



Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Hydrofoil – loď na křídlech

Jan Rozsypal

Spoluautoři: Michal Šereda a Jiří Velík, SSPŠ

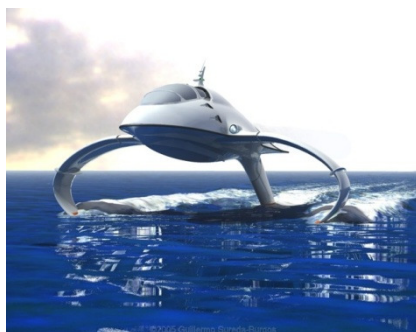
Gymnázium Praha 5, Na Zatlance 11, Praha 5

Gymnázium Praha 5, Na Zatlance 11



Hydrofoil – lod' na křídlech

Odborná práce



Praha 2010

Autor práce: Jan Rozsypal

Spoluautoři: Michal Šereda a Jiří Velík

Vedoucí práce: ing. Michal Schmirler

Vyučující semináře: Šárka Kvasničková

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem odbornou práci vypracoval samostatně a použil jen prameny uvedené v seznamu literatury. Souhlasím s tím, aby práce byla zpřístupněna veřejnosti pro účely studia.

V Praze dne 28.2.2011

Jan Rozsypal

Poděkování

Děkuji panu ing. Schmirlerovi za odbornou pomoc, vedení mé práce a poskytnutí množství informací, včetně zapůjčení Diplomové práce J.Gureckého - Křídlová plachetnice. Děkuji Českému vysokému učení technickému v Praze za poskytnutí prostředků a prostor k realizaci mého projektu. Musím také poděkovat všem, kteří mi pomáhali při realizaci projektu, při zpracování teoretické části a dále pak především svým rodičům.

Obsah:

1	Úvod	5
2	Historie a použití hydrofoilu.....	6
2.1	První prototypy.....	6
2.2	První osobní hydrofoily	8
2.3	Použití hydrofoilu v jachtingu.....	9
2.4	Vojenská aplikace hydrofoilu	12
3	Vývoj 3D modelu.....	14
3.1	Inspirace RC modelem lodi.....	14
3.2	Vývoj částí hydrofoilu s využitím PC	17
3.3	Finální úprava	19
4	Křídla	20
5	Výpočty	21
6	Tvorba webových stránek	23
7	Stavba modelu a její postupy	24
7.1	Použití 3D modelu v praxi	24
7.2	Úprava modelu	25
8	Závěr.....	31
9	Seznam použité literatury	32
10	Seznam obrázků	33

1 Úvod

Projekt hydrofoilujsem si vybral, protože je to spojení koníčku s možnou budoucí profesí. Již od útlého věku jsem se zajímal o lodě a jachting. Dokonce jsem závodil na okruhových plachetnicích, takže jsem byl často v kontaktu s vodou a větrem. Jako mladý jachtař jsem vždy slýchal o francouzském rekordmanovi mezi plachetnicemi – L'Hydroptere. Velký třicetimetrový trimaran¹, který lámal jeden rekord za druhým, ale zároveň lámal a ničil spoustu svých lodí.

Odjakživa se člověk snažil svoje lodě zrychlovat a zlepšovat. Toto téma podle mého názoru posunulo stavbu rychlých lodí velkým skokem dopředu. Hydrofoil je při optimální rychlosti v co nejmenším kontaktu s vodou a zajišťuje tak větší rychlost při sníženém odporu. Zároveň plavba hydrofoilu je velice klidná, jelikož ji neovlivňují vlny. Tedy pokud nejsou vlny příliš vysoké či široké, poté dochází ke ztrátě kontaktu křídla lodě s hladinou a nastává prudký pokles špičky lodě, což může mít ničující následky vzhledem k vysokým rychlostem hydrofoilů. Z toho plyne, že hydrofoil se vyznačuje rychlou klidnou jízdou, sníženou manévrovatelností a především pak omezením momentální velikostí vln.

Tato problematika je látkou vysoké školy a mnohdy se studuje celé čtyři roky bakalářského studia. Neočekávejte prosím odborné pojednání nejvyšší úrovně, které jako student gymnázia nemohu dosáhnout.

