har analyserats med hjälp av Ansys, bland annat ett plant och ett krökt enkellaminat samt en sandwichkonstruktion med olika tjocklekar. Det visade sig att sandwich med tjockleken 1/10/1 mm är den bästa lösningen för problemet.

Lösning

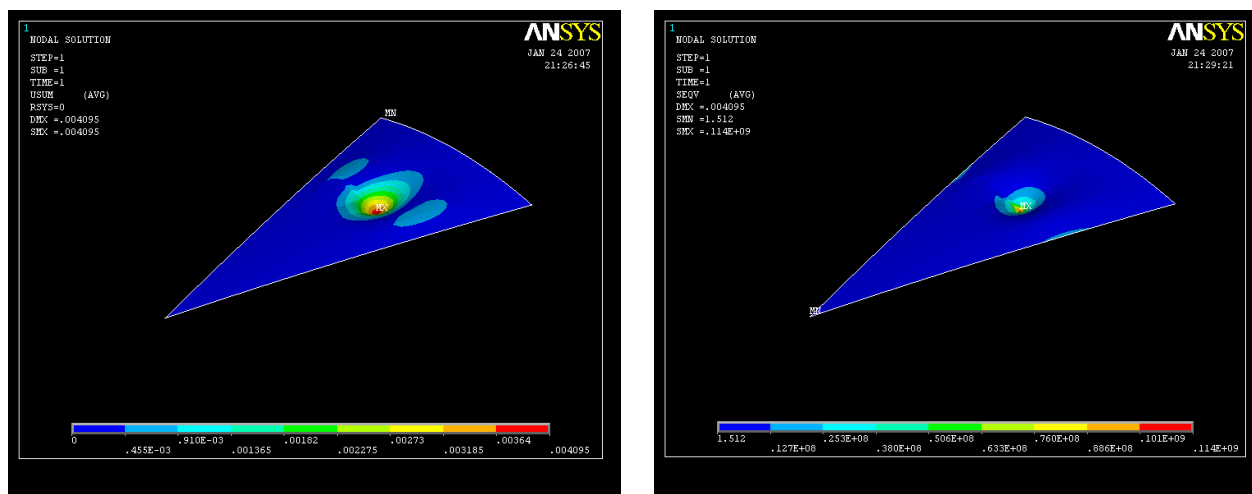
Däcket har modellerats dels med en krökt och dels med en plan skalmodell med olika reella konstanter (tjocklekar) samt en sandwichkonstruktion med olika tjocklekar.

Plant laminat med tjockleken 5 mm

Däckets geometri har approximerats till en triangel och skrivits in i Ansys med mått 1450x700mm. Tjockleken av elementen valdes till 5 mm. Ett antagande för E-modulen samt Poissons tal gjordes då fibrerna i laminatet har uppläggningssekvensen [0/60/-60]. Materialkonstanterna approximerades enligt ekv 1.

$$\begin{aligned} E_1 = E_2 &= 2 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \\ \nu_1 = \nu_2 &= 0.3 \end{aligned} \quad (1)$$

En yta med måtten 100x200 mm har modellerats för att beskriva en användarens sko. Vidare ansåts ett tryck på den arean som representerar den huvudsakliga belastningen i systemet. Randvillkoren sattes enligt följande: förskjutningarna på alla sidor har satts till noll samt att alla rotationer tillåts. Ett tryck på 50 kPa ansåts på den rektangulära arean. Resultaten nedan erhöles, se figur 1.



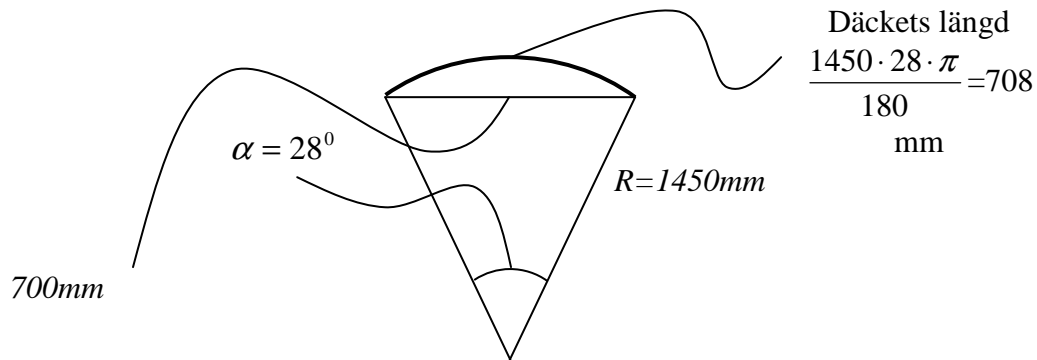
Figur 1. Figuren visar förskjutningar (till vänster) samt spänningar (till höger) i däckets med 5 mm tjockt laminat

Den maximala nedböjningen är 28 mm vilket anses vara mycket högt. Den maximala spänningen är ca 61 MPa, vilket är under maxgränsen 100 MPa [1]. För att nedböjningen skall vara acceptabel bör tjockleken på materialet ökas till några centimeter, vilket är ur viktsynpunkt väldigt dåligt.

Därför anses det att det vore lämpligt att använda en annan konstruktion, t.ex en krökt yta istället för plan.

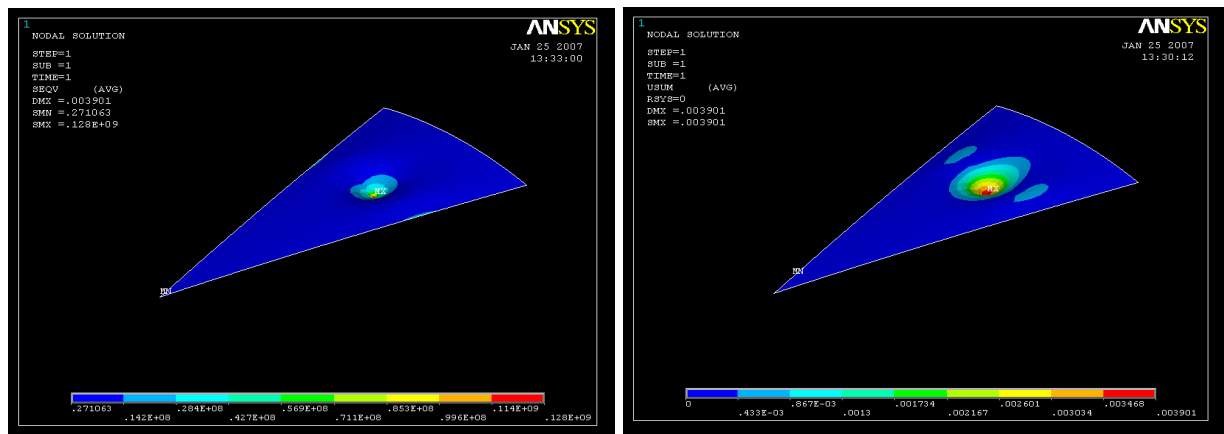
Krökt laminat med tjockleken 4 mm

Däcket konstruktion kröks runt längsaxeln så att krökningsradien blir ca 1450 mm och dess bredd blir 700 mm, se figur 2



Figur 2. Skiss över däckets konstruktion med dimensioner och storheter införda

Den här gången användes polära koordinater för att modellera geometrin. Tjockleken av elementen valdes till 4 mm. Materialkonstanterna valdes enligt ekv 1. Randvillkoren sattes enligt följande: förskjutningarna på alla sidor har satts till noll samt att alla rotationer tillåts. En punktkraft på 1000N ansätts på en en nod belägen i däckets masscentrum, dvs där konstruktionen är som svagast. Problemet löstes i Ansys och dessa resultat erhöles, se figur 2.

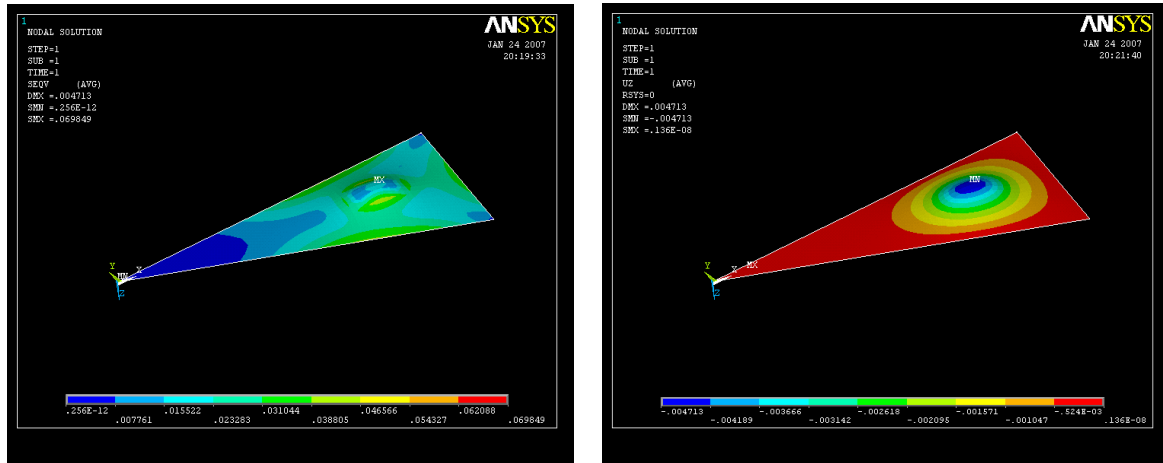


Figur 3. Figuren visar förskjutningar (till vänster) samt spänningar (till höger) i däck med 3mm tjockt krökt laminat

Den maximala förskjutningen är 4 mm vilket är av storleksordningen faktor 7 mindre än i det första fallet. Den maximala spänningen är 110 MPa, vilket är en lite över maxgränsen 100 MPa [1]. För att minska spänningen skulle det kunna tänkas att antingen tjockleken på materialet kunde ökas, vilket skulle i sin tur öka vikten. Det kan även tänkas att krökningsradien minskas, dvs däcket blir mer krökt och på så sätt minskas nedböjningen. En tredje variant är att använda en sandwichkonstruktion.

Sandwich 1/20/1mm

Elementet SHELL91 används eftersom det finns möjlighet att tillämpa sandwich-teori. Kärnmaterialiet som används är divinycellplast med elasticitetsmodulen $E=80\text{MPa}$ [2]. Tjockleken för toppskickten är 1 mm och 20 mm mellanmaterial. En skalmodell tas fram med hjälp av keypoints och som sedan sätts ihop till areor. En yta med måtten $0.1 \times 0.2\text{m}$ har modellerats för att beskriva en användarens sko. Vidare ansätts ett tryck på den arean som representerar den huvudsakliga belastningen i systemet. Randvillkoren sattes enligt följande: förskjutningarna på alla sidor har satts till noll samt att alla rotationer tillåts. Ett tryck på 50 kPa ansätts på den rektangulära arean. Resultaten nedan erhöles, se figur 4.

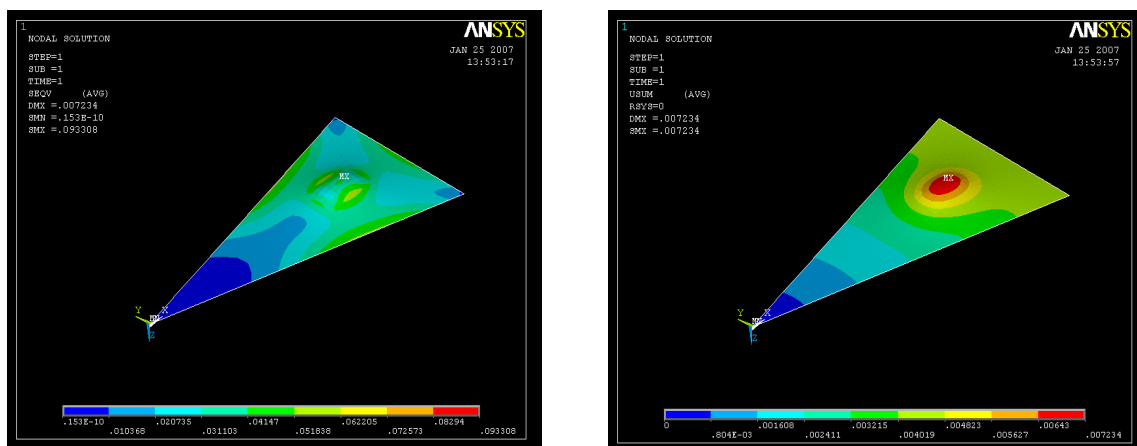


Figur 4. Figuren visar förskjutningar (till vänster) samt spännningar (till höger) i däck med

Den maximala förskjutningen är 0.005 mm vilket är betydligt mindre jämfört med de första fallen. Den maximala spänningen är 60 MPa, vilket är under maxgränsen 100 MPa [1]. Eftersom kärnmaterialiet är relativt dyrt och värden för förskjutningar samt spänningar är långt ifrån maxvärdet anses det vara lämpligt att minska tjockleken på kärnmaterialiet.

Sandwich 1/15/1 mm

Modellen utförs på samma sätt där endast tjockleken på mellanmaterialiet minskas till 15 mm. Resultaten som erhöles ses i figur 5.



Figur 5. Figuren visar förskjutningar (till vänster) samt spänningar (till höger) i däck med

Den maximala förskjutningen är 0.007 mm vilket är ännu mindre jämfört med det sista fallet. Den maximala spänningen är 93 MPa, vilket är strax under maxgränsen 100 MPa [1].

Slutsats

FEM-analysen visade att det är lämpligt vid tillverkning av däck att använda en sandwichplatta med tjocklek 1/15/1 mm. För att öka styvheten ytterligare kan plattan även krökas, men eftersom det inte verkar vara dimensionerande i det här fallet kan man bortse från det. Det värdet på styvheten kan minskas ännu mer om man använder förstävningar. Nackdelen med sandwich är dock att laminatet blir känsligt vid punktlaster. Då kan det helt enkelt uppstå hål i däck, vilket inte är önskvärt.

Rekommendationer

Det som skulle kunna göras för att minska punkteringsrisken skulle kunna vara ökning av tjockleken på det översta täcksiktet, vilket skulle leda till ökad vikt.

Referenser

- [1] Handbok och formelsamling i hållfasthetslära
- [2] http://www.diabgroup.com/europe/literature/e_pdf_files/ds_pdf/HP_DS_EU.pdf

Appendix (ansys input-filer)

Skalmodell

```
/
NOPR ! Suppress printing of UNDO process
/PMACRO ! Echo following commands to log
FINISH ! Make sure we are at BEGIN level
/CLEAR,NOSTART ! Clear model since no SAVE found
! WE SUGGEST YOU REMOVE THIS LINE AND THE FOLLOWING STARTUP LINES
/input,start100,ans,'D:\Program Files\Ansys Inc\v100\ANSYS\apdl\',,,,,,,,,,,,,,1
/PREP7
K, ,0,0,0,
K, ,120,-50,0,
K, ,120,50,0,
/REPLOT,RESIZE
FLST,2,3,3
FITEM,2,1
FITEM,2,3
FITEM,2,2
A,P51X
K, ,80,5,,
K, ,80,-5,,
K, ,100,-5,,
K, ,100,5,,
FLST,2,4,3
FITEM,2,4
FITEM,2,7
FITEM,2,6
FITEM,2,5
A,P51X
APLOT
FLST,2,2,5,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
AOVLAP,P51X

!*
ET,1,SHELL63
!*
!*
R,1,0.4, , , , , ,
RMORE, , , ,
RMORE
RMORE, ,
!*
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,7e10

MPDATA,PRXY,1,,0.3
!*****mesh*****
SMRT,6
MSHAPE,0,2D
MSHKEY,0
!*
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,2
FITEM,5,-3
CM,_Y,AREA
ASEL, , , ,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
FINISH
/SOL
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,UX,0
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,UY,0
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,UZ,0
FLST,2,1,5,ORDE,1
FITEM,2,2
/GO
!*
SFA,P51X, ,PRES,50000
solve
)/GOP ! Resume printing after UNDO process
```


Krökt skalmodell

```
/NOPR
/PMACRO
FINISH
/CLEAR,NOSTART
/input,start100,ans,'D:\Program
Files\Ansys
Inc\v100\ANSYS\apdl\',',,,,,,,,,,,,,
,,1
/PREP7
!*
ET,1,SHELL63
R,1,0.004,,,,,
RMORE,,,,
RMORE
RMORE,,
!*
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,15e9
MPDATA,PRXY,1,,0.3
CSYS,1
K,1,1.2,60,0,
K,2,1.2,90,0,
K,3,1.2,120,0,
K,4,1.2,90,1.2,
K,5,1.2,90,0.4,
/VIEW,1,1,1,1
FLST,2,4,3
FITEM,2,4
FITEM,2,5
FITEM,2,2
FITEM,2,3
A,P51X
FLST,2,4,3
FITEM,2,4
FITEM,2,5
FITEM,2,2
FITEM,2,1
A,P51X
aplot

!*****mesh*****

SMRT,6
```

```
SMRT,1
MSHAPE,0,2D
MSHKEY,0
!*
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,1
FITEM,5,-2
CM,_Y,AREA
ASEL,,,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2

!*****BCs*****

FLST,2,4,4,ORDE,2
FITEM,2,3
FITEM,2,-6
!*
/GO
DL,P51X,,ALL,0
FLST,2,1,3,ORDE,1
FITEM,2,5
!*
/GO
FK,P51X,FY,-1000

!Solve*****

FINISH
/SOL
/STATUS,SOLU
SOLVE
FINISH
/POST1
!*
/EFACET,1
PLNSOL,U,SUM,0,1.0
```

Sandwich

```
FINISH ! Make sure we are at
BEGIN level
/CLEAR,NOSTART ! Clear model
since no SAVE found
/PREP7
!*
ET,1,SHELL91,,1
!*
KEYOPT,1,1,16,
KEYOPT,1,2,1
KEYOPT,1,4,0
KEYOPT,1,5,1
KEYOPT,1,6,0
KEYOPT,1,8,0
KEYOPT,1,9,1
KEYOPT,1,10,0
KEYOPT,1,11,0
!*
*SET,_RC_SET,1,
! For SHELL91 KEYOPT(2)=1 is the
only valid option for GUI
KEYOPT,1,2,1
!*
R,1
!*
RMODIF,1,1,3,0, , , ,0
!*
*SET,_RC_SET,1,
! For SHELL91 KEYOPT(2)=1 is the
only valid option for GUI
KEYOPT,1,2,1
!*
!*
RMODIF,1,1,3,0, , , ,0
!*
RMODIF,1,13,1,0,0.5,0.5,0.5,0.5,
RMODIF,1,19,2,0,30,30,30,30,
RMODIF,1,25,1,0,0.5,0.5,0.5,0.5,
!*
!*
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,15e3
MPDATA,PRXY,1,,0.3
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,2,,80
MPDATA,PRXY,2,,0.3
K, ,0,0,0,
K, ,145,-35,0,
K, ,145,35,0,
/REPLOT,RESIZE
FLST,2,3,3
FITEM,2,1
FITEM,2,3
FITEM,2,2
A,P51X
K, ,100,5,,
K, ,100,-5,,
K, ,120,-5,,
K, ,120,5,,
FLST,2,4,3
FITEM,2,4
FITEM,2,7
FITEM,2,6
FITEM,2,5
```

```
A,P51X
APLOT
FLST,2,2,5,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
AOVLAP,P51X
MSHAPE,1,2D
MSHKEY,0
!*
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,2
FITEM,5,-3
CM,_Y,AREA
ASEL, , , ,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
SMRT,6
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,2
FITEM,5,-3
CM,_Y,AREA
ASEL, , , ,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
!*
ACLEAR,_Y1
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
SMRT,2
MSHAPE,0,2D
!*
FLST,5,2,5,ORDE,2
FITEM,5,2
FITEM,5,-3
CM,_Y,AREA
ASEL, , , ,P51X
CM,_Y1,AREA
CHKMSH,'AREA'
CMSEL,S,_Y
!*
!*
ACLEAR,_Y1
AMESH,_Y1
!*
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
!*
FINISH
/SOL
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
```

```
!*
DL,P51X, ,ROTX,0
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,ROTY,0
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,ROTZ,0
FLST,2,3,4,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
!*
/GO
DL,P51X, ,UZ,0
FLST,2,1,3,ORDE,1
FITEM,2,1
!*
/GO
DK,P51X, ,0, ,0,ALL, , , , , ,
FLST,2,1,5,ORDE,1
FITEM,2,2
!*
SFA,P51X,1,PRES,0.05
/STATUS,SOLU
SOLVE
```


Skalmodell Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck

Författare
Ja/Nej

Granskare
Ja/Nej

408. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?
409. Har syfte och förutsättningar redovisats?
410. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?
411. Uppnås syftet?
412. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?

Tekniskt innehåll

413. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?
414. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?
415. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?
416. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?
417. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?
418. Går det att följa det tekniska resonemangen?
419. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?

Presentation

420. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt
421. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering
422. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"
423. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?
424. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?
425. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?
426. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?

Övrigt

427. Har rapporten skrivits av dig enskilt?
428. Arbetet har utförts i samarbete med :

429. Rapporten är korrekturläst av :

430. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

431. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.

Däck/Skrov infästning



MARCUS THOR, CARL-JOHAN SÖDER
marcuth@kth.se, cjsoder@kth.se
0739-244493, 0707-338279

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaflyer*
Datum: *23/1-2007*
Versionsnummer: *1.0*
Handlett av:
Nedlagd arbetstid: *2*
Granskad av:

Slutsats

Däckslinjen längs fribordet definieras invändigt med hjälp av en fyrkantslist i lämpligt material (balsa). Denna list har ett kvadratist tvärsnitt på 2 gånger 2 cm och ca. 3,5 meter lång. Urgröpning för denna list görs i samtliga tvärsgående förstävningar/spann i rätt höjd. Listen vilar på förstävningarna och plastas sedan fast bordläggningen. Därefter läggs ett lager limm på ovansidan av listen och däckets läggs på. Ett tunnt plastlager läggs längs med skarven däck/fribord på ovansidan för ytterligare förstävning.

Skulle förstävningen av skrovet vid främre bärplanet gå upp till däcksnivå invändigt och därmed vara i vägen för denna list så fästs bara listen på ovan beskrivna sätt framför och bakom denna förstävning.

Problemformulering

Denna rapport beskriver tillvägagångssättet vid infästningen av däckets i skrovet.

Analys

Infästningen mellan däck och fribord kan göras på flera olika sätt. Det traditionellt mest förekommande är en näbbpassning i plast som täcks av en relingslist. Då relingslisten hos aquapeden p.g.a. bärplanens existens inte kommer uppfylla någon funktion samt att den anses kosmetiskt störande gör att denna lösning inte är passande.

Utformningen av interaktionen drivs här av att göra minsta möjliga kosmetiska påverkan. Därför föreslås här ett alternativ med en invändig skarv/förstävning.

Resultat

Se slutsats ovan.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
432. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?		
433. Har syfte och förutsättningar redovisats?		
434. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?		
435. Uppnås syftet?		
436. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?		
Tekniskt innehåll		
437. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?		
438. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?		
439. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?		
440. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?		
441. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?		
442. Går det att följa det tekniska resonemangen?		
443. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		
Presentation		
444. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt		
445. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering		
446. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?		
447. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?		
448. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?		
449. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?		
450. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?		
Övrigt		
451. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		
452. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
453. Rapporten är korrekturläst av : _____		-

454. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
455. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Val av tillverkningsmetod



FREDRIK REUTERSWÄRD
ANDREI TCHERNOV
freu@kth.se
tchernov@kth.se

Kurs: *Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *07/11-2006*
Versionsnummer: *0.5*
Handledt av: *Malin Åkermo*
Granskad av:
Nedlagd arbetstid: *5*

Sammanfattning

I denna rapport jämförs två olika metoder för att bygga skrovet till Aquapeden. Dessa metoder är stripbuilding samt solid form-metoden. Resultatet blir att stripbuilding anses vara den mest lämpade metoden för byggandet på grund av möjligheterna att skapa ett styvt sandwichskrov.

Problemformulering

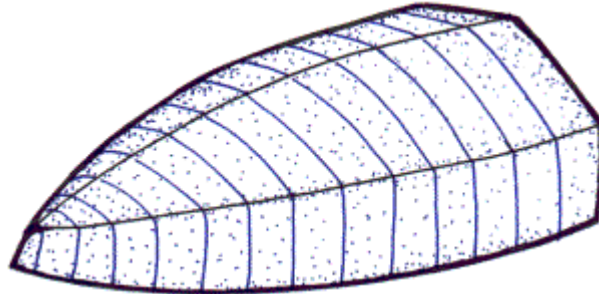
Uppgiften var att utvärdera en lämplig byggmetod för aquapedens skrov med hänsyn till tidsåtgång, ekonomi och svårighetsgrad. I första hand skulle metoderna stripbuilding och solid form utvärderas. Skulle ingen av dessa visa sig lämplig, skall ytterligare metoder föreslås och utvärderas.

Analys

Här analyseras för- respektive nackdelar för de olika metoderna.

Solid form

Metoden går ut på att ett antal spånskivor sågas ut som motsvarar skrovets tvärsnitt. Mellan skivorna limmas ca 200mm tjocka frigolitblock. Blocken slipas sedan ner tills de motsvarar skrovets geometri, se figur 1. Lamineringsytan spacklas, slipas och behandlas för att förhindra att laminatet fäster vid formen. Laminering sker sedan utanpå formen. När laminatet har härdat plockas formen bort. Ytan måste spacklas, slipas och målas på utsidan för att få en bra finish och därmed ett lågt motstånd i vattnet.



Figur 1. Exempel på framtagning av solid form med hjälp av frigolit och spånskivor[2].

Fördelarna med denna byggmetod är att formen är enkel att bygga, och laminering sker endast på en sida vilket spar tid.

Nackdelar är att det är mer komplicerat att bygga sandwichskrov med denna metod, samt att formen kräver mycket material som går till spillo.

Stripbuilding

Denna metod är passande för tillverkning av sandwichkonstruktioner då kärnmaterialet används som form.

Metoden går ut på att ett antal frigolitskivor som motsvarar skrovets form sågas ut och sätts fast på en styv och rak balk. På frigolitskivorna sätts strimlor av kärnmaterialet fast, se figur 2.



Figur 2. Strimlor av kärnmaterialet sätts fast vid frigolitskivorna[1]

Skivorna slipas och spacklas för att sedan limmas ihop till en jämn kärna. Fiberväv placeras på skrovets utsida för att sedan lamineras fast direkt på kärnan. Laminatet härdar och skrovet vänds. Däcket lamineras nu på samma sätt ovanpå skrovet för att tillgodose god passform. Området vid sittbrunnen kan uteslutas. När däcket har härdat lyfts det bort från skrovdelen, som lamineras på insidan. Även däcket lamineras på insidan. Enligt Anders Beckman på KTH Farkost och Flyg är det mer lämpligt att använda handuppläggning jämfört med vakuuminjicering för denna byggmetod. De båda delarna limmas sedan ihop. Spackling och målning följer.

Fördelarna med denna metod är att det är lätt att skapa ett styvt sandwichskrov, samt att så lite material som möjligt används. Tidsåtgången bedöms vara i samma storleksordning som för den solida formen, det anses dock vara något svårare att få till ett rakt och symmetriskt skrov med denna metod.

Slutsats

Stripbuilding anses vara den metod som är mest lämpad för Aquapeden. Dels för att den möjliggör tillverkning av ett mycket styvt sandwichskrov på ett enkelt sätt, dels för att materialåtgången hålls på en så låg nivå som möjligt. Detta anses som extra viktigt då projektet redan har en mycket begränsad ekonomi.

Solidformen gör av med mycket material utan att tillföra något till skrovet. Solidformen medger heller inte några direkta förenklingar av bygget.

Referenser

[1] Hämtad från <http://www.gkf.info/paddling/Utrustning/KajakBygge/Kompositbygge/Bygget01.htm> den 7/11-2006.

[2] Hämtad från <http://www.fiber.info.se/> den 7/11-2006.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
456. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?		
457. Har syfte och förutsättningar redovisats?		
458. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?		
459. Uppnås syftet?		
460. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?		

Tekniskt innehåll		
461. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?		
462. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?		
463. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?		
464. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?		
465. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?		
466. Går det att följa det tekniska resonemangen?		
467. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		

Presentation		
468. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt		
469. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering		
470. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?		
471. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?		
472. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?		
473. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?		
474. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?		

Övrigt		
475. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		

476. Arbetet har utförts i samarbete med :

477. Rapporten är korrekturläst av :

478. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

479. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.

Lamineringsmetoder +/-



FREDRIK REUTERSWÄRD
freu@kth.se
073-9239186

Kurs: *Marindesign/Lättviketsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *07/10-2006*
Versionsnummer: *0.1*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Granskad av:

Sammanfattning

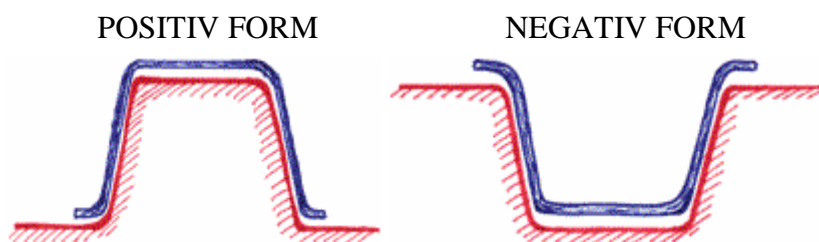
Denna rapport är en sammanställning av olika lamineringsmetoder som är lämpliga vid tillverkning av komponenter till Aquapeden. Vakuuminjicering är den metod som anses som mest lämpad. Även olika typer av formar diskuteras. Användning av en positiv form rekommenderas, förutsatt att projektet kan leva med att ytfinishen på produkten blir något grövre än om den mer tidskrävande negativa formen används.

Bakgrund

Denna rapport redovisar några av de olika metoder för fiberlaminering som finns tillgängliga på marknaden och reder ut vilka metoder som kan vara lämpliga vid tillverkning av Aquapeden.

Formar

Grundläggande för alla typer av fiberlaminering är formen. Formen behövs för att hålla laminatet på plats medan det härdar och används för att ge laminatet dess form. Formarna kan delas in i två huvudkategorier. Positiva och negativa formar, se figur 1.



Figur 1. Positiv och negativ form. [1]

Den huvudsakliga skillnaden är att i en negativ form kommer den sida av laminatet som är vänd mot formen vara den sida som är utåt på den färdiga produkten. Detta gör att ytan på den färdiga produkten blir i samma skick som insidan av formen. Har således formen en god inneryta kan många kopior med lika god yta lätt tillverkas [1].

Används en positiv form kommer dock innerytan på den färdiga produkten att vara den yta som ligger mot formen. Detta gör att betydligt lägre krav ställs på formens ytfinish. Tyvärr innebär det även att den färdiga produktens utsida håller betydligt sämre klass än produkter tillverkade i en negativ form [1].

Ofta används en positiv form för att tillverka en negativ [1]. Det har dock visat sig att det är tidseffektivt att använda sig av en positiv form direkt om produktionen sker i mycket små serier, 1-3 exemplar [2]. Tiden det tar att bygga en positiv form och sedan en negativ med näst intill perfekt ytfinish, kan då istället läggas på att göra de förbättringar av ytan på den färdiga produkten som är nödvändiga om lamineringen skett i en positiv form.

Lamineringsmetoder

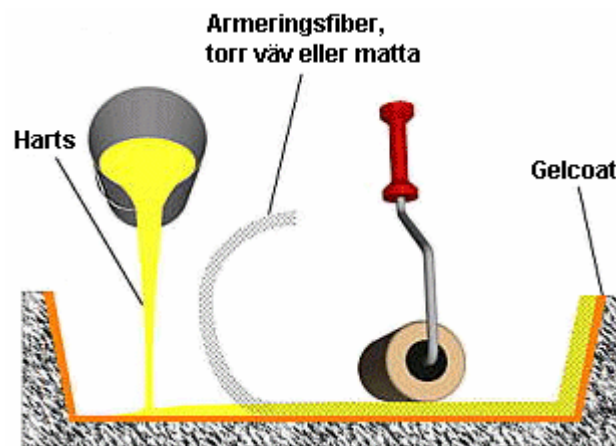
Eftersom det är fibrerna i laminatet som är lastbärande, är det önskvärt att så stor del som möjligt av laminatet består av fibrer, det vill säga ingen onödig matris skall användas.

Samtidigt är det av största vikt att inga ”torra” fibrer finns i laminatet, eftersom dessa ofta inte kan ta upp någon last över huvudtaget. Hur stor del av laminatet som kan bestå av fibrer beror i högsta grad av vilken lamineringsmetod som används. I detta kapitel visas de vanligaste metoderna.

Handuppläggning

Handuppläggning är en av de mest använda metoderna för laminering[3]. Metoden kräver väldigt lite utrustning och är enkel att använda.

Metoden bygger på att fibrerna läggs i formen och sedan väts med matris med hjälp av en pensel. En roller används för att trycka ut så mycket luft som möjligt ur laminatet. Se figur 2.



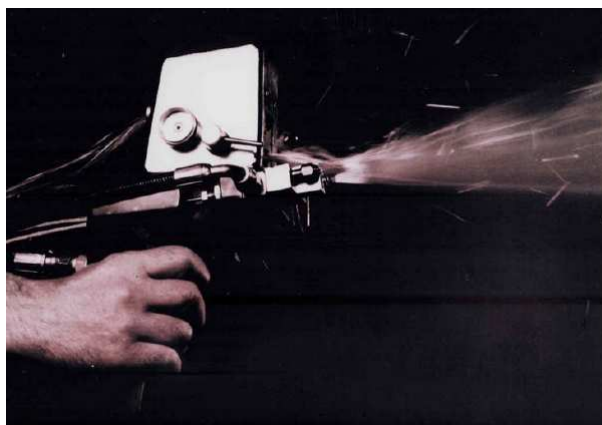
Figur 2. Principskiss av handuppläggning i negativ form. [1]

Denna metod är enkel och billig, men ger en låg andel fibrer i laminatet och därmed begränsade mekaniska egenskaper.

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none"> + Billigt + Kräver lite utrustning + Utrustning finns på KTH 	<ul style="list-style-type: none"> – Dåliga mekaniska egenskaper – Dålig arbetsmiljö

Sprayuppläggning

Sprayuppläggning påminner om handuppläggning med den skillnaden att fibrerna blandas med matrisen innan den läggs i formen. Matrisfiberblandningen sprayas sedan på formen med en speciell spruta. Se figur 3.



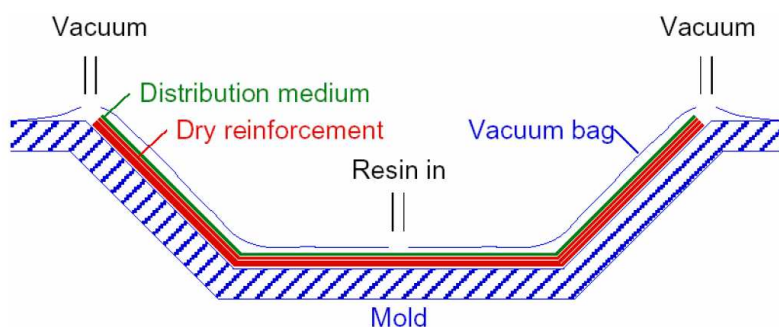
Figur 3. Sprayuppläggningspruta. [3]

Problemet med denna metod är att endast korta fibrer kan användas i sprutan. Fiberorienteringen blir dessutom helt slumpmässig. Detta gör att fiberandelen, och därmed de mekaniska egenskaperna, blir riktigt dåliga [3].

Fördelar	Nackdelar
+ Snabb metod	– Dåliga mekaniska egenskaper – Dålig arbetsmiljö – Utrustning finns ej på KTH

Vakuuminjicering

Vakuuminjicering går till så att matris sugs genom fibrerna med hjälp av en pump. Detta tillåter en högre fiberandel jämfört med de två ovan beskrivna metoderna, samtidigt som i princip all luft sugs ur laminatet. Resultatet blir ett laminat med betydligt bättre mekaniska egenskaper och högre fiberandel [3].

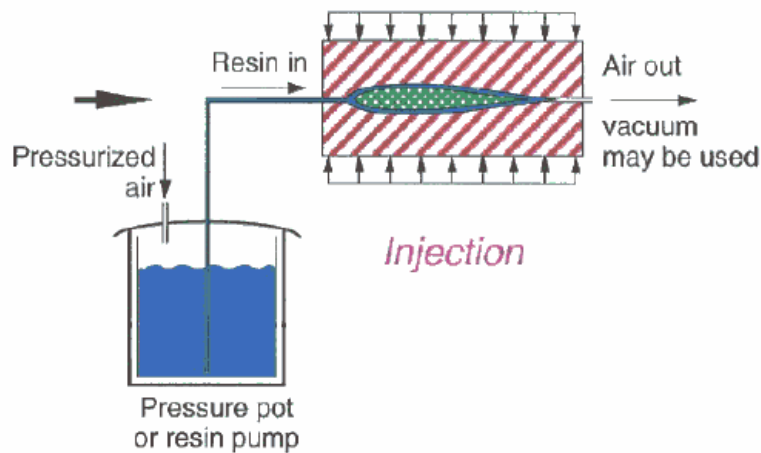


Figur 4. Principskiss av vakuuminjicering. [3]

Fördelar	Nackdelar
+ Relativt snabb metod + Goda mekaniska egenskaper + Bra arbetsmiljö + Utrustning finns på KTH + Lätt att använda tillsammans med sandwichmaterial	– Kräver lite mer utrustning än handuppläggning – Lite dyrare än handuppläggning

Tryckinjicering

En metod som liknar vakuuminjiceringen är tryckinjicering, RTM. Istället för att suga matrisen genom laminatet, används ett övertryck som istället trycker matrisen genom fibrerna. Detta ger ett något bättre resultat, men kräver i gengäld två formar som pressas ihop. Se figur 5.



Figur 5. Principskiss av RTM. [3]

Att använda denna metod till att endast tillverka en prototyp är således väldigt tidskrävande eftersom två formar måste tillverkas istället för endast en [3].

Fördelar	Nackdelar
+ Goda mekaniska egenskaper	– Kräver lite mer utrustning än handuppläggnig
+ Bra arbetsmiljö	– Lite dyrare än handuppläggnig
+ Lätt att använda tillsammans med sandwichmaterial	– Tidskrävande
	– Utrustning finns ej på KTH

Prepreg

Prepreg är ett material som används inom höghållfasthetsapplikationer. Fibrerna, nästan alltid kol, är förimpregnerade med matris som härdar när den värms upp. Eftersom ingen ytterligare matris behöver tillsättas fås maximal fiberandel i laminatet, och därmed bästa tänkbara mekaniska egenskaper.

Det finns två grundtyper av prepreg. Hög- och lågtemperaturprepreg. Högtemperaturprepreg behöver både hög värme och tryck för att härdas optimalt. Detta görs i en speciell typ av ugn som kallas autoklav.

Lågtemperaturprepreg är ett något mer lättarbetat material, eftersom det räcker med en vanlig ugn för att härdas materialet.

Fördelar	Nackdelar
+ Bästa tänkbara mekaniska egenskaper + Bra arbetsmiljö + Möjligt att använda lågtemperaturprepreg på KTH. Kräver någon form av ugn, men det kan ordnas.	– Kräver mycket utrustning – Dyr – Tidskrävande

Diskussion och slutsats

För att kunna laminera komponenterna till Aquapeden, är det viktigt att den utrustning som krävs vid lamineringen finns tillgänglig på KTH, eller kan köpas billigt. Samtidigt är det viktigt att metoden inte är allt för tidskrävande. Metoderna tryckinjicering, högttemperaturprepreg och sprayuppläggning faller därmed bort från listan med tänkbara lamineringmetoder.

Kvar finns handuppläggning, vakuuminjicering och lågtemperaturprepreg. Av dessa ger prepreg de klart bästa mekaniska egenskaperna, men är samtidigt den dyraste och mest komplicerade metoden. Vakuuminjicering och handuppläggning är båda relativt billiga och snabba metoder, där vakuuminjicering ger de klart bättre mekaniska egenskaperna.

Jag rekommenderar därför att vakuuminjicering används i så stor utsträckning som möjligt vid laminering av komponenter till Aquapeden.

Vad gäller valet av form, så rekommenderar jag användandet av en positiv form. En positiv form gör att endast en form behöver tillverkas, slipas och spacklas vilket gör att projektet spar massor med tid. Det känns viktigt eftersom projektet redan nu lider brist på tid. Nackdelen är att ytan på den laminerade komponenten blir något grövre än om en negativ form används. Projektet måste således ta ställning till om den tidsvinst som görs är värd priset av grövre ytfinish på Aquapeden.

Referenser

[1] *Fiberkompositlaminering – Handbok kring konstruktion av fiberlaminerade härdplaster* (2005). Lars Vibeke. KTH, Stockholm. Hämtad 2006-01-26 från <http://www.kolfiber.info/se/>

[2] *Fibre Glast*. Hämtad 2006-10-07 från http://www.fibreglast.com/learning_center_brochures/mold_construction.pdf

[3] *ManBoat* (2006). Föreläsninganteckningar av Malin Åkermo. Institutionen för Farkost och Flyg, KTH, Stockholm.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

	Författar e Ja/Nej	Granskar e Ja/Nej
Generellt intryck		
Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
Uppnås syftet?	Ja	Ja
Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja

Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja

Övrigt

Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja
Arbetet har utförts i samarbete med : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		
Rapporten är korrekturläst av : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		
Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	4
Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		
Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.		

-

Materiallegenskaper +/-



FREDRIK REUTERSWÄRD
freu@kth.se
073-9239186

Kurs: *Marindesign/Lättviketsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *31/09-2006*
Versionsnummer: *0.1*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Granskad av:

Sammanfattning

Rapporten väger olika materials positiva och negativa egenskaper mot varandra, för att med bakgrund av dessa egenskaper rekommendera konstruktionsmaterial till Aquapeden. Resultatet blir att vinylester rekommenderas som matris främst för dess låga pris och förmåga att tåla fukt och UV-ljus, samt dess goda mekaniska egenskaper. Som armering rekommenderas kolfiber till de mest utsatta komponenterna, medan glasfiber kan användas i komponenter som inte utsätts för sådana påfrestningar som motiverar användandet av den betydligt dyrare kolfibern.

Användning av en termoplast som matris anses som mycket svårt och är endast möjlig vid en serietillverkning av Aquapeden om ens då.

Bakgrund

Syftet med denna studie är att väga olika materials positiva och negativa egenskaper mot varandra för att sedan rekommendera ett material att konstruera Aquapeden av. Denna studie tar främst hänsyn till materialens mekaniska egenskaper och vikt, då dess miljöpåverkan och kostnader behandlas i Igor Starodubs rapport om LCA.

De material som kommer att behandlas i studien är främst olika typer av kompositer, samt aluminium. Biobaserade material kommer ej att behandlas eftersom de inte lämpar sig för produkter som används i fuktiga miljöer[1].

Materialjämförelse

I detta kapitel visas egenskaperna för varje typ av material.

Matriser

Här visas materialegenskaperna för matrisen, d.v.s. det material som används för att hålla ihop fibrerna i kompositen. Matriserna kan huvudsakligen delas in i två huvudgrupper, hårdplaster och termoplaster. Den stora skillnaden mellan dessa är att hårdplasten övergår till fast form genom en kemisk reaktion efter att en härdare har tillsatts. Termoplasten däremot befinner sig i fast form vid normala temperaturer och övergår till flytande form vid upphettning. Teoretiskt sett kan en termoplast smältas och formas om oändligt många gånger medan processen för en hårdplast är irreversibel[2].

Dessa kemiska skillnader mellan de olika plasterna ger överlag andra stora skillnader. Ofta är det svårt att få termoplaster lika lättflyktiga som hårdplaster vilket gör att hårdplasten ofta är mera lättarbetad. Vidare ger hårdplasterna ofta en bättre yta och de har något bättre mekaniska egenskaper. Termoplasternas stora fördel är att de kan återvinnas många gånger medan en hårdplast måste kasseras när den är uttjänt [2].

Densiteten skiljer sig inte nämnvärt mellan de olika jämförda matriserna. Därför anges inte någon vikt bland fördelar och nackdelar. De tre första plasterna är hårdplaster medan de sista tre är termoplaster. De matriser som undersöks är de vanligast förekommande[4].

Polyester

Polyester är en billig härdplast som lämpar sig för enklare konstruktioner som inte ställer högsta krav på mekaniska egenskaper[3].

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Lågt pris + Lättarbetad – låg viskositet	– Begränsade mekaniska egenskaper – Hög styrenavgivning vid laminering = dålig arbetsmiljö – Stor krympning vid härdning

Vinylester

Vinylester är en härdplast som är nästan lika billig som polyester, men med betydligt bättre mekaniska egenskaper.

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Lågt pris + Bra mekaniska egenskaper + Mycket bra motstånd mot yttre påverkan, d.v.s. mot UV-ljus, kemikalier, vatten osv. + Låg krympning vid härdning + Låg viskositet	– Kräver värmehärdning för bästa härdningsresultat. – Hög styrenavgivning vid laminering = dålig arbetsmiljö

Epoxi

Epoxi är en högprestandamatrix som är extremt dyr. Används främst inom applikationer som inte är känsliga för kostnader.