Tento projekt vznikl jako spolupráce mezi školami Gymnázium Na Zatlance a Českým vysokým učením technickým v Praze. Zároveň jsem spolupracoval se dvěma studenty Smíchovské SPŠ, Michalem Šeredou a Jiřím Velíkem.

¹ Lod' s jedním hlavním a dvěma vedlejšími trupy.

2 Historie a použití hydrofoilu

Odjakživa se člověk snažil všechno zlepšovat, popřípadě zrychlovat či snad zefektivňovat. Jedním takovým vylepšením je právě použití hydrofoilu v lodním konstruktérství. Snížení odporu a tím pádem docílení vyšší rychlosti při stejném výkonu, byl sen nejednoho konstruktéra. Pojmenování se vztahuje k zvláštnímu tvorovi, který se nazývá Písečný peníz (Sand Dollar, vizObrázek 1). Používá totiž své tělo, které vytvaruje jako křídlo u písečného dna, tak že na jedné straně nasává plankton a různé mořské částice. Toto použití hydrofoilu je ovšem velmi odlišné než to, podle kterého to známe dnes. Teorie hydrofoilu je založena na použití leteckého profilu k získání vztlakové síly. Kombinací tažné a vztlakové síly je docíleno vznesení předmětu nad hladinu a tím dosažení snížení odporu a tření. Tedy, za stejného výkonu motoru docílíme mnohonásobně větší rychlosti. Tato teorie má také své nevýhody. Tím, že je objekt výše ve vzduchu ztrácí svou stabilitu ve vlnách. Velikost nosných nohou, která nesou křídla, určuje přípustnou výšku vln, za kterých může objekt vyplout bez ohrožení poškození.

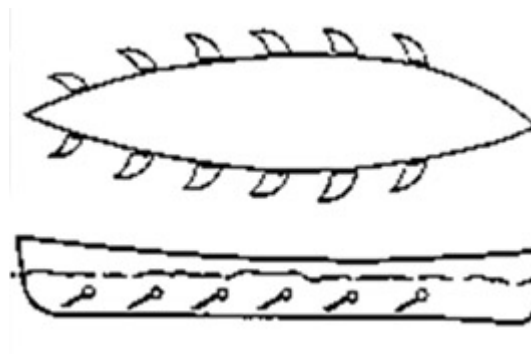


Obrázek 1 Sand Dollar, foto Wikipedia

2.1 První prototypy

První zmínky o Hydrofoilech pochází již z 19. Století. Jako první přišel s nápadem „okřídlené lodě“ francouzský vynálezce Emmanuel Denis Farcot, který si3.

prosine 1869 nechal zaregistrovat patent. Jeho vizí bylo vytvořit zlepšení pro vysokorychlostní lodě, kde by profil umístil na polovinu elipsy. Nakonec se mu podařilo umístit řadu malých křídel podél trupu lodi a tím dosáhl menšího odporu. (vizObrázek 2)



Obrázek 2 Farcotova kresba, foto Hydroptere.com

Ve dvacátém století pokračovaly výzkumy a pokusy s křídlovými loděmi. V roce 1907 se podařilo bratrům Wrightovým postavit katamarán, který byl vybavený postranními křídly. Napřelomu roku 1918 – 1919 americký vynálezce telefonu Alexander Graham Bell a jeho kolega F. W. Baldwin pracovali na projektu nesoucí jméno hydrodromes. Se čtvrtým prototypem stanovili nový světový rekord v motorově pohaněných lodích s hodnotou 70,86 uzlů²(vizObrázek 3). Tento rekord vydržel celé dvě desetiletí. Následujících čtyřicet let se designéři a konstruktéři snažili vymyslet nové typy lodí, které by překonaly vodní rychlostní rekord. Používaly se motory Renault a měnili tvary křídel. Z prvotních návrhů, takzvaných U-foil, tedy křídla jež měly nejčastěji tvar písmene U a V a byly spojeny pod trupem lodi.

²Uzel je jednotka rychlosti plavidla na moři a je definován jako rychlost jedné námořní míle (1.852 m) za hodinu.