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Extremt bra mekaniska egenskaper + Bra motstånd mot yttre påverkan. + Lägsta krympning vid härdning + Väldigt låg viskositet + Optiskt klar. Bra för utseendet vid laminering av kolfiber.	– Extremt dyr. (10-20 ggr priset för poly/vinylester.) – Högsta styrenavgivning vid laminering = dålig arbetsmiljö – Gulnar vid exponering av UV-ljus – Ohärdad epoxi är allergiframkallande – Svåraste matrisen att återvinna

Polyamid

Fördelar[3,4]	Nackdelar[3,4]
+ Bra kompromiss mellan mekaniska och kemiska egenskaper. + Bra nötnings- och kemikalieresistens + Billig + Bra arbetsmiljö vid tillverkning	– Absorberar fukt – UV-ljus gör polyamiden spröd. – Hög viskositet ger svårare tillverkningsprocess.

Polyetylen

Fördelar[3,4]	Nackdelar[3,4]
+ Hög slagåtlighet + Låg vattenabsorption + Billig + Kemikalieresistent	– Dålig utmattningshållfasthet – Brinner häftigt – Dålig väderbeständighet – Låg reptålighet – Starkt temperaturberoende mekaniska egenskaper

Polypropylen

Fördelar[3,4]	Nackdelar[3,4]
+ Låg densitet + Goda mekaniska egenskaper + Lätt att limma ihop med andra material + Slagtålig	– Spröd vid temperaturer < -20°C – Känslig mot UV-ljus, kan dock åtgärdas – Svår att limma ihop med sig själv

Armeringsfibrer

I huvudsak finns det tre olika typer av armeringsfibrer. Dessa är glas- kol- och aramidfibrer (kevlar). Samtliga av dessa fibertyper är indelade i olika klasser. För glassfibrer är dessa främst:

- E-glas, vanligast
- S-glas, hög draghållfasthet
- C-glas, hög motståndskraft mot kemikalier

Gemensamt för alla klasserna är att draghållfastheten är relativt hög, medan glasfiber i allmänhet har låg E-modul. Glasfiber lämpar sig därför väl som konstruktionsmaterial om tøjbarhet och hållfasthet prioriteras framför styvhet.

Kol- och aramidfibrer delas in i klasser efter E-modul.

- IM, Intermediate Modulus
- HM, High Modulus
- UHM, Ultra High Modulus

Typiskt för dessa fibrer är att sträckgränsen minskar i takt med att E-modulen ökar. En väldigt styv fiber blir därmed även mycket spröd.

Glasfiber

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Billig + Hög draghållfasthet + Enkel att laminera, då lätt att se när fibrerna är våta.	– Låg E-modul – Relativt hög densitet

Kolfiber

Kolfiber används främst till högpresterande komponenter, där priset spelar mindre roll. Priset för kolfiber är 10 – 40 ggr dyrare per kilo än glasfiber, beroende på fiberns klassning och dess grad av förbehandling. På grund av kolfibers oslagbara mekaniska egenskaper behövs ofta mindre material än vad som krävs för motsvarande prestanda med glasfiber, varför prisjämförelsen inte är helt rättvis.

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Extremt bra mekaniska egenskaper + Goda utmattningsegenskaper + Attraktivt utseende + Låg densitet	– Dyrt – Dålig slagtlighet

Aramid

Används då hög draghållfasthet i samband med hög slagtlighet är önskvärd.

Fördelar[2,3]	Nackdelar[2,3]
+ Hög slagtlighet + Hög draghållfasthet	– Dyrt – Låg E-modul – Bryts ner av UV-ljus

Metaller

Aluminium

Aluminium är en metall som har många önskvärda egenskaper. Den har goda mekaniska egenskaper i förhållande till sin vikt, samtidigt som den nästan inte korroderar. Dock kommer det vara svårt att använda detta material på prototypstadiet eftersom den kräver avancerade svetsningskunskaper för att sättas ihop, samt utrustning för att bocka, böja skära och så vidare.

Fördelar	Nackdelar
+ Goda mekaniska egenskaper + Segt + Bra korrosionsmotstånd + Extremt billigt	– Högre densitet än alla komposit – Svår att bearbeta – Svår att sammanfoga med andra delar

Diskussion och slutsats

Materialen ovan är alla mer eller mindre lämpade som konstruktionsmaterial i Aquapeden. För att bygga prototypen rekommenderas att konstruktionsmaterialet är lätthanterbart och lättbearbetat. Aluminium faller därmed bort vilket gör att någon form av komposit kommer att användas.

Termoplaster har i jämförelsen visat sig vara olämpliga som konstruktionsmaterial i en båt. De är samtliga känsliga för fukt och UV-ljus, samtidigt som deras mekaniska egenskaper är sämre än deras motsvarigheter bland hårdplasterna. Vidare har termoplasterna en betydligt sämre ytfinish än hårdplasterna och är mer trögflytande vilket gör att de är svåra att laminera. Sammantaget ser jag inte hur alla dessa negativa egenskaper bland termoplasterna vägs upp av att de är lättare att återvinna. Bland hårdplasterna sticker vinylester ut som det givna valet. Vinylester har, i förhållande till priset, mycket goda mekaniska egenskaper samtidigt som dess höga motståndskraft mot vatten och fukt är en högt värderad egenskap. Epoxi har också tilltalande egenskaper, men är dyrare och svårare att återvinna.

Som armeringsfiber rekommenderar jag en kombination av glas- och kolfiber. Kolfiber att använda till de mest utsatta komponenterna, som t.ex. bärplan. Glasfiber kan användas på övriga delar av båten som inte ställer lika höga krav på styvhet och hållfasthet, och därmed inte motiverar kolfibers högre pris. För att underlätta sammanfogningen av de olika delarna rekommenderas dock att både kol- och glasfiberkomponenter använder samma matris.

Vid serietillverkning kan en övergång till termoplast fortfarande vara möjlig eftersom en serietillverkning möjliggör köp av avancerad utrustning för att bearbeta och laminera termoplast. Den mest realistiska termoplasten vid sådan tillverkning är polypropylen eftersom den är den enda termoplasten i jämförelsen som inte absorberar fukt.

Referenser

[1] Samtal 2006-09-26 med professor Lars Berglund, KTH Fibre and Polymer Technology, KTH Stockholm.

[2] *Manufacturing of Polymer Composites* (1997), B. T. Åström. Chapman & Hall, London, United Kingdom.

[3] *Fiberkompositlaminering – Handbok kring konstruktion av fiberlaminerade hårdplaster* (2005). Lars Vibeke. KTH, Stockholm. Hämtad 2006-01-26 från <http://www.kolfiber.info.se/>

[4] *Plastex – profiler i plast*. Hämtad 2006-10-01 från <http://www.plastex.se/produkter/material.html>

[5] *Matrix* (2006). Föreläsningssanteckningar av Malin Åkermo. Institutionen för Farkost och Flyg, KTH, Stockholm.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författar e	Granskar e
	Ja/Nej	Ja/Nej
Generellt intryck		
Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
Uppnås syftet?	Ja	Ja
Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja

Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja

Övrigt

Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja
Arbetet har utförts i samarbete med : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		
Rapporten är korrekturläst av : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		
Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	4
Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		
Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.		

-

Tillverkningsmetod Skrovplugg



MARCUS THOR, CARL-JOHAN SÖDER
marcusth@kth.se, cjsoder@kth.se
0739-244493, 0707-338279

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *02/02-2007*
Versionsnummer: *1.0*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Nedlagd arbetstid: *5*
Granskad av: *Magnus Sundberg*

Problemformulering

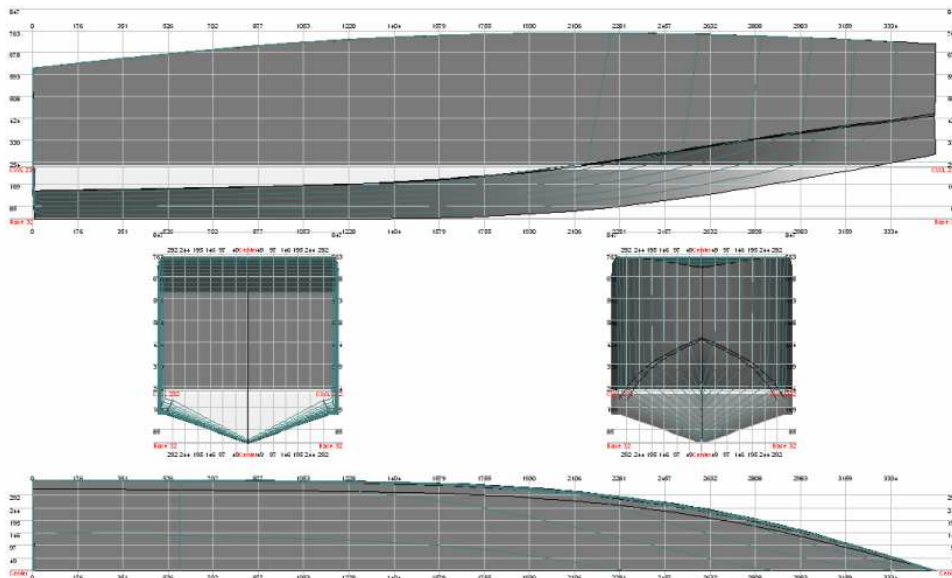
Denna rapport är en beskrivning av tillvägagångssättet för tillverkningen av skrovets plugg, samt vilka material som skall användas och köpas in.

Material

Däck – Plyfa/Plywood 370*100 cm
Spant – Plyfa/Plywood 15 st 80*80*0,5 cm
90 graders knän 60 st
Lister – Böjbart trä 4 st 400 cm
Bordläggning – Tunn träfanér ca 5 kvadratmeter
Fint väggspackel – 25 liter

Dimensioner

LOA 3,5 m
Bredd 0,7 m
Max höjd 0,76 m

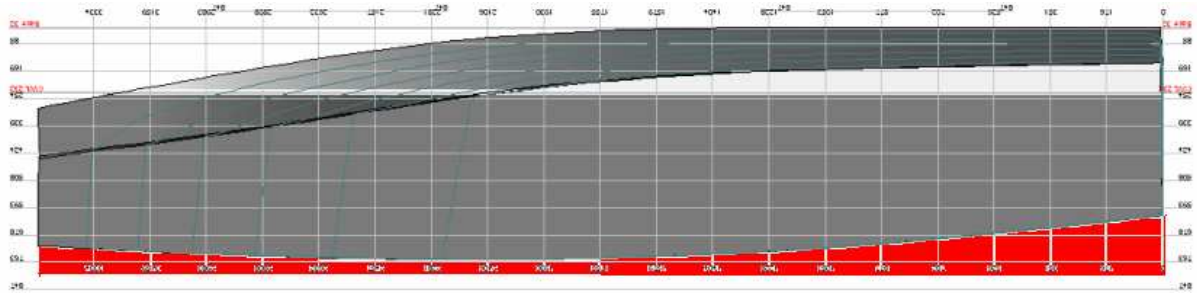


Figur 1.

Tillvägagångssätt

För dimensioner, samt spantruta, se dimensioner ovan.

Ur tunt trä, t ex plywood, sågas en modell av det projicerade däckets ut i full skala. Denna läggs ner på golvet varpå spant skall fästas. I längsled på detta däck görs markering vid varje 3 dm utmed båda sidorna inkl. aktern och fören.



Figur 2

Varje spantbild från CAD-ritningen skrivs ut på papper i naturlig skala och läggs som modell för utsågning av spanten. OBS. att fribordshöjden för pluggen blir större än Aquapedens fribordshöjd. Detta illustreras med röd färg i figur 2. Till spanten används t ex plyfa. Varje spant fästs sedan på motsvarande plats vid 3 dm markeringarna med 90 graders knän vid skarven däck-spant. I längsled vid bottenstocken samt slagen fästs lister i urgröpningar. Dessa lister är ett stycke från aktern till fören och används som styrande linjer för bordläggningen.

Bordläggning görs sedan i tunn träfanér varefter den spacklas för att erhålla önskad finish. Eventuellt används någon form av skummaterial vid fören där krökningen kan göra det svårt att använda fanér. Detta beslut tas i samband med byggandet.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
480. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?		
481. Har syfte och förutsättningar redovisats?		
482. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?		
483. Uppnås syftet?		
484. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?		

Tekniskt innehåll

485. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?		
486. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?		
487. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?		
488. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?		
489. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?		
490. Går det att följa det tekniska resonemangen?		
491. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?		

Presentation

492. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt		
493. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering		
494. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?		
495. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?		
496. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?		
497. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?		
498. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?		

Övrigt

499. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		
500. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
501. Rapporten är korrekturläst av : _____		-
502. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		

503. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

-

App_Förstärkningar vid främre bärplansinfästningen.



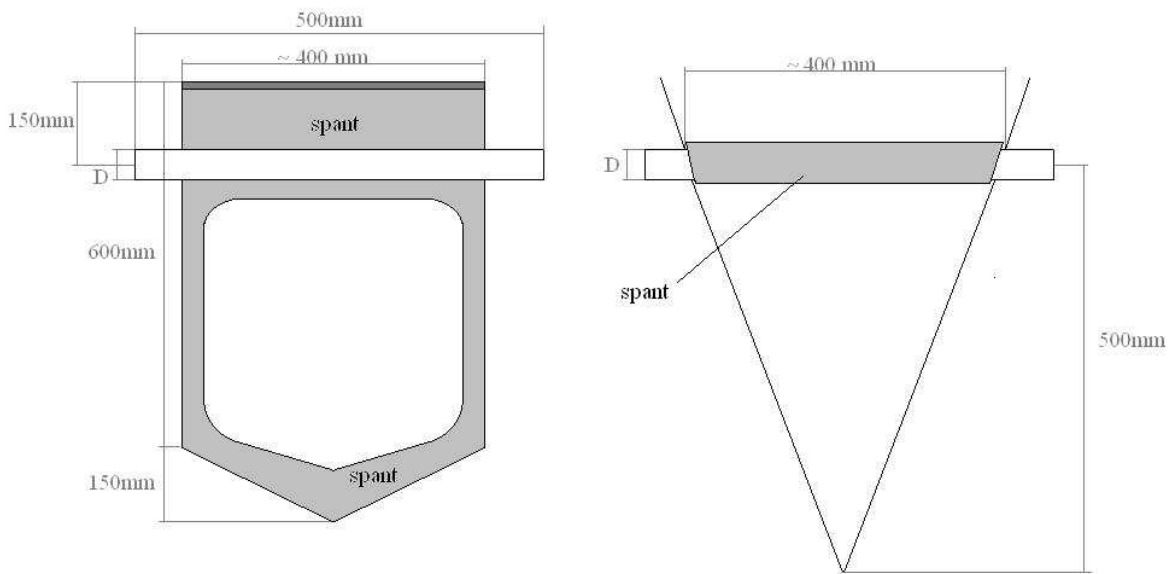
JENS NILSSON
njens@t.kth.se
0733-748895

Kurs: *Marindesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *24/1-2007*
Versionsnummer: *0.1*
Handledt av: *Jakob Kuttikenler*
Granskad av: *Johan Ružsits*
Nedlagd arbetstid: *4h*

Sammanfattning

Ett resonemang angående förstärkningar i anslutning till infästningen av de främre bärplanen har förts och diskuterats med Jakob Kutteneuler.

Rekomendationen är att det i planet där infästningen är monterad ett grövre spant enligt ritning i figur 1.



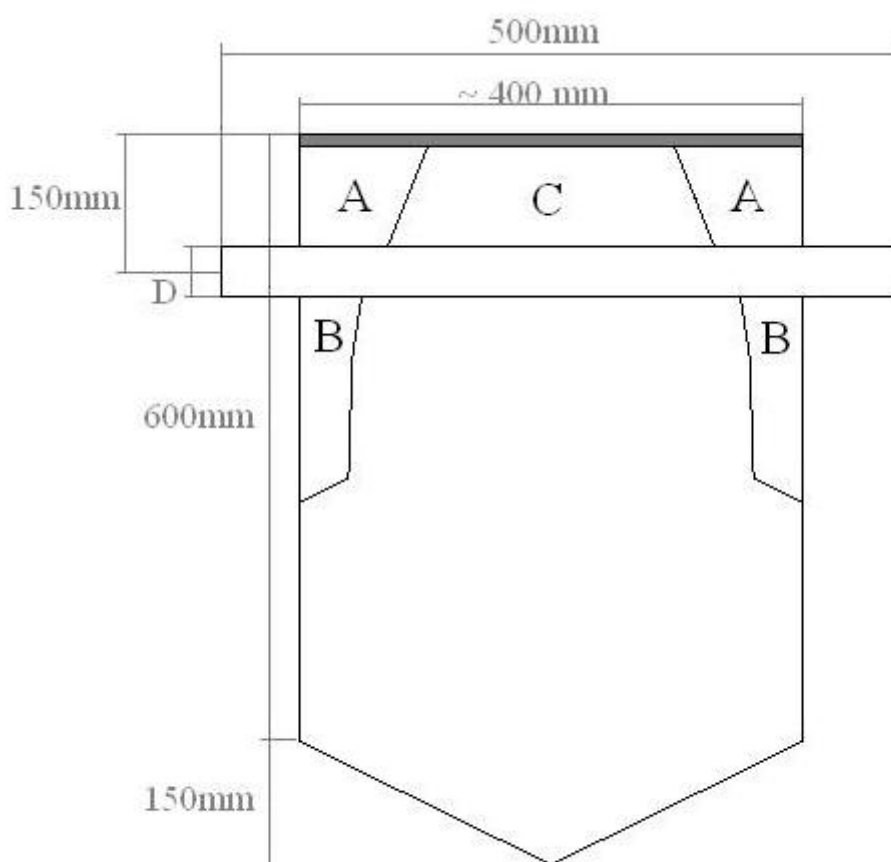
Figur 1. Rekomenderad lösning med grovt spant.

Bakgrund

De främre bärplanen och pontonerna på Aquapeden belastar den främre balken och dess infästning. Därför behöver denna infästning vara tillräckligt stark. Hur man ska få denna styrka utreds i denna rapport.

Olika lösningar på förstärkning

Problemet som ska lösas är att konstruera förstärkningar som avlastar bordläggningen som annars för bära hela den lyftande kraften från den främre balken. En bild på lösningsförslag ses i figur 2.



Figur 2. Problem och lösningsförslag.

De lösningar som föreslogs var att förstärka vid hörnen vid A, i figur 2, denna förstärkning förelögs även i en kombination med förstärkning vid B. Att fylla hela utrymmet vid A och C beaktades också. Att förstärka med ett helt spant var också ett förslag. Efter samtal med Jakob Kutteneuler blev valet att göra ett spant där utrymmet över röret fylls ut helt. Enligt Jakob är det för svårt att beräkna hållfastheten i det här analytiskt.

Slutsats

Den slutgiltiga lösningen blir att konstruera ett spant vid röret som förstärkning, se figur 1. Detta spant bör vara minst lika brett som röret ovanför röret och något smalare under. Ett

lämpligt material att förstärka med är t ex divynycell. När röret plastas fast bör en mjuk övergång göras mellan röret och skrovets insida.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
Generellt intryck		
504. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	j	j
505. Har syfte och förutsättningar redovisats?	j	j
506. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	j	j
507. Uppnås syftet?	j	j
508. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	j	j
Tekniskt innehåll		
509. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	-
510. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
511. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
512. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
513. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
514. Går det att följa det tekniska resonemangen?	j	j
515. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	j	j
Presentation		
516. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	j	j
517. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	j	j
518. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpfförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	j	j
519. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	j	j
520. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	j	j
521. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	-	-
522. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	j	j
Övrigt		
523. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	j	j

524. Arbetet har utförts i samarbete med :

525. Rapporten är korrekturläst av : Johan Ruzsits

526. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)

527. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):

Viktuppskattning



ANDREI TCHERNOV
tchernov@kth.se
0735735974



Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>26/01-2007</i>
Versionsnummer:	<i>1.2</i>
Handledt av:	<i>Malin Åkermo</i>
Granskad av:	<i>Fredrik Reuterswärd</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>8</i>

Sammanfattning

I den här rapporten skall vikten för Aquapeden uppskattas utifrån de tidigare beräkningar och antaganden. Kravet på 100 kg på hela konstruktionen inklusive motor och övrig utrustning bör uppfyllas.

Viktuppskattning

Vikten på Aquapeden uppskattas med de dimensionerna som är av givna i designspecifikationen [3]. Material som används för att beräkna vikten är en skumkärna med densitet 80 g/dm^3 [1] och glasfibervinylesterlaminat som har densiteten 1.86 g/dm^3 [2]. Vid beräkning av vikten på bärplanen används kolfibervinylesterlaminat med densiteten 1.46 g/dm^3 [2]

Motor

Eftersom motorn på 4Hk är ett SKALL-krav användes data för just en sådan (inte 6hk alltså), se tabell 1. Dess nuvarande vikt är 22 kg, men eftersom motorn kommer att konverteras till etanoldrift kommer vikten troligen att ändras. För att motorn ska gå på etanoldrift krävs modifiering av förgasaren samt tändningen. Förhoppningsvis kommer inte konverteringen inte driva upp vikten så vansinnigt mycket, antagligen några extra kilon. Därför kan det tänkas att vikten slutligen hamnar på 25 kg.

F4A	
Motortyp	1-cylindrig, 4-takt
Diameter och slag	59 x 41 mm
Cylindervolym	112 cc
Propelleraxelevffekt	2,9 kW / 4500 v/min
Varvtal vid max. gaspådrag	4000-5000 v/min
Vikt (standardmodell)	22 kg
Förgasare	1 förgasare
Bränsletank volym	1 liter
Oljetank	0,5 liter
Smörjsystem	Våtsump
Tändsystem	TCI
Utväxling	13:27
Startsystem	Manuellt
Trim	Manuellt (4°, 8°, 12°, 16°, 20°)

Tabell 1. Motordata

Summa hittills: 25 kg

Aktre bärplan



Figur 1. Det aktre bärplanet samt stödarmar approximerade som balkar

Det aktre bärplanet samt infästningarna bör vara väldigt böjstyva och därför tillverkas av antingen solid laminat eller en sandwichkonstruktion. Strukturen approximeras som 2 st balkar: 1000x200x20 mm, med 3 mm tjocklek samt en solid 1000x80x8 mm balk[4], se figur 1. Först uppskattas volymen, se ekv. (1) och därefter vikten, ekv. (2)

$$V_{\text{infästningar}} = V_{\text{utsida}} - V_{\text{insida}} \quad (1)$$

$$W_{\text{infästningar}} = \sum \rho_i \cdot V_i = W_{\text{kärnmaterial}} + W_{\text{komposit}} \quad (2)$$

Vidare sätts siffrorna in för båda konstruktionerna.

$$\begin{cases} V_{\text{infästningar}} = (10 \cdot 2 \cdot 0.2 - 9.94 \cdot 1.94 \cdot 0.14) \cdot 2 = (4 - 2.7) \cdot 2 = 2.6 \text{ dm}^3 \\ V_{\text{bärplan}} = 10 \cdot 0.8 \cdot 0.08 = 0.64 \text{ dm}^3 \end{cases}$$

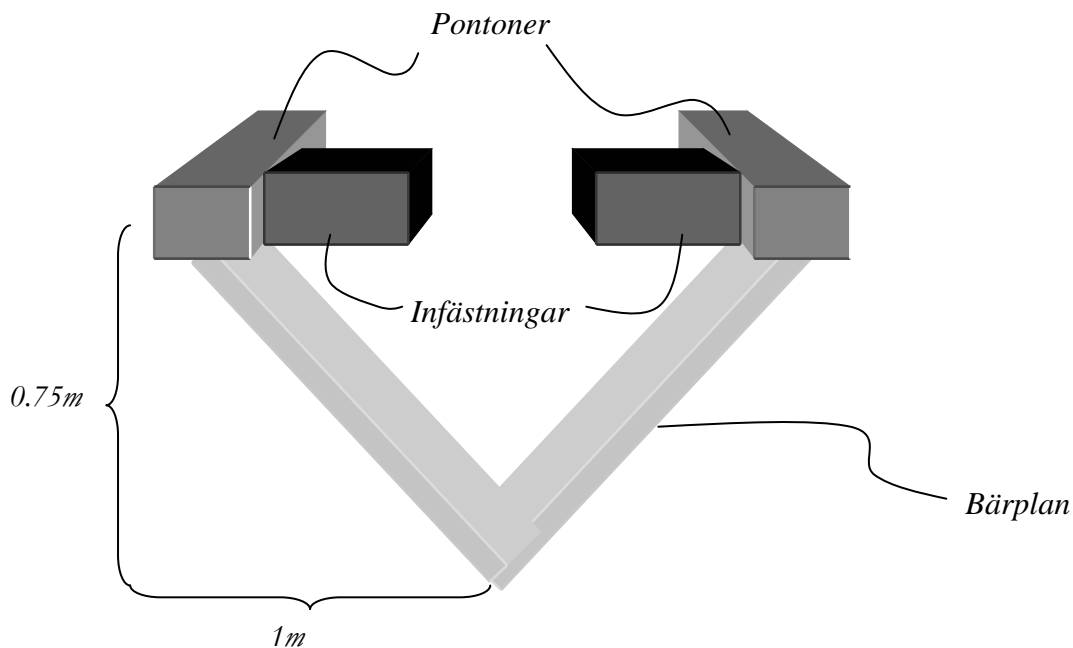
$$W_{\text{aktre bärplan}} = \left\{ \begin{array}{l} \rho_{\text{kärna}} = 80 \text{ g/dm}^3 \\ \rho_{\text{komposit}} = 1460 \text{ g/dm}^3 \text{ eller } 1860 \text{ g/dm}^3 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} W_{\text{infästningar}} = 0.4 + 5.3 = 5.7 \text{ kg} \\ W_{\text{bärplan}} = 0.93 \text{ kg} \end{array} \right\} = 6.2 \text{ kg}$$

Summa hittills: 31,2 kg

Främre bärplan

Så som det akre bärplanet bör det främre bärplanet samt infästningarna vara väldigt böjstyva och återigen tillverkas av sandwich. Däremot pontonerna kan vara ganska tunna, ty de ej utsätts för större påfrestningar.

Huvudbärplanet approximeras som ett antal geometriska kroppar, nämligen 2 st rätblock som återspeglar pontonerna, 2 st balkar som återspeglar bärplanen samt 2st balkar som återspeglar infästningar, se figur 2.



Figur 2. Det främre bärplanet approximerad med ett antal geometriska kroppar.

Rätblocken (pontonerna) är 1 mm tjocka och har dimensioner 1000x200x200mm. Dess volym och vikt är då

$$V_{ponton} = 2 \cdot (10 \cdot 2 \cdot 2 - 9.98 \cdot 1.98 \cdot 1.98) = 2 \cdot (40 - 39.12) = 1.8 \text{ dm}^3$$

$$W_{ponton} = 1860 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \cdot 1.8 \text{ dm}^3 = 3.25 \text{ kg}$$

De 2 balkarna som återspeglar bärplanet är av storleken 1250x80x8 mm och är solida. Volymen och vikten blir då:

$$V_{\text{främre bärplan}} = 2 \cdot (12.5 \cdot 0.8 \cdot 0.08) = 2 \cdot 0.8 = 1.6 \text{ dm}^3$$

$$W_{\text{bärplan}} = \left\{ \rho_{\text{kolfiber}} = 1460 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \right\} = 1.48 \cdot 1.6 = 2.3 \text{ kg}$$

De resterande 2 balkarna som beskriver infästningarna är av dimensionen 300x200x200 mm och är 3mm tjocka.

$$V_{infästningar} = 2 \cdot (3 \cdot 2 \cdot 2 - 2.94 \cdot 1.94 \cdot 1.94) = 2 \cdot (12 - 11.1) = 1.8 dm^3$$

$$W_{infästningar} = \left\{ \begin{array}{l} \rho_{kärna} = 80 \text{ g/dm}^3 \\ \rho_{glasfiber} = 1860 \text{ g/dm}^3 \end{array} \right\} = 0.88 + 2.9 = 4.7 kg$$

Summa hittills: 41.5 kg

Huvudkroppen

Huvudkroppen, dvs. skrovet approximeras som en ihålig 3D-triangel med mått 3500x800x600 mm och konstanta tjockleken på väggarna 3mm. Volymen och vikten blir enligt nedan.

$$V_{skrov} = \left(\frac{30 \cdot 7 \cdot 6}{2} \right) - \left(\frac{29.94 \cdot 6.94 \cdot 5.94}{2} \right) = 630 - 617 = 12.9 dm^3$$

$$W_{skrov} = 1860 \text{ kg/dm}^3 \cdot 12.9 dm^3 = 23.9 kg$$

Summa hittills: 65.4 kg

Plexiglaskupan

Densiteten på plexiglas är 1.18 g/cm³ [5] därför antas att kupan är 1 mm tjockt och approximeras som en 4de del av en klot.

$$V_{kupan} = \frac{\left(\frac{4\pi(r_{ytte}^3 - r_{inre}^3)}{3} \right)}{4} = \frac{\pi}{3} (r_{ytte}^3 - r_{inre}^3) = \frac{\pi}{3} (8.00^3 - 7.99^3) = 2.01 dm^3$$

$$W_{infästningar} = 1.18 \text{ kg/dm}^3 \cdot 2.01 dm^3 = 2.4 kg$$

Summa hittills: 67.9 kg

Övrigt

Extrautrustning som kommer att behövas är t.ex förarstolen och styrning kommer att driva upp vikten ytterligare några kilo, vilket uppskattas till 5 kg. En full tank på 10 liter kommer också att installeras.

Summa hittills: 72.8 kg

Slutsats

Lösningen genomfördes med väldigt stora formapproximationer då t.ex skrovet approximerades som en triangelvolym. Därför kan det hända att det riktiga skrovet kommer att väga några kilo mer eller mindre. Det har inte heller tagits hänsyn till att konstruktionen kommer att innehålla förstävningar för att öka hållfastheten. De kan också i sin tur driva upp vikten ett antal kilo.

Slutligen är det inte till fullo bestämt hur geometrin för hela båten kommer att vara.

För övrigt har viktgränsen på 100 kg inte överskridits, vilket är ett tillfredställande resultat.

Rekommendationer

Vid nästa designförändringar (t.ex tjockleken på vissa detaljer) hänvisas till matlabkoden på Aquapedens hemsida där den aktuella viken kan beräknas.

Referenser

- [1] DIABs hemsida http://www.diabgroup.com/europe/literature/e_pdf_files/ds_pdf/H_DS_EU.pdf
- [2] Kalkylatorn från <http://www.netcomposites.com/composite-tools-calculators.asp>
- [3] Aquapedens designspecifikation
<http://flygmac7x.flyg.kth.se/~boat/pdokument/pdokument.html>
- [4] Ulf Lindbergs rapport om bärplansoptimering
<http://flygmac7x.flyg.kth.se/~boat/pdokument/pdokument.html>
- [5] <http://www.bjornjonsson.se/pdf/fyabformelsamling.pdf>

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifyllt checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
528. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
529. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
530. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
531. Uppnås syftet?	Ja	Ja
532. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
533. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
534. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
535. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
536. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
537. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
538. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
539. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
540. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
541. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
542. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
543. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
544. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
545. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
546. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
547. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		
548. Arbetet har utförts i samarbete med :		

549. Rapporten är korrekturläst av :		
550. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	3
<p data-bbox="183 315 1161 369">551. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p data-bbox="183 383 1166 465">Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.</p>		-

Motor styrning



JACOB ROCKSTRÖM
jacobro@t.tkh.se
0709-731628

Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>10/10-2006</i>
Versionsnummer:	<i>0.1</i>
Handledt av:	<i>Stefan Hallström</i>
Granskad av:	<i>Magnus Sundberg</i>
Nedlagd arbetstid:	<i>10</i>

Sammanfattning

Det klart enklaste är att använda den befintliga då det inte kommer att kosta några extra pengar eller ta upp tid från projektet. Det är även enklast att montera av och på motorn men det är inte den mest användarvänliga lösningen. Om en annan styrning med ratt eller dylikt ändå vill användas är en mekanisk lösning med vajrar det som passar Aquapeden bäst med tanke på behov och pris då en hydraulisk styrning är överdimensionerad för en sådan liten farkost.

Bakgrund

För en pendlingsfarkost är det viktigt att styrningen är enkel och bekväm att använda men den bör även vara billig samt enkel att tillverka och montera. Alla modifikationer som gör på motorn måste gå att återställa till sitt ursprungliga skick då motorn som används bara är till låns.

Mål

Målet med denna rapport är att undersöka vilka olika alternativ som finns för att styra Aquaped. Kravspecifikationen nämner inget om styrningen men en lösning som är billig, inte ger massa extra vikt och är enkel att montera/använda är önskvärt. Motorn som ska användas är en 4-takts utombordare från Yamahas på 4hk.

Styrssystem

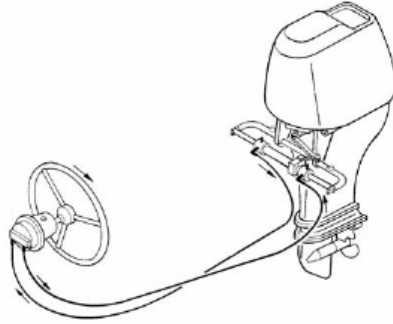
Följande system för att styra motorn har undersökts, mekanisk styrning, hydraulisk styrning samt att använda det befintliga styrsystemet på motorn.

Mekanisk styrning

Med mekanisk styrning menas här att en styrvajer användes som är kopplad mellan en ratt och motorn. Det är ett rätt så enkelt system och det är relativt billigt, en 2 m styrvajer kostar ca 1000 kr. Nackdelar med ett sådant system är att det kan vara glapp i styrningen samt att båten kan vandra i sidled om ratten släpps. Det finns inga färdiga satser till en sådan här liten motor vilket gör att vissa enkla modifikationer måste göras då motorn inte har någon fästpunkt för en sådan styrning.

Hydraulisk styrning

Med ett hydrauliskt system används en rattpump som applicerar en kraft genom slangar till en styrcylinder vid motorn. Pumpen består av ett antal kolvar och en backventil så inga krafter från motorn kan överföras till ratten. I ett hydraulsystem är det också rätt så lätt att anpassa antal rattvarv till fullt roderutslag. Andra fördelar är att den håller kvar motor i samma position även om ratten släpps och de klarar av kraftigare motorer bättre än en mekanisk styrning. Men ett hydrauliskt system är dyrt, prisexempel på ett komplett hydraulsystem 6000 kr. De är anpassade för mycket kraftigare motorer de svagaste hydraulsystemen klarar ändå en motor på 150 hk vilket är betydligt överdimensionerat för den givna 4 hk som ska användas i aquaped. Inte heller här finns någon fästpunkt på motorn för hydraulisk styrning, det skulle bli lite svårare att montera en hydraulisk styrning jämfört med en mekanisk.



Figur 1. Bild av ett hydrauliskt system.

Befintlig styrning

På motorn finns redan en befintlig styrning i form av en rorkult. Att använda denna befintliga lösning skulle vara den billigaste och lättaste lösningen då inga modifikationer behöver göras på motorn. Nackdelar är att det är den obekvämast lösningen, dels för att man styr bakom ryggen samt att styret är i direkt kontakt med motorn och föraren utsätts för vibrationer. En sak som kan skapa stora problem här är placeringen av motorn, då aquaped har bärplan behöver motorn vara placerad lågt för att propellern ska vara under ytan vilket ytterligare kan försvåra användningen av den befintliga styrningen.

Övrigt

Om ett mekaniskt eller hydrauliskt system används måste även andra modifikationer göras förutom själva styrningen. Ett gasreglage måste kopplas fram vilket är betydligt svårare än att ordna styrningen då ingen färdig sats enkelt kan användas. Även hur växlingen ska gå till bör ses över, motorn har 3 lägen back, neutral och fram. Det kanske går att bara sträcka sig bak och använda den befintliga då den kanske inte används så ofta. Slutligen kan starten behöva ses över men den är nog också svår att modifiera. Båda lösningarna försvårar också hanteringen av motorn då det blir svårare att lossa motorn från akterspegeln

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
552. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
553. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
554. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
555. Uppnås syftet?	Ja	Ja
556. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
557. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
558. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
559. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
560. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
561. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
562. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
563. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
564. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
565. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
566. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
567. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
568. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
569. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
570. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
571. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja

572. Arbetet har utförts i samarbete med : Magnus Sundberg		
573. Rapporten är korrekturläst av : Magnus Sundberg		
574. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3	3
575. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Plan för etanolkonvertering



MAGNUS SUNDBERG
msundber@t.kth.se
0735-094100

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *aquaped*
Datum: *18/01-2007*
Versionsnummer: *1.0*
Handledt av: *Anders Rosén*
Nedlagd arbetstid: *1h*
Granskad av: *Jacob Rockström*

Inledning

Vid konvertering av motorn behövs det en plan att följa, konverteringen av motorn hålls ganska enkel, då marinstudenter ska utföra konverteringen utan större erfarenhet sen tidigare av etanolkonvertering.

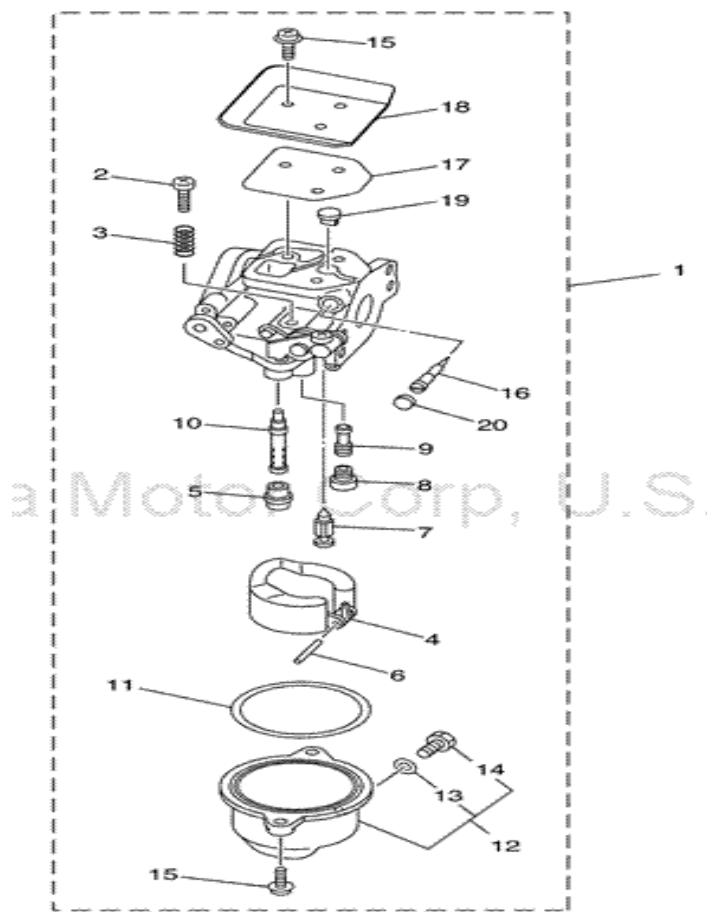
Analys

Plan för etanolkonvertering:

1. Beställa en verkstadshandbok med sprängskisser på motorn eller kopior med sprängskisser på de olika delarna i motorn
2. Börja med att ta bort förgasaren
3. Ta bort munstycket
4. Köp ett nytt munstycke och borra upp det till rätt diameter, sätt tillbaka munstycket.
5. Sätt tillbaka förgasaren och byt motorolja.
6. Skruva upp tomgångsskruven och testa tills det funkar.

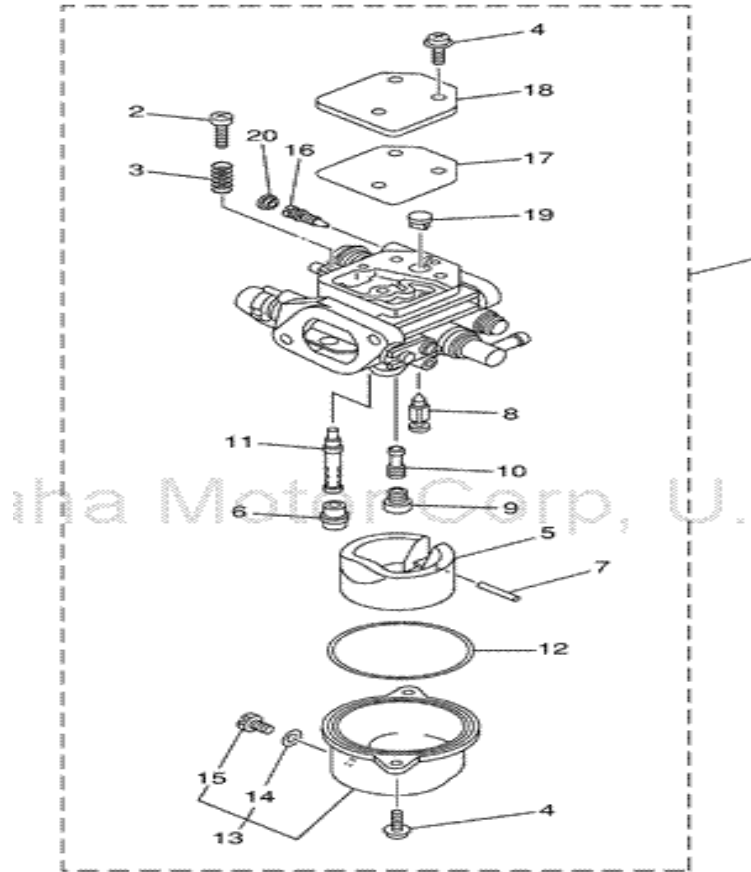
Vidare, om det skulle visa sig att det kommer ut oförbränt bränsle så får tändningen ses över, det kräver en ny plan.

Bilderna nedan visar sprängskisser av förgasarna med tillhörande detaljspecifikation, hämtad från Yamahas hemsida[1]



Figur 28: 4 hk-motorn

1	67D-14301-13-00	CARBURETOR ASSY 1	1
2	6E5-14321-00-00	.SCREW, THROTTLE	1
3	6J8-14334-00-00	.SPRING, THROTTLE	1
4	68T-14385-00-00	.FLOAT	1
5	67D-14966-00-00	.RUBBER CAP	1
6	67D-14386-00-00	.PIN, FLOAT	1
7	67D-14546-00-00	.VALVE, NEEDLE	1
8	67D-1492E-34-00	.JET, MAIN (#68)	1
9	67D-1492F-18-00	.JET, AIR SLOW (#36)	1
10	67D-1492A-00-00	.NOZZLE, MAIN	1
11	67D-14984-00-00	.GASKET, FLOAT CHAMBER	1
12	67D-14981-00-00	.BODY, FLOAT CHAMBER	1
13	6J8-14959-00-00	.GASKET	1
14	66T-14991-00-00	.PLUG, DRAIN	1
15	97980-04112-00	.SCREW, WITH WASHER	5
16	67D-14323-00-00	.SCREW, AIR ADJUSTING	1
17	67D-14536-00-00	.GASKET	1
18	67D-14527-01-00	.PLATE	1
19	67D-14126-00-00	.PLUG	1
20	67D-1432A-00-00	.PLUG	1



Figur 29: 6 hk-motorn

1	68R-14301-12-00	CARBURETOR ASSY 1	1
2	6E5-14321-00-00	.SCREW, THROTTLE	1
3	6J8-14334-00-00	.SPRING, THROTTLE	1
4	97980-04112-00	.SCREW, WITH WASHER	5
5	68T-14385-00-00	.FLOAT	1
6	67D-14966-00-00	.RUBBER CAP	1
7	67D-14386-00-00	.PIN, FLOAT	1
8	68T-14546-00-00	.VALVE, NEEDLE	1
9	68T-1492E-37-00	.JET, MAIN (#74)	1
10	68T-1492F-1K-00	.JET, AIR SLOW (#39)	1
11	68T-1492A-00-00	.NOZZLE, MAIN	1
12	67D-14984-00-00	GASKET, FLOAT CHAMBER	1
13	68T-14981-00-00	BODY, FLOAT CHAMBER	1
14	6J8-14959-00-00	GASKET	1
15	66T-14991-00-00	.PLUG, DRAIN	1
16	67D-14323-00-00	.SCREW, AIR ADJUSTING	1
17	67D-14536-00-00	GASKET	1
18	67D-14527-00-00	.PLATE	1
19	68T-14126-00-00	.PLUG	1
20	67D-1432A-00-00	.PLUG	1

Slutsats

Det är ganska rakt på, följ planen och se om det fungerar.