Obrázek 3 Ballova a Baldwinova HD-4, foto wikipedia

2.2 První osobní hydrofoily

Výzkumy a hlavně praxe přivedla na svět nový typ křídla, který se zdál vhodnější. Tvar písmene U nahradil obrácený tvar písmene T. Byl stabilnější vůči vlnám a přinášel lepší a bezpečnější pocit z jízdy. Proto mnozí návrháři začali s pracemi na hydrofoilech jako dopravním prostředku. Nejvýznamnější byl německý inženýr Schertel, který už v průběhu druhé Světové války navrhl některé osobní křídlové lodě, musel se ovšem přestěhovat do Švýcarska, aby mohl stavět své lodě, jelikož Německu po Válce nebylo dovoleno stavět vysokorychlostní lodě. Schertel si založil firmu nesoucí název Supramar company. Tato firma vyrobila vůbec první komerční hydrofoil, zvaný zlatý šíp, který se pohyboval na jezeře Maggiore mezi Švýcarskem a Itálií. Zlatý šíp unesl na své palubě třicet pět cestujících a mohl jet rychlostí až 35 uzlů. Supramar změnil své majitele a záhy se rozšířil do Asie, Anglie, Norska či USA. Tato firma byla dokonce oceněna vyznamenáním od Pentagonu a možnosti výzkumu superkavitace, financovaného americkou armádou. Superkavitace se používá především u ponorek, které tímto jevem vlastně letí pod vodou. Superkavitace je jev, při kterém vytvoříte bublinu kolem vašeho objektu a ten je ve

vzduchovém pouzdře, které snižuje odpor a zvyšuje rychlost. Tuto teorii se poté snažili uplatnit při stavbě hydrofoilů, ale bohužel neúspěšně.

Jakmile se však něco děje v USA musí na to reagovat i Sovětský svaz. Ten experimentoval s říčními loděmi. Nejznámější návrhář byl Rostislav Alexejev, který se zasloužil o vznik lodí, jako jsou např. Raketa, Voskhod (vizObrázek 4) či Meteor. Alexejev vykročil ještě dál a pomocí teorie hydrofoilu a povrchového pnutí se mu podařilo vytvořit první ekranoplan, který létá těsně nad hladinou jako mnozí ptáci (vizObrázek 5).



Obrázek 4 Voskhod na Volze, foto riverships.ru



Obrázek 5 Ekranoplan, foto moscowtopnews.com

2.3 Použití hydrofoilu v jachtingu

Velkým skokem pro lidstvo bylo vynalezení motoru. Teorie hydrofoilu už je pouhé vylepšení. Již v dávné historii jsou zmínky o plachetnicích, které nás provázejí

celými dějinami. Jako první spojil vizi plachetnice a hydrofoilu francouzský návrhář a jachtař Claude Tissarand, který zkonstruoval trimaran Veliplane I a ukázal tím tedy možnost využití tohoto typu. Na začátku sedmdesátých let James Grogon přidal křídla třídovému katamaranu Tornádo a stanovil nový rekord pro plachetnice 22.2 uzlů. Slavná jména, jako např. Paul Richard, chtěla použít metodu hydrofoilu pro jejich lodě, které měli překonat rychlostní rekordy přes Atlantický Oceán. Rok 1970 přinesl úplnou novinku, Roland Tiercelin postavil trimaran s křídly a třemi stěžněmi. Americký trifoiler³, Dlouhá Střela, stanovil nový světový rekord, a sice 43.55 uzlů v kategorii A.

Francouzskému katamaránu Techniques Avancées se podařilo stanovit hodnotu 42,12 uzlů v kategorii D. V roce 2007 byl postaven první trimaran z dílny Alain Thébault. L'Hydroptère (viz Obrázek 6) dokázal jet rychlostí 46.88 uzlů, když překonal svůj dva roky starý rekord s hodnotou 44,81 uzlů, obě dvě hodnoty jsou z kategorie D. Tato okřídlená plachetnice, jako první na světě dokázala jet rychlostí přes 50 uzlů, konkrétně 56.3 uzlu. Tento údaj stanovila při maximální momentální rychlosti v prosinci 2010. Toto číslo posunulo lidstvo zase o krok dál, tam, kam si nikdo netroufal ani doufat, že se někdy dostane. Nic ale není zadarmo (viz Obrázek 7).



Obrázek 6 L'Hydroptère, foto YachPals.com

³Trimarán využívající technologii hydrofoilu.