Referenser

9. <http://www.yamaha-motor.com/outboard/parts/home.aspx>

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
576. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	ja
577. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	Ja
578. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	Ja
579. Uppnås syftet?	ja	Ja
580. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	Ja
Tekniskt innehåll		
581. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	Ja
582. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	Ja
583. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
584. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
585. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
586. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	ja
587. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	nej	nej
Presentation		
588. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	ja	Ja
589. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	nej	Nej
590. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	ja	Ja
591. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	ja	Ja
592. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	Ja
593. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	Ja
594. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	ja
Övrigt		
595. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	ja	ja
596. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
597. Rapporten är korrekturläst av : _____		-

598. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3	3
<p>599. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p>L3, L6</p>		-

Etanolkonvertering av utombordare



MAGNUS SUNDBERG
msundber@t.kth.se
073-5094100

Kurs:	<i>Marindesign/Lättviktsdesign</i>
Projekt:	<i>Aquaped</i>
Datum:	<i>03/10-2006</i>
Versionsnummer:	<i>(1,1)</i>
Handlett av:	<i>Stefan Hellström</i>
Granskad av:	<i>Jacob Rockström</i>

Sammanfattning

Vid konvertering av en utombordare från bensen till etanol är det framförallt den ökade bränslemängden som motorn behöver vid drift av etanol som man behöver ta hänsyn till. För att öka bränslemängden borrar man upp munstycket till förgasaren så att motorn får ca 30 % mer bränsle. Det betyder att diametern på munstycket in till förgasaren bör ökas med 14-18 %. Även tändningen kan behöva justeras för att få en jämn gång.

Inledning

En del av det här projektet är att konvertera en 4-takts utombordare till etanoldrift. Utombordaren är en 4 hk Yamaha som projektgruppen har fått till låns av Yamaha under projektiden. Förfrågan har gjorts om förbränningsmotorteknik skulle vara intresserade av att göra konverteringen. Dessvärre har förbränningsmotorteknik så mycket att göra så det finns inte tillräckligt med tid till ytterligare ett projekt. Dessutom har de redan konverterat en utombordare en gång, så det har inte något direkt nyhetsvärde för dem heller. Detta medför att konverteringen kommer att hållas enkel för att kunna hinnas med inom de ramar som projektgruppen har. I denna rapport kommer motorns huvuddata att presenteras, samt kort presentation av hur konverteringen bör genomföras.

Motordata

F4A	
Motortyp	1-cylindrig, 4-takt
Diameter och slag	59 x 41 mm
Cylindervolym	112 cc
Propelleraxelexeffekt	2,9 kW / 4500 v/min
Varvtal vid max. gaspådrag	4000-5000 v/min
Vikt (standardmodell)	22 kg
Förgasare	1 förgasare
Bränsletank volym	1 liter
Oljetank	0,5 liter
Smörjsystem	Våtsump
Tändsystem	TCI
Utväxling	13:27
Startsystem	Manuellt
Trim	Manuellt (4°,8°,12°,16°,20°)

Rigglängd (lång) 508 mm



Konverteringen

För att konvertera motorn från bensindrif till etanoldrift behövs en viss modifikation göras. Modifikationen i stora drag går igenom här nedan.

1. Borra upp munstycket till förgasaren så att den får ca 30 % mer bränsle, det betyder att man måste öka diametern på munstyckshålet med 14-18%. Anledningen till att man måste öka bränsletillförseln är att förhållandet mellan bensin och etanol är 1:1.3 i energiinnehåll.

När den ovanstående modifikation är gjord får man testa motorn. Detta görs lämpligen med ett konstant gaspådrag, om man märker att den går dåligt chokar man och ser om det går bättre. Går det bättre med choken är blandningen för vag och då borrar man upp hålet lite till och testar igen. Eventuellt kan man behöva ställa om tändningen. Även bränslepumpen kan behöva ses över, om man eventuellt behöver byta membran så att den ger mer bränsle. Då konverteringen är genomförd kan man räkna med att motorns effekt ökar. Detta beror på att etanolen tillför syre bundet med bränslet och därmed ökar verkningsgraden. För att öka effekten ytterligare bör kompressionen ökas och tändningen eventuellt tidigareläggas.

Fördelar med etanol:

- Lägre bränslekostnader
- Miljövänligare än bensin
- Högre verkningsgrad och därmed effektivare motor

Nackdelar med etanol:

- Högre bränsleförbrukning
- Åtkomligheten av E 85 på skärgårdsmackar

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
600. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
601. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
602. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
603. Uppnås syftet?	Ja	Ja
604. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
605. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
606. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
607. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
608. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
609. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
610. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
611. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
612. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
613. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
614. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Ja
615. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
616. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
617. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
618. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
619. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja
620. Arbetet har utförts i samarbete med : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		

621. Rapporten är korrekturläst av : Christian Lindeen och Johan Ruzsits		
622. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3	3
<p>623. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p>Denna rapport har ökat min förståelse för hur man strukturerar ett projekt. Även möjligheten att skriva en teknisk rapport med utgångspunkt från ett kravdokument följer lärande målen. I och med denna rapport så kan arbetet dra igång med projektet.</p>		-

Gasreglage



MAGNUS SUNDBERG
msundber@kth.se
073-5094100

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *16/11-2006*
Versionsnummer: *1.0*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Nedlagd arbetstid: *3 h*
Granskad av: *Jacob Rockström*

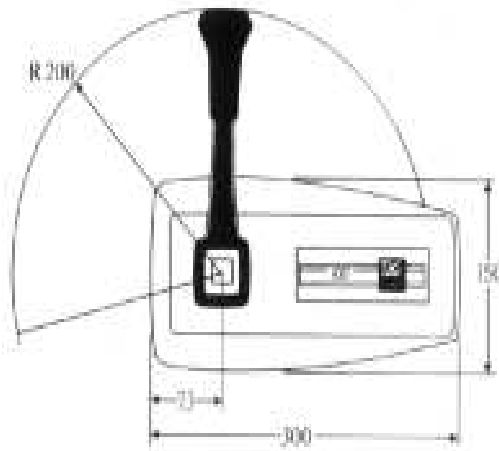
Sammanfattning

Ett gasreglage skulle vara ganska lätt att koppla till motorn så att det går att gasa, däremot blir det lite mer problematiskt att kunna växla med samma reglage, då det behövs en egen lösning av problemet eftersom motorn inte är förberedd för ett externt gas/växel-reglage.

Inledning

För att kunna gasa och växla Aquapeden på ett smidigt sätt önskas det göras från sittbrunnen. Det innebär att motorn måste modifieras en aning, då ett gasreglage är en önskvärd lösning på detta problem. Syftet med denna rapport är att hitta någon form av gasreglage och hur det ska kopplas till motorn, som inte är förberedd för att installera ett gasreglage.

Gasreglage:



TFX Reglage 700SO

Sidmonterat enkelreglage
För utombordsmotorer.
Finns med Power Trim och/eller
Interlock. Kan kompletteras med
elektrisk startspärr[1].

Kostnaden för ett sånt här reglage ligger på ungefär 1000 kr. Därtill ska en gasvajer köpas och den kostar ungefär 50 kr/m. Till Aquapeden har enklast tänkbara gasreglage antagits vara tillräckligt. Det som behövs är nämligen bara att kunna gasa och lägga i växel. För gasreglaget och gasvajern har det ingen större betydelse om motorn är 4 hk eller 6 hk. För att koppla in gasreglaget behöver man modifiera motorn en aning, genom att byta ut eller förlänga befintlig gasvajer och dessutom koppla växelföraren så att den samverkar med reglaget. Det ska däremot tilläggas att om motorhiss är en önskvärd lösning till problemet att motorn behöver verka på olika höjder vid olika hastigheter måste gasvajern vara tillräckligt lång och dessutom dras till motorn på ett smart sätt. Gasvajern bör dras ut från ena sidan av akterspegeln, så att höjdskillnaden gör så lite inverkan som möjligt på gasvajern.

Fortsatt studie av gasreglaget

Det som måste utredas mer för gasreglaget är hur växelföraren ska kopplas till reglaget. Det kan vara bra att kolla på ett reglage och se hur det är inkopplat med motorn. Alternativa lösningar är att antingen växla direkt på motorn med befintlig växelpinne, eller göra en egen lösning som går att koppla till gasreglaget.

Slutsats

Att koppla in gasreglage till motorn så att det går att gasa är inga större problem, däremot är det svårare att kunna växla motorn.

Referenser

10. www.lidingomarin.se/pdf/2_reglage.pdf

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

<i>Generellt intryck</i>	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
624. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
625. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
626. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
627. Uppnås syftet?		Ja
628. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
<i>Tekniskt innehåll</i>		
629. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	-
630. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
631. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
632. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
633. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
634. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
635. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
<i>Presentation</i>		
636. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
637. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
638. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	Ja	Ja

639. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
640. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
641. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
642. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särkrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
643. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja
644. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		
645. Rapporten är korrekturläst av : _____ JAR _____		
646. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3	3
647. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc): Att skriva en teknisk rapport		-

Motorbrunn



JACOB ROCKSTRÖM MAGNUS SUNDBERG
jacobro@t.kth.se msundber@t.kth.se
0709-731628 0735-094100

Kurs: *Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *24/1-2007*
Versionsnummer: *1*
Handledt av: *Stefan Hallström*
Nedlagd arbetstid: *(25 h), (25 h)*
Granskad av: *DAE*

Sammanfattning

För montering av motorn behövs antingen en akterspegel eller en motorbrunn. Eftersom motorn skall placeras så pass långt ner som möjligt anses motorbrunn vara det bästa alternativet. Motorbrunnen kommer att tillverkas med hjälp av två stycken pluggar. Den ena pluggen är uppdelad i tre delar och den andra är bara en del. Motorbrunnens två delar kommer sen att limmas fast i skrovet. Efter en FEM-analys av motorbrunnens motorplatta visar det sig att motorplattan knappt påverkas av det moment som motorn ger, vilket är bra. I aktre delen av motorbrunnen kommer de aktre bärplansstötterna att fästas, vilket gör att skrovet måste förstärkas lokalt där. Denna förstärkning kommer att göras med plywoodskivor innanför skrovet som plastas dit. På aktersstöttan kommer en gummiplatta fästas på insidan av stöttan och en aluminiumplatta på utsidan av stöttan, där bultarna kommer att sitta. Infästningen av stöttan ska hållas med hjälp av friktionen.

Inledning

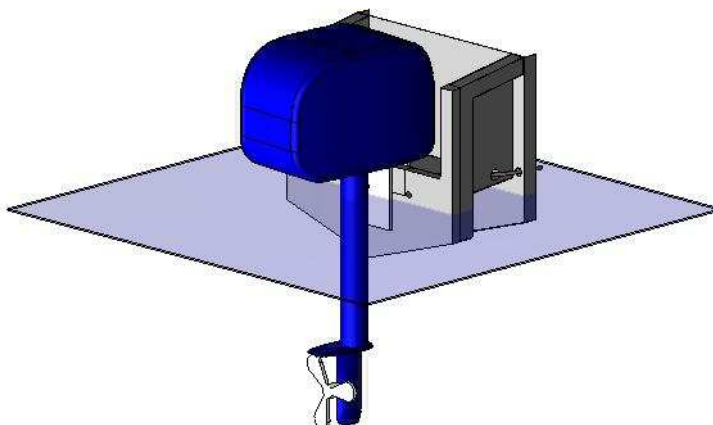
Vid tillverkning av skrovet är det tänkt att tillverka skrovet utan någon akter. Anledningen till det är att det ska bli lättare att få ut formen. Det innebär att aktern eller motorbrunnen tillverkas separat. Denna förstudie visar förslag på hur motorbrunnen kan utformas. Det ges även förslag på pluggar för tillverkning av motorbrunnen.

För att motorbrunnen ska hålla för de krafter och moment som den kommer att utsättas för, kommer motorplattan att FEM-analyseras. Det kommer även ges förslag på lokala förstärkningar där akte bärplansstöttan infästs i skrovet.

Motorbrunn

Tanken med att ha motorbrunn är att kunna placera motorn så pass lågt som möjligt, utan att det för den sakens skull kommer in vatten i sittbrunnen. Motorbrunnen kommer att vara 40 cm djup och ha självlänsningshål i botten, för att snabbt och enkelt få ut det eventuella vattnet som kommer in vid starten och vid nedgången från bärplans mod till deplacerande mod.

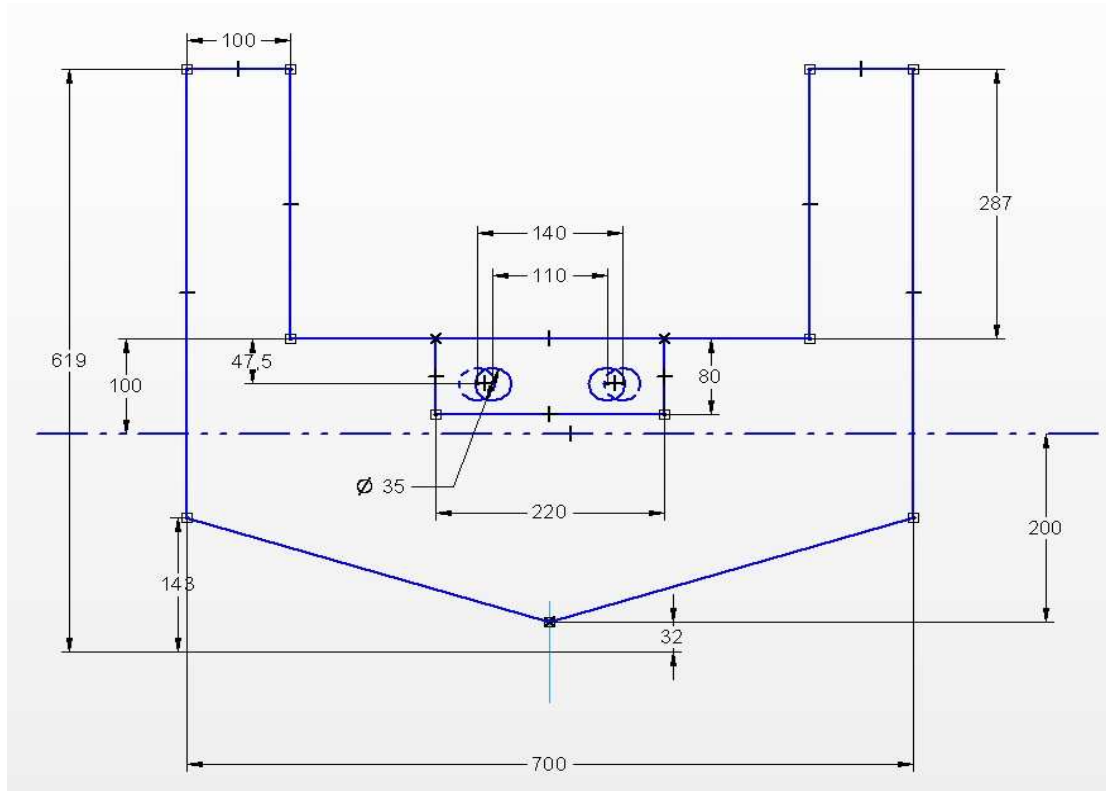
Bilden nedan visar hur motorbrunnen med fastmonterad motor skulle se ut.



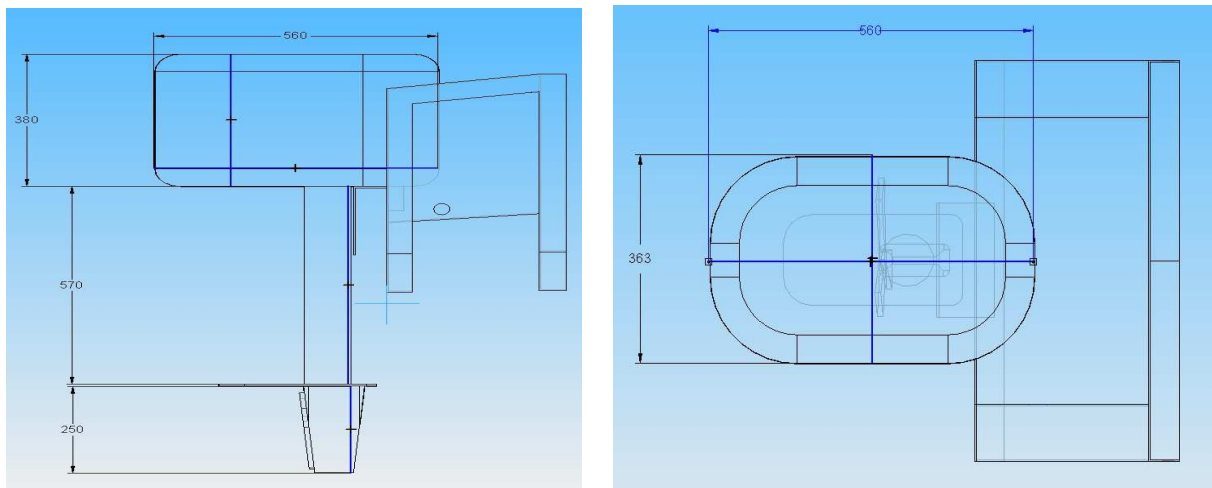
Figur 30:6 hk Motor och motorbrunn

Motorns placering

Motorn ska placeras så långt ner som möjligt, följande bilder visar måtten på akterspegeln, samt hur långt ner det är möjligt att placera motorn.



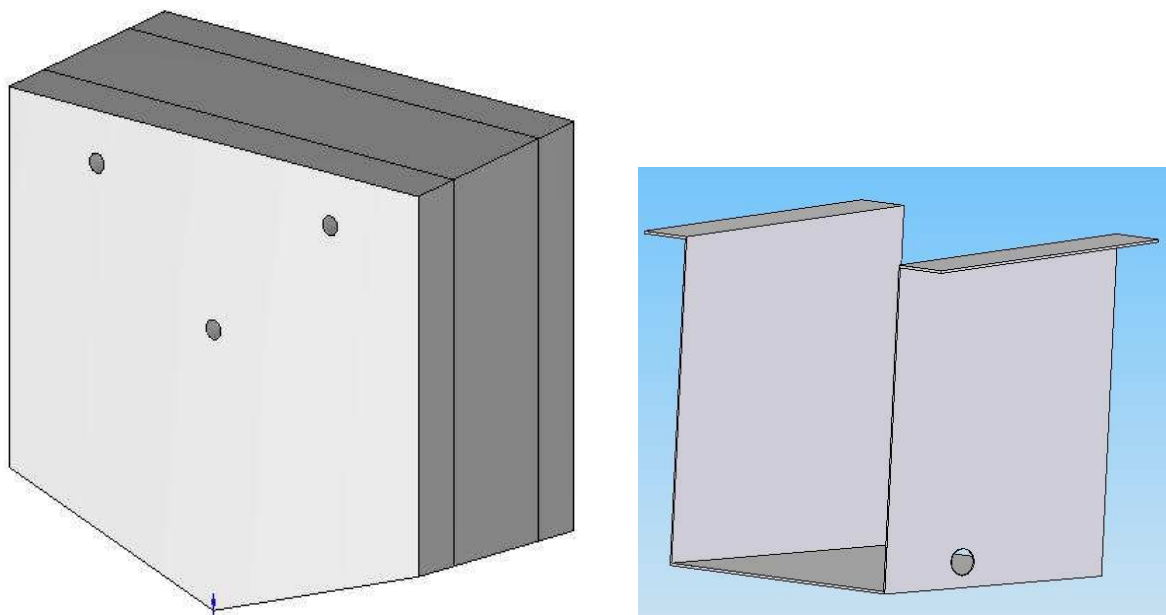
Figur 31: Akterspegelskiss



Figur 32: 6hk monterad, vy från sidan och ovanifrån

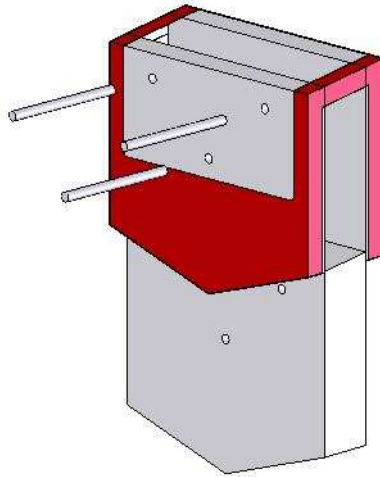
Pluggförslag

Det vore snyggt att tillverka pluggen i ett stycke, men på grund av byggtkniska skäl kommer det här förslaget att bli två pluggar till motorbrunnen. Förslag till de två pluggarna visas i figur 4.



Figur 33: två pluggar för motorbrunnen

Tanken med den vänstra pluggen är att man plastar utanpå hela pluggen med två lager glasfiber. Pluggen är tillverkad i frigolit som är billigt, som sen kläs med byggplats för att få en släppande yta. Den högra formen görs på liknande sätt. När det är dags att lossa formen från laminatet görs det som bilden nedan visar.



Figur 34: Pluggsärning

Som synes av bilden ovan så säras pluggen genom att dra ut de längsgående pinnarna och sen dra ned mittendelen. Pluggen består av tre delar och efter det att mittendelen är utdragen är det ingen konst att få bort de andra två delarna. De röda områdena i bilden är de som ska plastas. I motorplattan och i båtens akterspegel ska corecell lamineras in. När detta är gjort limmas den första delen av motorbrunnen fast i skrovet och förstärkningar längs motorplattan plastas in. Efter det limmas den andra delen på som är den högra pluggen i figur 4.

Ett annat pluggförslag är att man gör en hel plugg i ett hårt skum och plastar på båda sidorna av den. Man får då en motorbrunn som är en hel sandwichkonstruktion. Tanken är då att ha tjockare skum i motorplattan och i akterspegeln. Dessa två ytor plastas med två lager och resterande ytor som även har tunnare skum som kärnmateriel plastas med ett lager glasfiber. Detta förslag kan bli lite problematiskt, då antagligen vikten ökar något och även utrymmet i sidorna där styrkabeln ska gå minskar. Eftersom styrkabeln behöver en krökningsradie på 35 cm kan det bli svårt att få plats med den i sidan med detta förslag.

Moment från motorn

I och med att motorns kraft verkar så pass långt ner blir det ett betydande moment på akterspegeln där motorn fästs i akterspegeln. Motorn har en propelleraxeleffekt på 2,9 kW och ska framdriva båten i 15 knop. Framdrivningskraften som verkar nere vid propellern beräknas enligt

$$p = F \cdot v \Rightarrow F = \frac{p}{v} \Rightarrow F = \frac{2900 \cdot 3,6}{15 \cdot 1,852} = 375,8N$$

(1)

där p är propelleraxeleffekten, F är framdrivningskraften och v är båtens fart i m/s. Med hjälp av framdrivningskraften kan momentet uppe vid motorinfästningen på motorplattan beräknas

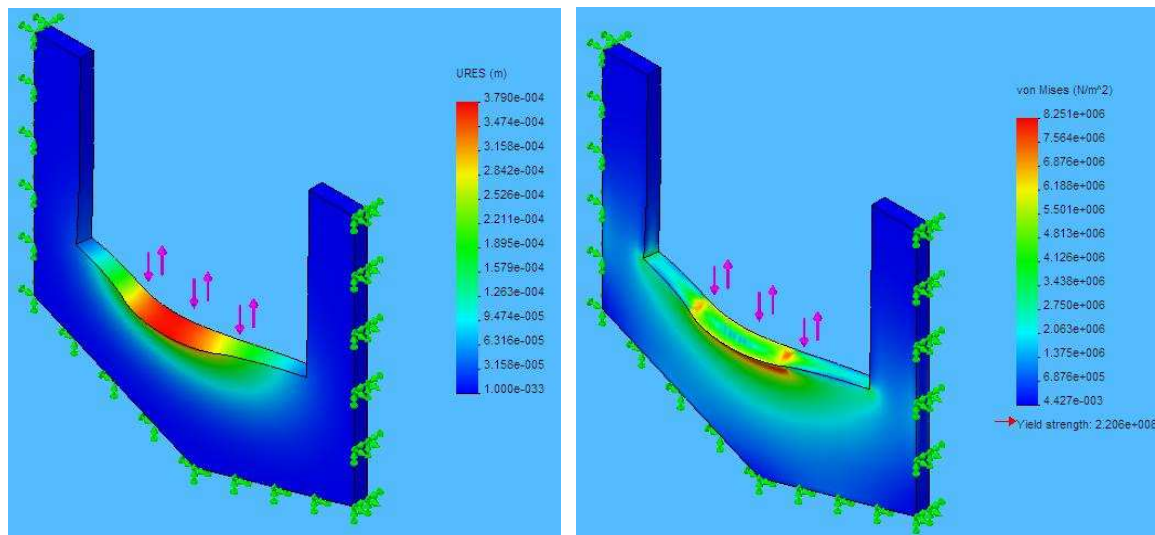
$$M = F \cdot x \Rightarrow M = 375,8 \cdot 0,6 = 225Nm$$

(2)

där x är hävarmen[m] räknad från propellernavet till infästningspunkten på motorplattan, M är momentet.

FEM-analys av motorplattan

För att få en uppfattning av hur momentet från motorn påverkar motorinfästningsplattan har en FEM-analys utförts. Med hjälp av FEM-analysen kommer man att kunna se vilka spänningar och förskjutningar som råder i plattan. För att förenkla analysen i programmet har analysen utförts för homogent trä med en tjocklek på 30 mm, med en E-modul på 13 GPa. Motorplattan ska egentligen vara en sandwichkonstruktion bestående av 30 mm corecell med två lager glasfiber på vardera sida. Approximationen är svagare än det verkliga fallet, eftersom även motorbrunnen kommer att ge förstivande egenskaper, vilket gör att approximationen är en bra säkerhetsmarginal. Figureerna nedan visar förskjutningarna på plattan, samt von Mises spänningarna.



Figur 35: Förskjutningar till vänster och von Mises spänningar i figuren till höger

Det visar sig att vid det aktuella momentet så blir den maximala förskjutningen för träplattan ungefär 0,4 mm, vilket är acceptabelt. Spänningarna är som väntat högst i mitten och avtar sedan utåt, med undantag för kanterna där spänningen ökar något. Den högsta spänningen är 8,3 MPa och brottgränsen för denna skiva ligger på 220 MPa, så marginalen är god.

Infästning av aktre bärplansstötta

Eftersom det är önskvärt att kunna ändra anfallsvinkeln på de aktre bärplanen kommer det att bultas fast i skrovet. Det innebär att det måste till förstärkningar i skrovet där stöttan ska bultas fast för att klara de krafter som verkar på bärplansstöttan. Krafterna som verkar i bärplansstöttan står i [1]. Förstärkningarna som är tänkta är två plywoodskivor(10-12 mm) som är inplastade på insidan av skrovet som sträcker sig mellan motorplattan och båtens akterspegel för båda bultarna. På utsidan av bärplansstöttan kan det vara bra att ha aluminiumbrickor/plattor som fördelar trycket då man spänner åt bultarna. Även någon form av tunnare gummiplatta skulle vara bra att ha mellan bärplansstöttan och skrovet, vilken skulle vara fäst i bärplansstöttan. Gummiplattan skulle öka friktionen vilket är en avgörande

faktor vid infästningen, då det är friktionen som bildas då bultarna dras åt som ska hålla bärplansstöttan på rätt plats.

Slutsats/Diskussion

Eftersom motorn ska placeras så pass långt ner vore det bra att ha en slang från avgasutblåset som leds uppåt, så att det inte sköljs in vatten i avgasutblåset om motorn t.ex. skulle lägga av. Angående motorbrunnsförslagen rekommenderas det första förslaget, då det är mer platsbesparande. Hållfasthetsmässigt är det inga problem, konstruktionen kommer att hålla mer än väl och även förstyyva upp skrovet ordentligt i aktern.

Referenser

1. Eckerdal, D, *APFB_Bärplanens infästning*, Stockholm 2007

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifyllt checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
648. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
649. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
650. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
651. Uppnås syftet?	Ja	Ja
652. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
653. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
654. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Nja
655. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	
656. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
657. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
658. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
659. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
660. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
661. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
662. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	Ja	Näe
663. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
664. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
665. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
666. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
667. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Nej	
668. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
669. Rapporten är korrekturläst av : _____		-
670. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	4

<p>671. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p>L3, L4, L5, L6, L7, L9</p>		
--	--	--

APFS Hållfasthetskrav på de tvärgående spanten



FREDRIK REUTERSWÄRD
freu@kth.se
0739-239186

Kurs: *Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *24/01-2007*
Versionsnummer: *0,1*
Handledt av:
Nedlagd arbetstid: *9*
Granskad av:

Sammanfattning

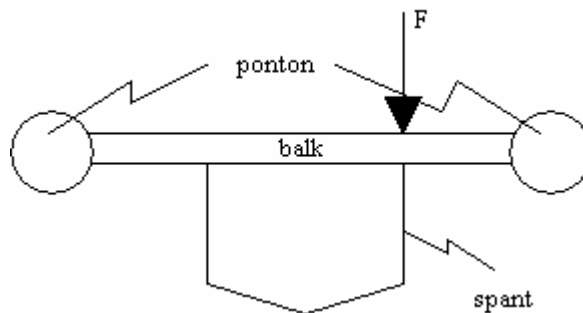
I denna rapport analyseras dimensioner och övriga hållfasthetskrav på de spant som är placerade tvärskepps. Dimensioneringskravet har satts till 5 mm deformation på skrovet då en person balanserar på skrovets kant.

Spanten skall tillverkas i glasfiber och ha rektangulära tvärsnitt på 1,5 gånger 2,5 cm. Skaltjockleken är 2 mm. Endast ett lastfall har studerats i analysen. Ytterligare lastfall kan behöva studeras i framtiden.

Vidare kommer rapporten fram till att det inte finns någon ekonomisk vinning i att tillverka spanten i kolfiber- istället för glasfiberkomposit. Kolfiber sparar dock in cirka fyra gånger vikten. Det är oklart hur mycket denna viktbesparing skulle påverka Aquaped som helhet.

Problemformulering

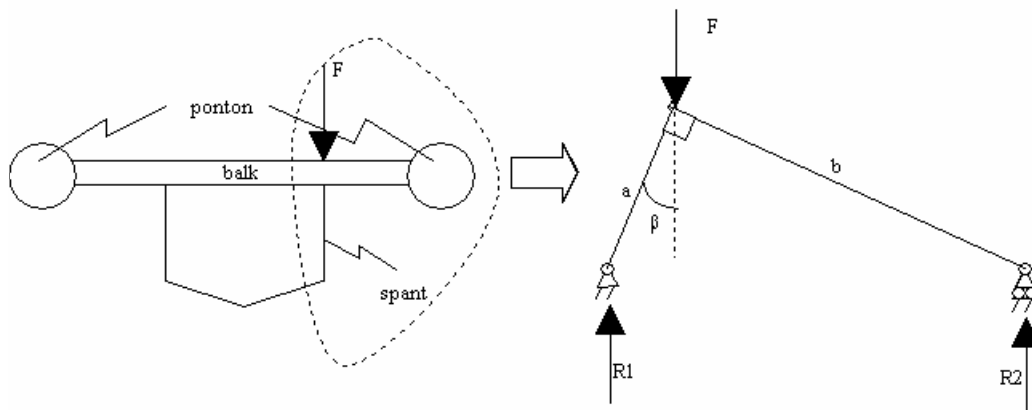
Syftet med denna studie är att analysera vilka dimensioner som krävs på de spant som går tvärskepps. Det lastfall som studerats visas i figur 1.



Figur 1. Aquaped sedd framifrån. Kraften F motsvarar en person som står på kanten.

Analys

På grund av den tidsbrist som råder för denna analys, förenklas problemet kraftigt enligt figur 2.



Figur 2. Del av spantet, samt balken som håller pontonen. Aquaped lutar en vinkel β då den belastas.

Detta ger att

$$R_1 = F - F \sin^2 \beta \quad (1)$$

och

$$R_2 = F \sin^2 \beta \quad (2)$$

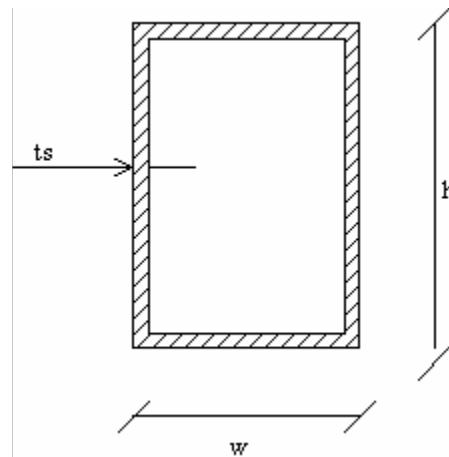
Nu kan den komplementära energin i konstruktionen tecknas som [1]

$$\bar{W} = \frac{(a+b)}{6 \cdot EI} (F - F \sin^2 \beta) \cdot a \sin \beta)^2 \quad (3)$$

där EI är materialets böjstyvhet. Enligt Castiglianos andra sats fås nu utböjningen δ i F 's riktning som

$$\delta = \frac{\partial \bar{W}}{\partial F} = \frac{1}{3EI} \cdot (a+b) \cdot (F - F \sin^2 \beta) \cdot a^2 \sin^2 \beta \cdot (1 - \sin^2 \beta) \quad (4)$$

Spantet antas vara en rektangulär sandwichkonstruktion där tvärsnittet har mått enligt figur 3. I beräkningarna antas kärnmaterialets E-modul vara betydligt mindre än skalets, varför tvärsnittet ses som ihåligt.



Figur 3. Spantens tvärsnitt.

Yttröghetsmomentet I blir således [1]

$$I = \frac{t_s h^3}{6} + \frac{t_s w h^2}{2} \quad (5)$$

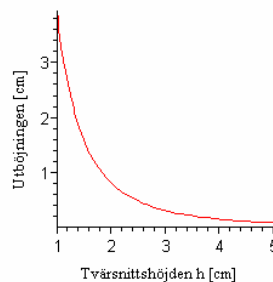
Spänningarna som uppstår i spannet approximeras som

$$\sigma_{\max} = \frac{F \cdot \cos \beta}{2t_s (w+h)} + \frac{R_1 \cdot a \sin \beta}{2hwt_s} \quad (6)$$

det vill säga normalspänningar som uppstår till följd av trycket från kraften F plus normalspänningar som uppstår på grund av det böjande momentet.

Resultat

E-moduler för $[0/90^\circ]$ mattor av glas- respektive kolfiberkomposit beräknades enligt ekvation 22 i "Hållfasthetskrav på bärplanen". Dessa uppgår till 22GPa, respektive 77GPa. Vidare sätts $t_s = 2\text{mm}$ (samma tjocklek som skrovet), $w = 1,5\text{ cm}$ och $F = 1000\text{N}$. Aquapeds krängning antas $\beta = 30^\circ$. Utböjningen kan nu plottas som funktion av h , vilket illustreras i figur 4.



Figur 4. Utböjningen som funktion av tvärsnittshöjden för glasfiberkompositen.

Det framgår att $h = 2,5\text{ cm}$ ger en utböjning på 5 mm, vilket anses som tillräckligt lite. För kolfiberkompositen erhålls $t_s = 0,6\text{ mm}$ för samma mått på h och w .

Spänningarna som uppstår enligt ekvation 6 uppgår till endast 63MPa för glas- respektive 210MPa för kolfiberkompositen. Detta ger stor säkerhet mot brott.

Enligt rapporten "Hållfasthetskrav på bärplanen" är densiteten för kompositerna 1860 respektive 1445 kg/m^3 . Detta gör att glasfiberlösningen väger drygt fyra gånger mer än kolfiberlösningen. Då kolfiber är cirka fem gånger dyrare per kg än glasfiber, görs ingen ekonomiskt vinst på att använda kolfiber i spanten.

Slutsats

En rektangulär sandwichkonstruktion med ett tvärsnitt på 2,5 gånger 1,5 cm med skaltjockleken 2 mm borde vara tillräckligt. Skalet tillverkas i samma material som resten av skrovet, med fiberriktningar i $[0 / 90^\circ]$.

På grund av tidsbrist har denna analys genomförts med grova förenklingar. Beräkningarna bör ändå vara konservativa. Det är därför troligt att noggrannare beräkningar kan minska spantens dimensioner.

I analysen har balken som håller pontonerna på plats antagits ha samma böjstyvhet som spanten. Det är dock rimligt att anta att balken kommer att vara betydligt styvare än spantet, vilket i sin tur kommer att leda till att spantens dimensioner kan minskas ytterligare.

Referenser

11. Sundström, B: *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära*. Institutionen för hållfasthetslära, KTH, Stockholm, 1998.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
672. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	
673. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	
674. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	
675. Uppnås syftet?	ja	
676. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	
Tekniskt innehåll		
677. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	
678. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	
679. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	ja	
680. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	ja	
681. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	
682. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	
683. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	
Presentation		
684. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	ja	
685. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	ja	
686. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	ja	
687. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	ja	
688. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	
689. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	
690. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	
Övrigt		
691. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	ja	
692. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
693. Rapporten är korrekturläst av : _____		-

694. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	
<p>695. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p>Jag tycker att denna rapport behandlar lärandeändamål:</p> <p>L1: arbeta i projektform så att egna och andras kunskaper och ansträngningar utnyttjas effektivt L3: presentera tekniskt arbete muntligt, skriftligt och grafiskt L4: hantera tekniska problem ur ett systemperspektiv L5: angripa komplexa och delvis ofullständigt formulerade problem L6: effektivt utnyttja tillgängliga ingenjörsmetoder och verktyg L8: reflektera över och utvärdera både tekniska lösningar och eget och andras arbete</p>		-

APFB Hållfasthetskrav på bärplanen



FREDRIK REUTERSWÄRD
freu@kth.se
0739-239186

Kurs: *Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *24/1-2007*
Versionsnummer: *0.8*
Handlett av:
Nedlagd arbetstid: *33*
Granskad av: *Johan Ružsits*

Sammanfattning

I denna rapport behandlas hållfasthetskraven som ställs på bärplanen. Rapporten kommer fram till att tjockleken på bärplanens vingprofil bör vara minst 1,5 cm för att minimera bärplanens utböjning. Vidare bör bärplanen tillverkas som en sandwichkonstruktion av enkelriktad, kolfiberarmerad vinylesterkomposit med någon typ av kärna emellan. Skalet på sandwichkonstruktionen bör vara minst 6 mm tjockt för det främre bärplanet och 3,2 mm för det aktre. Vikten beräknas bli ca 1,3 kg per bärplan.

Rapporten kommer även fram till att den optimala placeringen för det aktre bärplanets stöttor är ca 20 % av hela bärplanets längd in från kanten av bärplanet.

I analysen finns en del osäkerheter, till exempel laminatens sträckgränser och vilken volymfraktion fibrer som erhålls i kompositen. För att vara säker på att bärplanen kommer att hålla bör en provbit lamineras och testas.

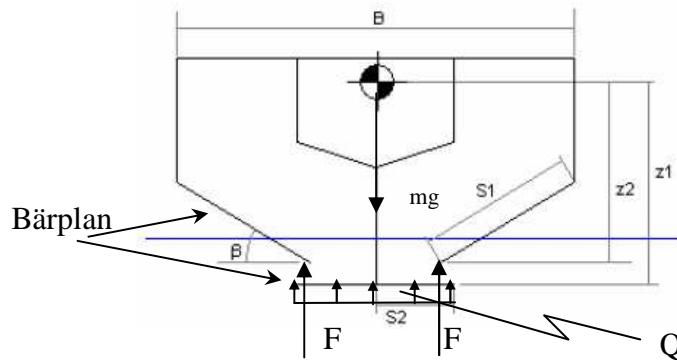
Rapporten behandlar inte heller de tryckkrafter som uppstår på det aktre bärplanet vid stöttornas infästning. Detta lastfall kan behöva studeras vidare.

Innehåll

Problemformulering	273
Analys.....	273
Balkmodell för beräkning av utböjningen av de främre bärplanen.....	273
Balkmodell för beräkning av utböjningen av det akre bärplanet	275
Beräkning av yttroghetsmomentet	276
Beräkning av elasticitetsmodulen.....	277
Spänningsberäkningar	278
Resultat.....	279
Kristoffer Sahlins Bärplan.....	282
Slutsats	282
Referenser.....	284

Problemformulering

Syftet med denna studie är att analysera utböjningen av de främre och bakre bärplanen givet ett specifikt lastfall, Se figur 1. Lastfallet kan beskrivas som att en fullastad Aquaped befinner sig i flygande läge och hålls enbart uppe av krafterna F på de främre bärplanen samt en utbredd last Q på det bakre bärplanet.



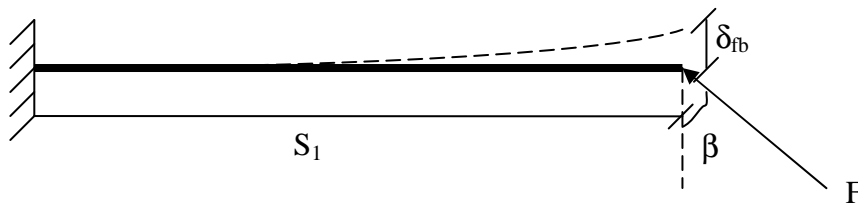
Figur 1. Skiss av det lastfall som studeras

Analys

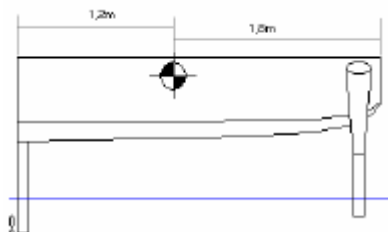
I följande kapitel redovisas analys och antaganden för att beräkna utböjningen på bärplanen. Beräkningar för yttroghetsmoment och elasticitetsmodul är lika för både främre och bakre bärplanen. Skillnaderna i de båda fallen är hur stöttor och krafter påverkar bärplanen.

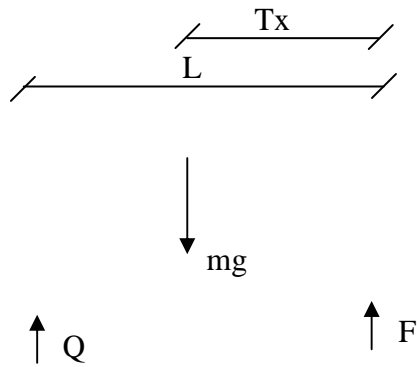
Balkmodell för beräkning av utböjningen av de främre bärplanen

De pontoner som bärplanen är fästa vid i dess övre ände har ingen kontakt med vattenytan i flygande läge, vilket gör att dessa inte har lika höga krav på strömlinjeform som komponenter som sitter under vattenytan. Det är således rimligt att anta att dessa pontoner kommer att vara betydligt styvare än bärplanen. Bärplanen kommer därför att modelleras som balkar som är fast inspända i dess översta ända och fri i den andra, se figur 2.



Figur 2. Balkmodell av ett bärplan





Figur 3. Tyngdpunktens placering i lateral led

I figur 3 visas Aquapedes tyngtpunkt i lateral led. Detta ger att

$$F = \frac{(L - T_x)mg}{L} \cdot \frac{1}{2} \quad (1)$$

och

$$Q = mg - 2F \quad (1')$$

Dock verkar de hydrodynamiska krafterna alltid vinkelrätt mot bärplanet. Den hydrodynamiska kraft F_H som krävs för att åstadkomma kraften F är således

$$F_H = \frac{F}{\cos \beta} \quad (2)$$

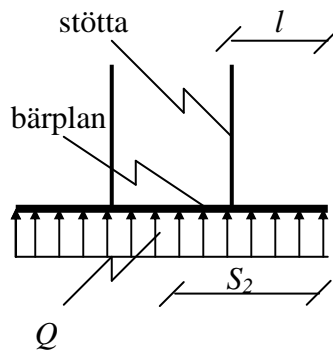
Utböjningen δ_{fb} blir enligt [1]

$$\delta_{fb} = \frac{F_H S_1^3}{3EI} \quad (3)$$

Där E är materialets elasticitetsmodul och I är bärplanets yttroghetsmoment.

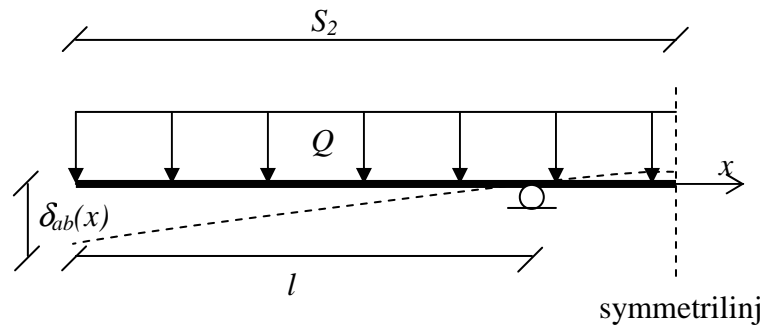
Balkmodell för beräkning av utböjningen av det aktre bärplanet

Det aktre bärplanets geometri visas i figur 4.



Figur 4. Aktre bärplanets geometri och krafter

Detta lastfall modelleras med en balk som visas i figur 5.