Obrázek 7 Nehoda L Hydropteru, foto YachtPals.com

2.3.1 Lodní třída Moth International

V dnešní době je velice atraktivní malá lodní třída Moth, což je hydrofoil s jedním křídlem a kormidlem (vizObrázek 8). Tato loď se pohybuje velice rychle na svou velikost a přináší diváckou podívanou, v podobě mnohých zvrhávání lodě, rychlé starty či ostré souboje u bójek. Lodě třídy Moth se stalydoprovodnou akcí jednoho z největších jachtařských závodů vůbec – Volvo Ocean Race. Velké týmy mají své lodě (vizObrázek 10) a v každé zastávce závodu se pořádají mini regaty této „netopýří“ lodní třídy.



Obrázek 8 Bladerider Moth, foto thmartinez.com



Obrázek 9 Plachetnice Puma, třídy Moth International, foto e-sport.cz

2.4 Vojská aplikace hydrofoilu

Návrháři bojových lodí, ať už raketových člunů či speciálních bitevních lodí, se snažili o zrychlování, zlepšení zamaskování, tedy o menší pravděpodobnost zásahu navrhované lodě nepřítelem. Ideálním návrhem proto mohl být hydrofoil. Mělo to však svá pro i proti. Loď byla sice rychlejší a stala se složitějším cílem díky své rychlosti, avšak na každé vojenské lodi musí být munice či ničící prostředky, jako např. torpéda a to dělalo vztláčným hydrofoilům problémy. Jelikož loď potřebuje určitý výkon motoru na to, aby se vznesla, ukazovaly se problémy s váhou samotné lodě. Navíc má každý hydrofoil ve vztláčné plavbě problémy s manévrovatelností. To zvyšovalo riziko při leteckých útocích, kdy hydrofoil mohl hůře reagovat na pohyby letadel, popřípadě udělat potřebné obranné manévry. Výhodou se zdálo být, že loď i po zásahu do některého ze svých křídel nemusela být potopena, ale výrazně se snížila její manévrovací rychlost, jelikož již nemohla použít svou vztláčnou rychlost. Loď ve vztláčné rychlosti dosahovala až 40 uzlů, a proto snížení na 15 – 20 uzlů nebylo největší omezení.

Sovětská návrháři raketových člunů, což je válečné plavidlo vyzbrojené řízenými protilodními střelami, použili myšlenku křídlových lodí jako první pro svoje čluny. V roce 1973 postavili ruští návrháři první křídlovou loď s označením 1240

Uragan, NATO označilo tuto loď jako Sarancha. Později byla postavena i loď jménem Project 206MR Vikhr, NATO si označilo tuto loď jako Matka. Tato loď ve službách Osetijské armády byla potopena ve válce o Jižní Osetii ruským námořnictvem.

Američané přišli v roce 1982 s předělanou lodí jménem Pegasus (viz Obrázek 10) třídy hydrofoil. Tato loď měla být postrachem pro všechny velké bitevní lodě a pašeráky. Pegasus dosahoval v neupravené verzi rychlost pouze 12 uzlů (22 km/h), ale po úpravě na hydrofoil se rychlost rapidně zvýšila na 48 uzlů (89 km/h). Tato loď byla dobře vyzbrojena na svou velikost. Na palubě Pegasusu byly dvě čtyřhlavé rakety typu RGM-84 a dělo Otobreda ráže 76 mm.