Figur 5. Balkmodell av det aktre bärplanet

Denna balkmodell löses med hjälp av elastiska linjens ekvation, som säger att [1]

$$EI \cdot \frac{d^4}{dx^4} \delta_{ab}(x) = \frac{Q}{S_2}$$

(4)

Med randvillkor enligt följande

$$\delta_{ab}(l) = 0 \text{ ty utböjningen vid stödet är noll}$$

(5)

$$\frac{d}{dx} \delta_{ab}(S_2) = 0 \text{ ty vinkeln vid symmetrilinjen är noll}$$

(6)

$$\frac{d^2}{dx^2} \delta_{ab}(0) = 0 \text{ ty momentet vid änden är noll}$$

(7)

$$\frac{d^3}{dx^3} \delta_{ab}(0) = 0 \text{ ty tvärkraften vid änden är noll}$$

(8)

fås att

$$\delta_{ab} = \frac{1}{24} \frac{Qx^4}{EIS_2} - \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 x}{EI} - \frac{1}{24} \frac{Ql^4}{EIS_2} + \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 l}{EI}$$

(9)

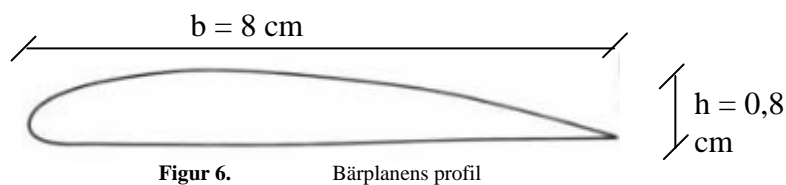
och utböjningen på änden är

$$\delta_{ab} \Big|_{x=0} = \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 l}{EI} - \frac{1}{24} \frac{Ql^4}{EIS_2}$$

(10)

Beräkning av yttroghetsmomentet

Bärplanens profil syns i figur 6, med mått enligt Ulf Lindberg.



För att kunna beräkna yttroghetsmomentet för vingprofilen approximeras denna med en tunnväggig ellips, med samma dimensioner som vingprofilen, skaltjockleken ts och omkretsen O . Omkretsen approximeras med Ramanujans formel [2] vilket ger

$$O = \pi \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{2} \right) \cdot \left(1 + \frac{3f}{10 + \sqrt{4 - 3f}} \right) \text{ där } f = \left(\frac{b-h}{b+h} \right)^2$$

(11)

Yttroghetsmomentet blir

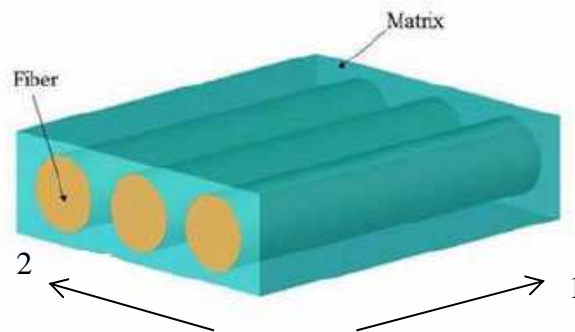
$$I = \frac{ts \cdot O \cdot \left(\frac{h}{2} \right)^2}{2} = \frac{ts \cdot O \cdot h^2}{8}$$

(12)

Beräkning av elasticitetsmodulen

Vingprofilen kommer att tillverkas som en sandwichkonstruktion, där skalet kommer att bestå av fiberarmerad plast med någon typ av kärna inuti. I nedanstående beräkningar antas kärnans elasticitetsmodul, E_k , vara mycket mindre än skalets elasticitetsmodul, E . Detta innebär att kärnans bidrag till böjstyvheten kan försummas.

Skalet i sandwichkonstruktionen byggs upp av flera lager fiberarmerad plast, där varje lager har fibrer i endast en riktning, se figur 7.



Figur 7. Ett lager fiberarmerad plast. 1 anger riktningen längs med fibrerna, och 2 är riktningen tvärs fibrerna.

För att beräkna lagrets egenskaper används blandregeln [3], vilket ger

$$E_1 = E_{fiber} \cdot v + E_{matrix} \cdot (1 - v) \quad (13)$$

$$E_2 = \left(\frac{v}{E_{fiber}} + \frac{1 - v}{E_{matrix}} \right)^{-1} \quad (14)$$

$$G_{12} = \left(\frac{v}{G_{fiber}} + \frac{1 - v}{G_{matrix}} \right)^{-1} \quad (15)$$

$$\nu_{12} = \nu_{fiber} \cdot v + \nu_{matrix} \cdot (1 - v) \quad (16)$$

och

$$\nu_{21} = \frac{E_2 \nu_{12}}{E_1} \quad (17)$$

där v är lagrets volymfraktion fibrer, ν är Poisson's tal och G är skjuvmodulen.

För att beräkna de mekaniska egenskaperna för n stycken av dessa lager ovanpå varandra definieras ett globalt koordinatsystem (x, y) i samma plan som $(1, 2)$ – koordinatsystemet. Vinkeln θ_i definieras som vinkeln mellan x -axeln i det globala koordinatsystemet och 1 -axeln i det lokala koordinatsystemet för varje lager. Varje lager får således en unik rotationsmatris, T_i , och en lokal styvhetsmatris, Q_i [3].

$$T_i = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & 2sc \\ s^2 & c^2 & -2sc \\ -sc & sc & c^2 - s^2 \end{bmatrix} \text{ där } c = \cos \theta_i \text{ och } s = \sin \theta_i \quad (18)$$

$$Q_{ii} = \frac{1}{1 - \nu_{12i}\nu_{21i}} \begin{bmatrix} E_{1i} & \nu_{21i}E_{1i} & 0 \\ \nu_{12i}E_{2i} & E_{2i} & 0 \\ 0 & 0 & G_{12i}(1 - \nu_{12i}\nu_{21i}) \end{bmatrix} \quad (19)$$

Styvhetsmatrisen för hela laminatet, A , fås då som

$$A = \sum_{i=1}^n T_i Q_{ii} T_i^t h_i \text{ där } h_i \text{ är höjden på varje lager [3].} \quad (20)$$

Om

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{26} \\ a_{61} & a_{62} & a_{66} \end{bmatrix} \quad (21)$$

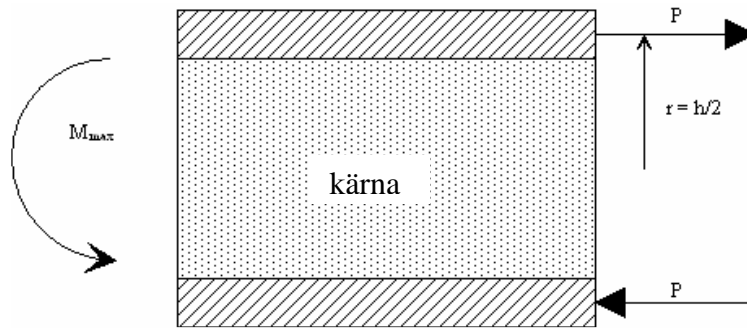
fås att

$$E = E_x = \frac{1}{t_s \cdot a_{11}} \text{ där } t_s \text{ är den totala höjden på laminatet [3].} \quad (22)$$

Samtliga storheter i ekvationerna 3 och 10 är nu kända, vilket medför att utböjningen δ för bärplanen kan beräknas. Detta har gjorts för ett antal olika material och laminat, se kapitlet Resultat.

Spänningsberäkningar

I följande kapitel beräknas spänningarna som uppstår i de främre bärplanen. Spänningarna i det akre bärplanet antas vara mindre än de i de främre, varför dessa inte behandlas. I de främre bärplanen uppstår det maximala momentet M_{max} i infästningen. Detta moment tas upp av en kraft P som verkar i skalet, se figur 8.



Figur 8. Vingprofil med skal och kärna sedd från sidan

$$M_{\max} = F_H \cdot S_1 \quad (23)$$

$$P = \frac{M_{\max}}{h} \quad (24)$$

Således kan krafterna som uppstår i skalet betraktas som rena drag- och tryckkrafter. Då fiberarmerad plast oftast är känsligare för tryck än för drag, kommer kraften P alltid att betraktas som negativ. (Nedre kraften i figur 8).

Då endast symmetriska laminat utnyttjas, kan töjningen, ε_0 , beräknas enligt ekvation 25 [3].

$$\varepsilon_0 = \begin{pmatrix} \varepsilon_{0,x} \\ \varepsilon_{0,y} \\ \gamma_{0,xy} \end{pmatrix} = A^{-1} \begin{pmatrix} N_x \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (25)$$

där N_x har dimensionen kraft/längdenhet, vilket medför att

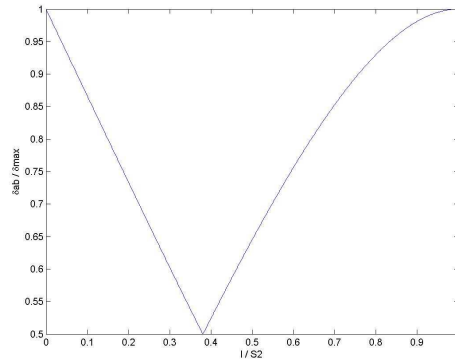
$$N_x = \frac{-|P|}{b} \quad (26)$$

Spänningarna som uppstår i varje lager erhålls sedan ur ekvation 27 [3].

$$\begin{pmatrix} \sigma_{1i} \\ \sigma_{2i} \\ \tau_{12i} \end{pmatrix} = Q_i T_i^t \varepsilon_0 \quad (27)$$

Resultat

Det är av intresse att veta i vilken position l stöttorna till det akre bärplanet gör mest nytta. Ekvation (9) normerades därför och plottades som funktion av l / S_2 i figur 9.



Figur 9. Normaliserad maximalutböjning som funktion av stöttans normaliserade placering längs med x-axeln.

Det framgår av figur 9 att ett stöd gör som mest nytta då det placeras på 39 % av längden S_2 från bärplanets kant. Placeras stöden på dessa avstånd minskas bärplanets utböjning med ungefär hälften jämfört med om stöden placeras på någon kant, det vill säga $l = 0$ eller $l = S_2$. ($l = S_2$ kan liknas vid att endast ha ett stöd). Det framgår även av figur 9 att om $l < 0,39S_2$ kommer den maximala utböjningen hamna mellan de båda stöttorna, medan den maximala utböjningen uppstår på bärplanets ändrar om $l > 0,39S_2$. I nedanstående beräkningar antas det senare.

Utböjningar och spänningar beräknades för bärplanen med mått enligt tabell 1. Då inget i skrovgeometrin hindrar att $l \approx 0,39S_2$ sattes $l = 0,35$ m.

S_1 [4]	1 m
S_2 [4]	0,8 m
β [4]	30°
m [5]	200 kg
l	0,35 m
b [4]	8 cm
h [4]	0,8 cm

Tabell 1. Värderna på de parametrar som används vid beräkningarna

De mekaniska egenskaperna hos de material som användes vid beräkningarna ges av tabell 2.

	kolfiber (IM)	E-glas	vinylester
elasticitetsmodul [GPa]	290 [6]	72 [6]	3.2 [7]
Poisson's tal	0,3 [3]	0.3	0,35 [3]
densitet [kg/m³]	1770 [3]	2600 [7]	1120 [7]

Tabell 2. Materialens mekaniska egenskaper

Materialen lades upp i fyra olika konfigurationer, och utböjningen beräknades för olika antal lager för varje konfiguration. Resultaten av dessa beräkningar redovisas i tabell 4.

	kolfiberväv	kolfiber UD	E-glasväv	E-glas UD
lagertjocklek [mm]	0,4	0,4	0,4	0,4
ytykt [gram]	600	600	600	600
volymfraktion fiber	0,5	0,5	0,5	0,5
densitet [kg/m³]	1445	1445	1860	1860

Tabell 3. Egenskaper för de olika materialkonfigurationerna. Samtliga använder vinylester som matris.

I beräkningarna approximeras en matta som två UD-lager ovanpå varandra, med $\theta = 0^\circ$ respektive $\theta = 90^\circ$. Tjockleken för varje sådant lager är halva lagertjockleken.

antal lager	kolfiberväv		kolfiber UD		E-glasväv		E-glas UD	
	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}
2	1,900	0,468	0,995	0,245	6,586	1,621	3,865	0,951
6	0,633	0,156	0,331	0,082	2,196	0,540	1,288	0,317
12	0,317	0,078	0,166	0,041	1,098	0,270	0,644	0,159
24	0,158	0,039	0,083	0,020	0,549	0,135	0,322	0,079

Tabell 4. Bärplanens utböjningar för ett antal olika konfigurationer. Samtliga δ anges i meter.

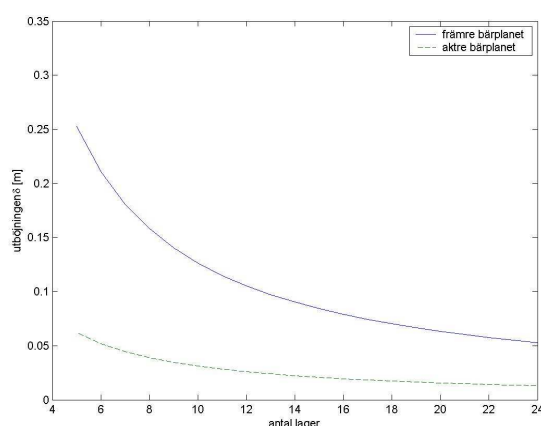
Det framgår av tabell 4 att användandet av E-glas som armering i bärplanet är otänkbart på grund av alldeles för stora utböjningar. Även kolfiberväv ger alldeles för stora utböjningar. Det bästa alternativet ur tjockleks- och viktsynpunkt är således att använda kolfibrer som endast ligger i x-riktningen, det vill säga längs med bärplanen.

Vidare undersöktes vad som händer med utböjningen om bärplanets höjd, h , tillåts vara 1 cm istället för 0.8 cm. Resultatet av denna undersökning redovisas i tabell 5.

antal lager	kolfiber UD	
	δ_{fb}	δ_{ab}
2	0,632	0,156
6	0,211	0,052
12	0,105	0,026
24	0,052	0,013

Tabell 5. Bärplanens utböjningar för kolfiber UD då $h = 1$ cm. δ anges i meter.

Som framgår av tabell 5 finns det mycket att spara genom att höja bärplanets höjd. En höjning med 2 mm ger en minskad utböjning för tolv lager på mer än 6 cm!



Figur 10. Utböjningen som funktion av antal lager kolfiber UD då $h = 1$ cm

I figur 10 plottas utböjningen för bärplanen som funktion av antalet lager. Fjorton lager kolfiber UD ger en utböjning av de främre bärplanen på under 10 cm, medan det aktre bärplanet klarar en utböjning på under 4 cm med endast åtta lager kolfiber UD. Vikten för bärplanen beräknas till 1,3 kg för var och ett av de främre, respektive 1.2 kg för det aktre. Tjockleken blir totalt 1,5 cm för de främre, och 1,3 cm för det aktre.

Slutligen undersöktes spänningarna som uppstår i det främre bärplanet enligt ekvation 27. De största spänningarna som uppstår är tryckspänningar på ca 100 MPa. En grov uppskattning är att ett kolfiber UD-laminat klarar minst 1000 MPa, vilket ger stor säkerhet mot brott.

Alexander Sahlins Bärplan

På samma sätt utfördes beräkningar för att se hur bärplanen som erhållits från Alexander Sahlins presterar om de används på Aquaped. Dessa bärplan är gjorda av aluminium med data enligt tabell 6.

b	11,5 cm
h	13,5 mm
t_s	2,5 mm
elasticitetsmodul	70 GPa
densitet	2700 kg/m ³

Tabell 6. Egenskaper för Kristoffer Sahlins bärplan. Övriga parametrar enligt tabell 1.

Resultaten av beräkningarna syns i tabell 7.

	främre bärplan	aktre bärplan
utböjning, δ	31 cm	7,6 cm
Massa	1,24 kg	2,00 kg
maxspänning	183 MPa	

Slutsats

För de främre bärplanen är det svårt att få ner utböjningen med en total tjocklek på bärplanet på endast 0,8 cm. Rekommendationen blir således att bärplanet görs något tjockare, ca 1,5 cm. Vidare bör bärplanen tillverkas av kolfiber/vinylesterkomposit med enkelriktade fibrer. Det främre bärplanet bör ha minst fjorton sådana lager, medan det aktre klarar sig med åtta. Vilken kärna som används har inte behandlats i denna rapport, men en bra kärna kan säkert minska utböjningen ytterligare.

De största osäkerheterna i analysen är bland annat tjockleken på varje lager fiberarmerad plast. Denna tjocklek är dock inte så viktig så länge den verkliga skaltjockleken, $t_s = 0,4$ mm * antal lager. Vidare är även sträckgränsen på 1000 MPa och volymfraktionen fibrer för laminatet osäker. För att vara helt på den säkra sidan bör en bärplansprofil lamineras och sedan provas för att se att beräkningarna stämmer.

Denna rapport behandlar inte skador som kan uppkomma på det aktre bärplanet på grund av tryck från dess stöttor. Detta bör analyseras vidare.

Jämförs Kristoffer Sahlins bärplan med den rekommenderade kolfiberkonfigurationen ovan, erhålls utböjningar på cirka det tredubbla för det främre bärplanen, respektive dubbla utböjningen för det aktre. Den totala bärplansvikten blir obetydligt högre. Vidare uppgår den maximala normalspänningen i de främre bärplanen till 183 MPa, vilket är mycket, då brottgränsen för aluminium är mellan 95 och 500 MPa beroende på legering och kvalitet. Detta

torde dock inte vara något problem, då dessa bärplan testats på en fullskalemodell av Aquaped med lyckat resultat.

Referenser

12. Sundström, B: *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära*. Institutionen för hållfasthetslära, KTH, Stockholm, 1998.
13. Hämtad den 24 november 2006 från <http://mathworld.wolfram.com/Ellipse.html>
14. Zerkert, D och Battley, M: *Foundations of Fibre Composites*. Stockholm, 2003.
15. Lindberg, U: *APFB Bärplanskonfiguration Aquaped*.
16. Nilsson, J: *Kravspecifikation Aquaped*.
17. Hämtad den 26 november 2006 från <http://www.kolfiber.info.se/>
18. Åström, B.T: *Manufacturing of Polymer Composites*. Department of Aeronautics, KTH, Stockholm, 1997.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
696. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	ja
697. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	ja
698. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	ja
699. Uppnås syftet?	ja	ja
700. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	ja
Tekniskt innehåll		
701. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	ja
702. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	ja
703. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	ja	ja
704. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	ja	ja
705. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	ja
706. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	ja
707. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	ja
Presentation		
708. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	ja	ja
709. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	ja	ja
710. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen..."?	ja	ja
711. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	ja	ja
712. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	ja
713. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	ja
714. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	ja
Övrigt		
715. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	ja	-
716. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
717. Rapporten är korrekturläst av : _____		-

718. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	5
<p data-bbox="183 257 1157 313">719. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p data-bbox="183 369 997 403">Jag har lärt mig mycket om de problem som uppstår när man räknar på kompositer.</p>		-

APFB Hållfasthetskrav på bärplanen



FREDRIK REUTERSWÄRD
freu@kth.se
0739-239186

Kurs: *Lättviktsdesign*
Projekt: *Aquaped*
Datum: *24/1-2007*
Versionsnummer: *0.8*
Handledt av:
Nedlagd arbetstid: *33*
Granskad av: *Johan Ružsits*

Sammanfattning

I denna rapport behandlas hållfasthetskraven som ställs på bärplanen. Rapporten kommer fram till att tjockleken på bärplanens vingprofil bör vara minst 1,5 cm för att minimera bärplanens utböjning. Vidare bör bärplanen tillverkas som en sandwichkonstruktion av enkelriktad, kolfiberarmerad vinylesterkomposit med någon typ av kärna emellan. Skalet på sandwichkonstruktionen bör vara minst 6 mm tjockt för det främre bärplanet och 3,2 mm för det akre. Vikten beräknas bli ca 1,3 kg per bärplan.

Rapporten kommer även fram till att den optimala placeringen för det akre bärplanets stöttor är ca 20 % av hela bärplanets längd in från kanten av bärplanet.

I analysen finns en del osäkerheter, till exempel laminatens sträckgränser och vilken volymfraktion fibrer som erhålls i kompositen. För att vara säker på att bärplanen kommer att hålla bör en provbit lamineras och testas.

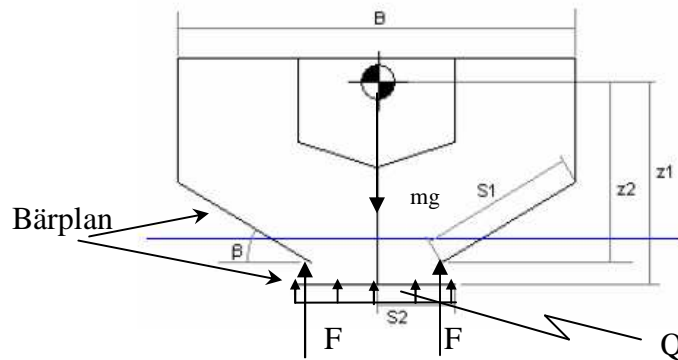
Rapporten behandlar inte heller de tryckkrafter som uppstår på det akre bärplanet vid stöttornas infästning. Detta lastfall kan behöva studeras vidare.

Innehåll

Problemformulering	273
Analys.....	273
Balkmodell för beräkning av utböjningen av de främre bärplanen.....	273
Balkmodell för beräkning av utböjningen av det akre bärplanet	275
Beräkning av yttroghetsmomentet	276
Beräkning av elasticitetsmodulen.....	277
Spänningsberäkningar	278
Resultat.....	279
Kristoffer Sahlins Bärplan.....	282
Slutsats	282
Referenser.....	284

Problemformulering

Syftet med denna studie är att analysera utböjningen av de främre och bakre bärplanen givet ett specifikt lastfall, Se figur 1. Lastfallet kan beskrivas som att en fullastad Aquaped befinner sig i flygande läge och hålls enbart uppe av krafterna F på de främre bärplanen samt en utbredd last Q på det bakre bärplanet.



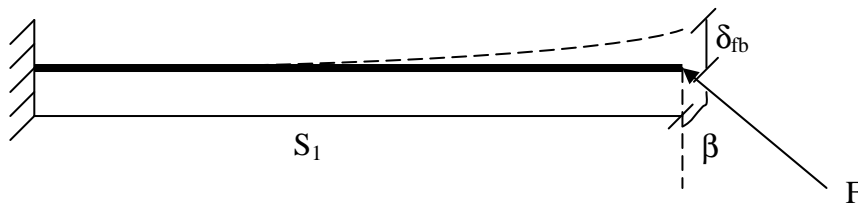
Figur 1. Skiss av det lastfall som studeras

Analys

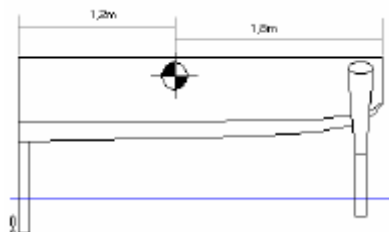
I följande kapitel redovisas analys och antaganden för att beräkna utböjningen på bärplanen. Beräkningar för yttroghetsmoment och elasticitetsmodul är lika för både främre och bakre bärplanen. Skillnaderna i de båda fallen är hur stöttor och krafter påverkar bärplanen.

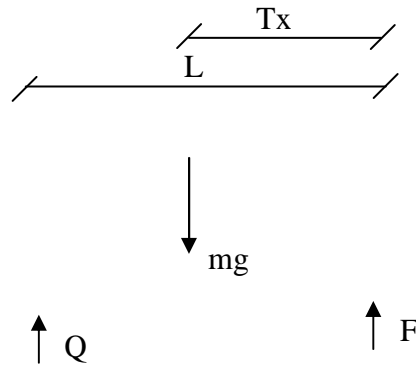
Balkmodell för beräkning av utböjningen av de främre bärplanen

De pontoner som bärplanen är fästa vid i dess övre ände har ingen kontakt med vattenytan i flygande läge, vilket gör att dessa inte har lika höga krav på strömlinjeform som komponenter som sitter under vattenytan. Det är således rimligt att anta att dessa pontoner kommer att vara betydligt styvare än bärplanen. Bärplanen kommer därför att modelleras som balkar som är fast inspända i dess översta ända och fri i den andra, se figur 2.



Figur 2. Balkmodell av ett bärplan





Figur 3. Tyngdpunktens placering i lateral led

I figur 3 visas Aquapedes tyngtpunkt i lateral led. Detta ger att

$$F = \frac{(L - T_x)mg}{L} \cdot \frac{1}{2} \quad (1)$$

och

$$Q = mg - 2F \quad (1')$$

Dock verkar de hydrodynamiska krafterna alltid vinkelrätt mot bärplanet. Den hydrodynamiska kraft F_H som krävs för att åstadkomma kraften F är således

$$F_H = \frac{F}{\cos \beta} \quad (2)$$

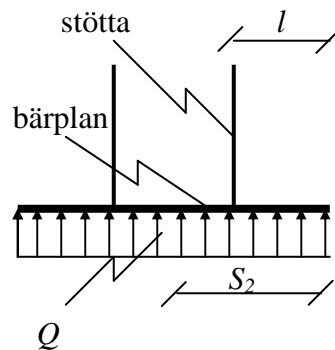
Utböjningen δ_{fb} blir enligt [1]

$$\delta_{fb} = \frac{F_H S_1^3}{3EI} \quad (3)$$

Där E är materialets elasticitetsmodul och I är bärplanets yttroghetsmoment.

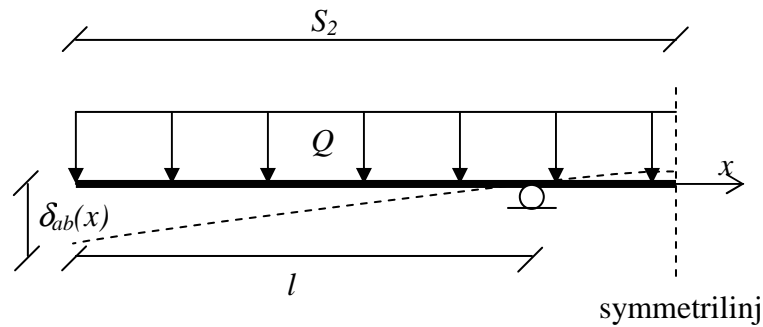
Balkmodell för beräkning av utböjningen av det aktre bärplanet

Det aktre bärplanets geometri visas i figur 4.



Figur 4. Aktre bärplanets geometri och krafter

Detta lastfall modelleras med en balk som visas i figur 5.



Figur 5. Balkmodell av det aktre bärplanet

Denna balkmodell löses med hjälp av elastiska linjens ekvation, som säger att [1]

$$EI \cdot \frac{d^4}{dx^4} \delta_{ab}(x) = \frac{Q}{S_2}$$

(4)

Med randvillkor enligt följande

$$\delta_{ab}(l) = 0 \text{ ty utböjningen vid stödet är noll}$$

(5)

$$\frac{d}{dx} \delta_{ab}(S_2) = 0 \text{ ty vinkeln vid symmetrilinjen är noll}$$

(6)

$$\frac{d^2}{dx^2} \delta_{ab}(0) = 0 \text{ ty momentet vid änden är noll}$$

(7)

$$\frac{d^3}{dx^3} \delta_{ab}(0) = 0 \text{ ty tvärkraften vid änden är noll}$$

(8)

fås att

$$\delta_{ab} = \frac{1}{24} \frac{Qx^4}{EIS_2} - \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 x}{EI} - \frac{1}{24} \frac{Ql^4}{EIS_2} + \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 l}{EI}$$

(9)

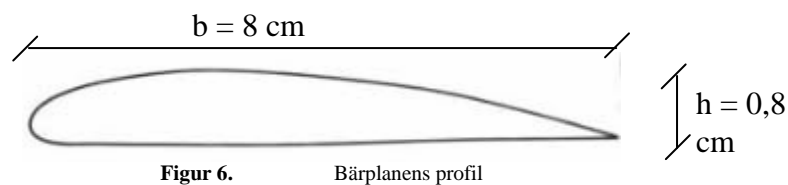
och utböjningen på änden är

$$\delta_{ab} \Big|_{x=0} = \frac{1}{6} \frac{QS_2^2 l}{EI} - \frac{1}{24} \frac{Ql^4}{EIS_2}$$

(10)

Beräkning av yttroghetsmomentet

Bärplanens profil syns i figur 6, med mått enligt Ulf Lindberg.



För att kunna beräkna yttroghetsmomentet för vingprofilen approximeras denna med en tunnväggig ellips, med samma dimensioner som vingprofilen, skaltjockleken ts och omkretsen O . Omkretsen approximeras med Ramanujans formel [2] vilket ger

$$O = \pi \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{2} \right) \cdot \left(1 + \frac{3f}{10 + \sqrt{4 - 3f}} \right) \text{ där } f = \left(\frac{b-h}{b+h} \right)^2$$

(11)

Yttroghetsmomentet blir

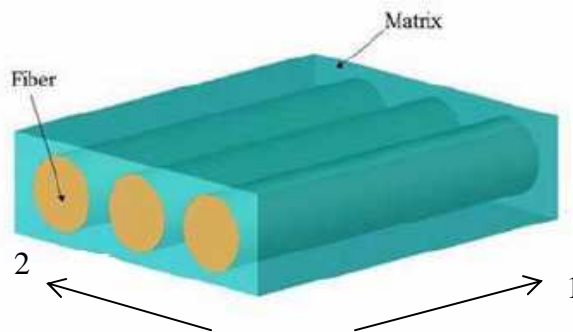
$$I = \frac{ts \cdot O \cdot \left(\frac{h}{2} \right)^2}{2} = \frac{ts \cdot O \cdot h^2}{8}$$

(12)

Beräkning av elasticitetsmodulen

Vingprofilen kommer att tillverkas som en sandwichkonstruktion, där skalet kommer att bestå av fiberarmerad plast med någon typ av kärna inuti. I nedanstående beräkningar antas kärnans elasticitetsmodul, E_k , vara mycket mindre än skalets elasticitetsmodul, E . Detta innebär att kärnans bidrag till böjstyvheten kan försummas.

Skalet i sandwichkonstruktionen byggs upp av flera lager fiberarmerad plast, där varje lager har fibrer i endast en riktning, se figur 7.



Figur 7. Ett lager fiberarmerad plast. 1 anger riktningen längs med fibrerna, och 2 är riktningen tvärs fibrerna.

För att beräkna lagrets egenskaper används blandregeln [3], vilket ger

$$E_1 = E_{fiber} \cdot v + E_{matrix} \cdot (1 - v) \quad (13)$$

$$E_2 = \left(\frac{v}{E_{fiber}} + \frac{1 - v}{E_{matrix}} \right)^{-1} \quad (14)$$

$$G_{12} = \left(\frac{v}{G_{fiber}} + \frac{1 - v}{G_{matrix}} \right)^{-1} \quad (15)$$

$$\nu_{12} = \nu_{fiber} \cdot v + \nu_{matrix} \cdot (1 - v) \quad (16)$$

och

$$\nu_{21} = \frac{E_2 \nu_{12}}{E_1} \quad (17)$$

där v är lagrets volymfraktion fibrer, ν är Poisson's tal och G är skjuvmodulen.

För att beräkna de mekaniska egenskaperna för n stycken av dessa lager ovanpå varandra definieras ett globalt koordinatsystem (x, y) i samma plan som $(1, 2)$ – koordinatsystemet. Vinkeln θ_i definieras som vinkeln mellan x -axeln i det globala koordinatsystemet och 1-axeln i det lokala koordinatsystemet för varje lager. Varje lager får således en unik rotationsmatris, T_i , och en lokal styvhetsmatris, Q_i [3].

$$T_i = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & 2sc \\ s^2 & c^2 & -2sc \\ -sc & sc & c^2 - s^2 \end{bmatrix} \text{ där } c = \cos \theta_i \text{ och } s = \sin \theta_i \quad (18)$$

$$Q_{li} = \frac{1}{1 - \nu_{12i}\nu_{21i}} \begin{bmatrix} E_{1i} & \nu_{21i}E_{1i} & 0 \\ \nu_{12i}E_{2i} & E_{2i} & 0 \\ 0 & 0 & G_{12i}(1 - \nu_{12i}\nu_{21i}) \end{bmatrix} \quad (19)$$

Styvhetsmatrisen för hela laminatet, A , fås då som

$$A = \sum_{i=1}^n T_i Q_{li} T_i^t h_i \text{ där } h_i \text{ är höjden på varje lager [3].} \quad (20)$$

Om

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{26} \\ a_{61} & a_{62} & a_{66} \end{bmatrix} \quad (21)$$

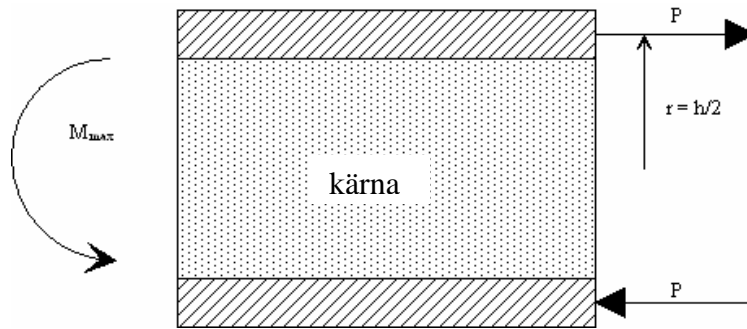
fås att

$$E = E_x = \frac{1}{t_s \cdot a_{11}} \text{ där } t_s \text{ är den totala höjden på laminatet [3].} \quad (22)$$

Samtliga storheter i ekvationerna 3 och 10 är nu kända, vilket medför att utböjningen δ för bärplanen kan beräknas. Detta har gjorts för ett antal olika material och laminat, se kapitlet Resultat.

Spänningsberäkningar

I följande kapitel beräknas spänningarna som uppstår i de främre bärplanen. Spänningarna i det akre bärplanet antas vara mindre än de i de främre, varför dessa inte behandlas. I de främre bärplanen uppstår det maximala momentet M_{max} i infästningen. Detta moment tas upp av en kraft P som verkar i skalet, se figur 8.



Figur 8. Vingprofil med skal och kärna sedd från sidan

$$M_{\max} = F_H \cdot S_1 \quad (23)$$

$$P = \frac{M_{\max}}{h} \quad (24)$$

Således kan krafterna som uppstår i skalet betraktas som rena drag- och tryckkrafter. Då fiberarmerad plast oftast är känsligare för tryck än för drag, kommer kraften P alltid att betraktas som negativ. (Nedre kraften i figur 8).

Då endast symmetriska laminat utnyttjas, kan töjningen, ε_0 , beräknas enligt ekvation 25 [3].

$$\varepsilon_0 = \begin{pmatrix} \varepsilon_{0,x} \\ \varepsilon_{0,y} \\ \gamma_{0,xy} \end{pmatrix} = A^{-1} \begin{pmatrix} N_x \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (25)$$

där N_x har dimensionen kraft/längdenhet, vilket medför att

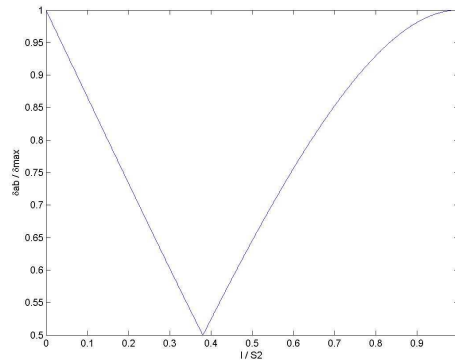
$$N_x = \frac{-|P|}{b} \quad (26)$$

Spänningarna som uppstår i varje lager erhålls sedan ur ekvation 27 [3].

$$\begin{pmatrix} \sigma_{1i} \\ \sigma_{2i} \\ \tau_{12i} \end{pmatrix} = Q_i T_i^t \varepsilon_0 \quad (27)$$

Resultat

Det är av intresse att veta i vilken position l stöttorna till det akre bärplanet gör mest nytta. Ekvation (9) normerades därför och plottades som funktion av l / S_2 i figur 9.



Figur 9. Normaliserad maximalutböjning som funktion av stöttans normaliserade placering längs med x-axeln.

Det framgår av figur 9 att ett stöd gör som mest nytta då det placeras på 39 % av längden S_2 från bärplanets kant. Placeras stöden på dessa avstånd minskas bärplanets utböjning med ungefär hälften jämfört med om stöden placeras på någon kant, det vill säga $l = 0$ eller $l = S_2$. ($l = S_2$ kan liknas vid att endast ha ett stöd). Det framgår även av figur 9 att om $l < 0.39S_2$ kommer den maximala utböjningen hamna mellan de båda stöttorna, medan den maximala utböjningen uppstår på bärplanets ändrar om $l > 0.39S_2$. I nedanstående beräkningar antas det senare.

Utböjningar och spänningar beräknades för bärplanen med mått enligt tabell 1. Då inget i skrovgeometrin hindrar att $l \approx 0.39S_2$ sattes $l = 0,35$ m.

S_1 [4]	1 m
S_2 [4]	0,8 m
β [4]	30°
m [5]	200 kg
l	0,35 m
b [4]	8 cm
h [4]	0,8 cm

Tabell 1. Värderna på de parametrar som används vid beräkningarna

De mekaniska egenskaperna hos de material som användes vid beräkningarna ges av tabell 2.

	kolfiber (IM)	E-glas	vinylester
elasticitetsmodul [GPa]	290 [6]	72 [6]	3.2 [7]
Poisson's tal	0,3 [3]	0.3	0,35 [3]
densitet [kg/m³]	1770 [3]	2600 [7]	1120 [7]

Tabell 2. Materialens mekaniska egenskaper

Materialen lades upp i fyra olika konfigurationer, och utböjningen beräknades för olika antal lager för varje konfiguration. Resultaten av dessa beräkningar redovisas i tabell 4.

	kolfiberväv	kolfiber UD	E-glasväv	E-glas UD
lagertjocklek [mm]	0,4	0,4	0,4	0,4
ytykt [gram]	600	600	600	600
volymfraktion fiber	0,5	0,5	0,5	0,5
densitet [kg/m³]	1445	1445	1860	1860

Tabell 3. Egenskaper för de olika materialkonfigurationerna. Samtliga använder vinylester som matris.

I beräkningarna approximeras en matta som två UD-lager ovanpå varandra, med $\theta = 0^\circ$ respektive $\theta = 90^\circ$. Tjockleken för varje sådant lager är halva lagertjockleken.

antal lager	kolfiberväv		kolfiber UD		E-glasväv		E-glas UD	
	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}	δ_{fb}	δ_{ab}
2	1,900	0,468	0,995	0,245	6,586	1,621	3,865	0,951
6	0,633	0,156	0,331	0,082	2,196	0,540	1,288	0,317
12	0,317	0,078	0,166	0,041	1,098	0,270	0,644	0,159
24	0,158	0,039	0,083	0,020	0,549	0,135	0,322	0,079

Tabell 4. Bärplanens utböjningar för ett antal olika konfigurationer. Samtliga δ anges i meter.

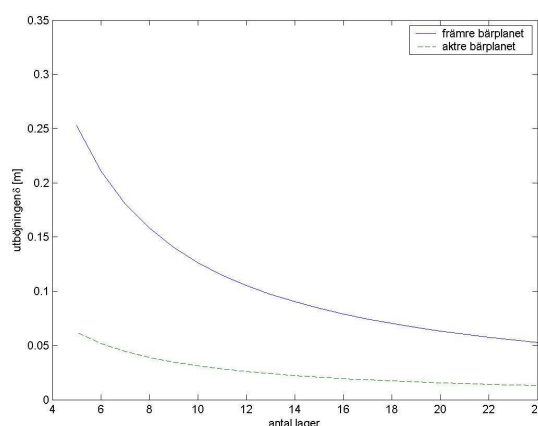
Det framgår av tabell 4 att användandet av E-glas som armering i bärplanet är otänkbart på grund av alldeles för stora utböjningar. Även kolfiberväv ger alldeles för stora utböjningar. Det bästa alternativet ur tjockleks- och viktsynpunkt är således att använda kolfibrer som endast ligger i x-riktningen, det vill säga längs med bärplanen.

Vidare undersöktes vad som händer med utböjningen om bärplanets höjd, h , tillåts vara 1 cm istället för 0.8 cm. Resultatet av denna undersökning redovisas i tabell 5.

antal lager	kolfiber UD	
	δ_{fb}	δ_{ab}
2	0,632	0,156
6	0,211	0,052
12	0,105	0,026
24	0,052	0,013

Tabell 5. Bärplanens utböjningar för kolfiber UD då $h = 1$ cm. δ anges i meter.

Som framgår av tabell 5 finns det mycket att spara genom att höja bärplanets höjd. En höjning med 2 mm ger en minskad utböjning för tolv lager på mer än 6 cm!



Figur 10. Utböjningen som funktion av antal lager kolfiber UD då $h = 1$ cm

I figur 10 plottas utböjningen för bärplanen som funktion av antalet lager. Fjorton lager kolfiber UD ger en utböjning av de främre bärplanen på under 10 cm, medan det aktra bärplanet klarar en utböjning på under 4 cm med endast åtta lager kolfiber UD. Vikten för bärplanen beräknas till 1,3 kg för var och ett av de främre, respektive 1.2 kg för det aktra. Tjockleken blir totalt 1,5 cm för de främre, och 1,3 cm för det aktra.

Slutligen undersöktes spänningarna som uppstår i det främre bärplanet enligt ekvation 27. De största spänningarna som uppstår är tryckspänningar på ca 100 MPa. En grov uppskattning är att ett kolfiber UD-laminat klarar minst 1000 MPa, vilket ger stor säkerhet mot brott.

Kristoffer Sahlins Bärplan

På samma sätt utfördes beräkningar för att se hur bärplanen som erhållits från Kristoffer Sahlins presterar om de används på Aquaped. Dessa bärplan är gjorda av aluminium med data enligt tabell 6.

b	11,5 cm
h	13,5 mm
t_s	2,5 mm
elasticitetsmodul	70 GPa
densitet	2700 kg/m ³

Tabell 6. Egenskaper för Kristoffer Sahlins bärplan. Övriga parametrar enligt tabell 1.

Resultaten av beräkningarna syns i tabell 7.

	främre bärplan	aktre bärplan
utböjning, δ	31 cm	7,6 cm
massa	1,24 kg	2,00 kg
maxspänning	183 MPa	

Slutsats

För de främre bärplanen är det svårt att få ner utböjningen med en total tjocklek på bärplanet på endast 0,8 cm. Rekommendationen blir således att bärplanet görs något tjockare, ca 1,5 cm. Vidare bör bärplanen tillverkas av kolfiber/vinylesterkomposit med enkelriktade fibrer. Det främre bärplanet bör ha minst fjorton sådana lager, medan det aktre klarar sig med åtta. Vilken kärna som används har inte behandlats i denna rapport, men en bra kärna kan säkert minska utböjningen ytterligare.

De största osäkerheterna i analysen är bland annat tjockleken på varje lager fiberarmerad plast. Denna tjocklek är dock inte så viktig så länge den verkliga skaltjockleken, $t_s = 0,4$ mm * antal lager. Vidare är även sträckgränsen på 1000 MPa och volymfraktionen fibrer för laminatet osäker. För att vara helt på den säkra sidan bör en bärplansprofil lamineras och sedan provas för att se att beräkningarna stämmer.

Denna rapport behandlar inte skador som kan uppkomma på det aktre bärplanet på grund av tryck från dess stöttor. Detta bör analyseras vidare.

Jämförs Kristoffer Sahlins bärplan med den rekommenderade kolfiberkonfigurationen ovan, erhålls utböjningar på cirka det tredubbla för det främre bärplanen, respektive dubbla utböjningen för det aktre. Den totala bärplansvikten blir obetydligt högre. Vidare uppgår den maximala normalspänningen i de främre bärplanen till 183 MPa, vilket är mycket, då brottgränsen för aluminium är mellan 95 och 500 MPa beroende på legering och kvalitet. Detta

torde dock inte vara något problem, då dessa bärplan testats på en fullskalemodell av Aquaped med lyckat resultat.

Referenser

19. Sundström, B: *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära*. Institutionen för hållfasthetslära, KTH, Stockholm, 1998.
20. Hämtad den 24 november 2006 från <http://mathworld.wolfram.com/Ellipse.html>
21. Zerkert, D och Battley, M: *Foundations of Fibre Composites*. Stockholm, 2003.
22. Lindberg, U: *APFB Bärplanskonfiguration Aquaped*.
23. Nilsson, J: *Kravspecifikation Aquaped*.
24. Hämtad den 26 november 2006 från <http://www.kolfiber.info.se/>
25. Åström, B.T: *Manufacturing of Polymer Composites*. Department of Aeronautics, KTH, Stockholm, 1997.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!

Generellt intryck	Författare Ja/Nej	Granskare Ja/Nej
720. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	ja
721. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	ja
722. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	ja
723. Uppnås syftet?	ja	ja
724. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	ja
Tekniskt innehåll		
725. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	ja	ja
726. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	ja
727. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	ja	ja
728. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	ja	ja
729. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	ja
730. Går det att följa det tekniska resonemangen?	ja	ja
731. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	ja
Presentation		
732. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följd samt balans mellan olika avsnitt	ja	ja
733. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	ja	ja
734. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera..." medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen...?"	ja	ja
735. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	ja	ja
736. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	ja
737. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	ja
738. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	ja
Övrigt		
739. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	ja	-
740. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
741. Rapporten är korrekturläst av : _____		-

742. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	5	5
<p data-bbox="188 255 1155 313">743. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):</p> <p data-bbox="188 367 995 398">Jag har lärt mig mycket om de problem som uppstår när man räknar på kompositer.</p>		-