Obrázek 10 USS Pegasus, foto Wikipedia

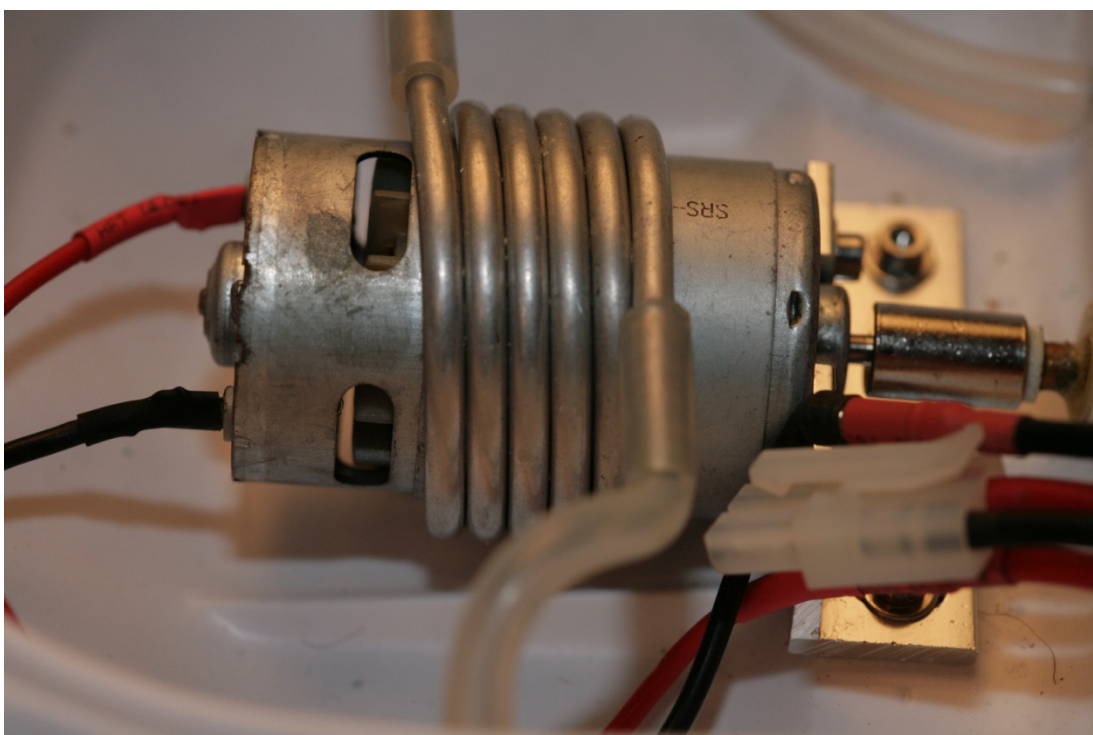
3 Vývoj 3D modelu

3.1 Inspirace RC modelem lodi

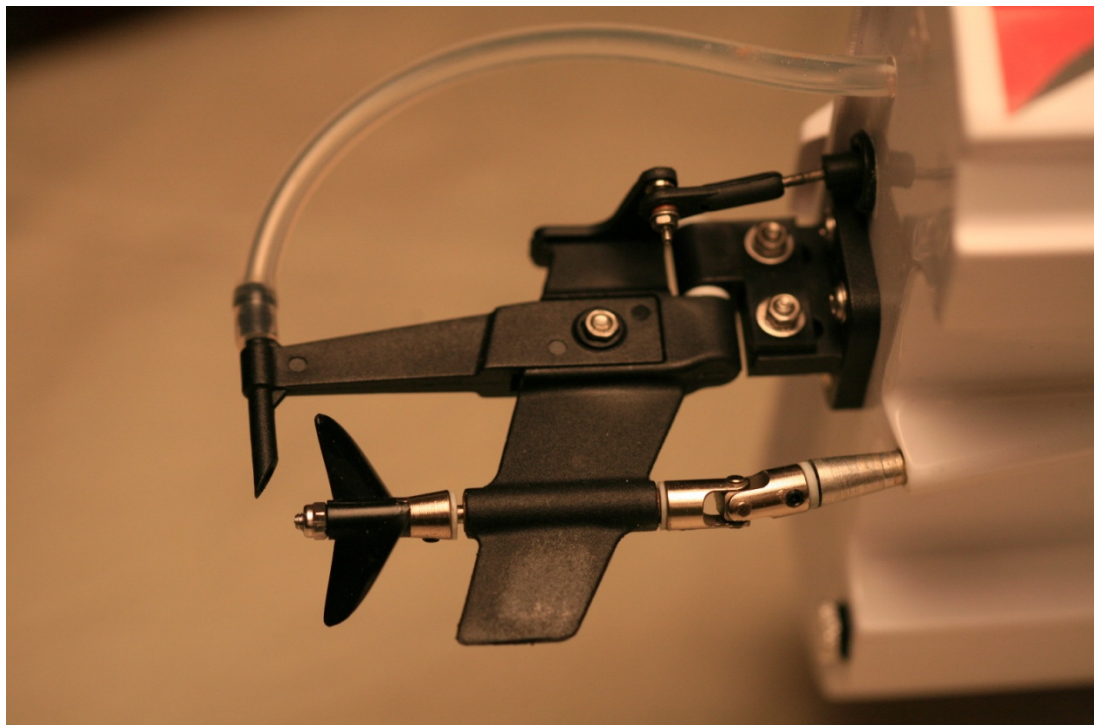
Jako inspiraci jsem nafotil části modelu Apache 24 EP RTR od firmy Proboat. Snažil jsem se zjistit, zda-li by nebylo možné použít stejné technické prvky. Zkoumal jsem možné použití chlazení motoru. Elektromotor řady „550“ je u zmiňovaného modelu chlazen pomocí vodního chladicího šneku, do kterého je hnána voda šroubem. Jelikož jsou velikosti a tím pádem potřebné síly malé, funguje tento typ i při nízkých rychlostech (viz Obrázek 11). U mého hydrofoilu se vrtule bude nacházet v rozdílných výškách, respektive v klidovém stavu a při vztlačné jízdě. Uvažuji ještě nad jedním typem elektromotoru, a sice nad střídavým motorem⁴, který by byl uložen v samotné noze modelu. Jeho hlavní výhodou je, že může pracovat zatopený vodou.

Další otázkou, kterou jsem se zabýval, je řízení pomocí pantového kormidla s vestavěným šroubem v hřídeli a nasávání vody pomocí síly, jež vytváří lodní šroub, (viz Obrázek 12, Obrázek 13 a Obrázek 14).

⁴Střídavé servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru.



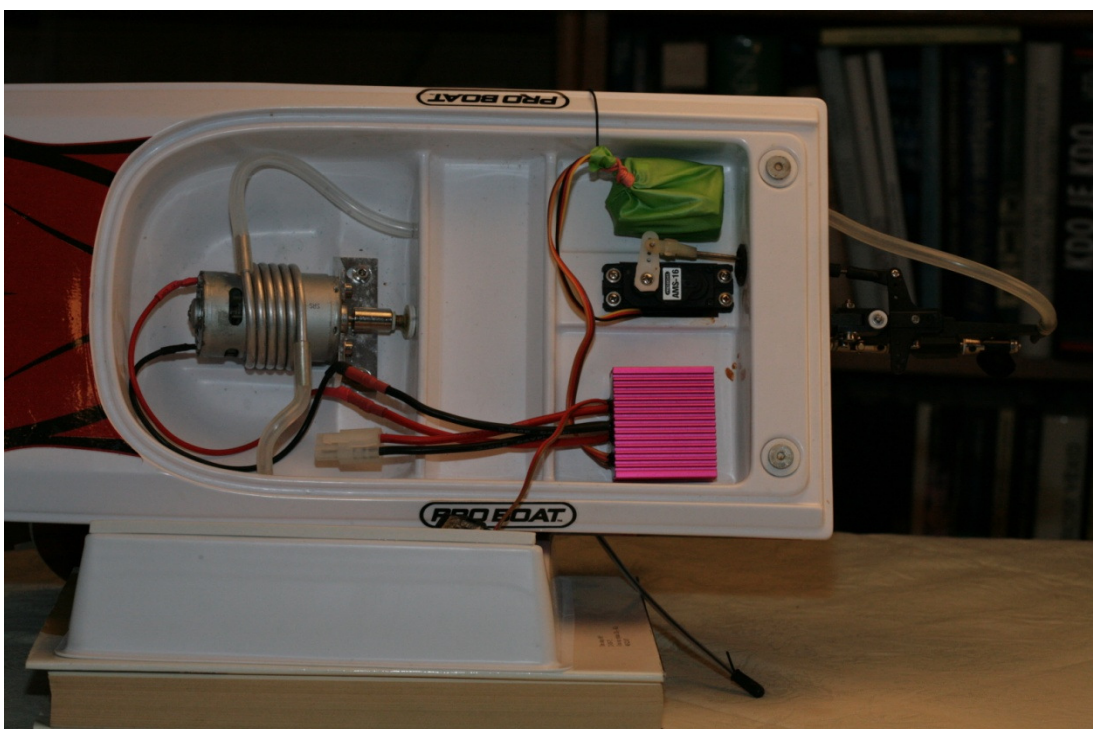
Obrázek 11elektromotor řady „550“ s vodním chlazením, foto autor



Obrázek 12 pantové kormidlo s šroubovou hřídelí a trubičkou pro přívod vody do chladicí soustavy, foto autor



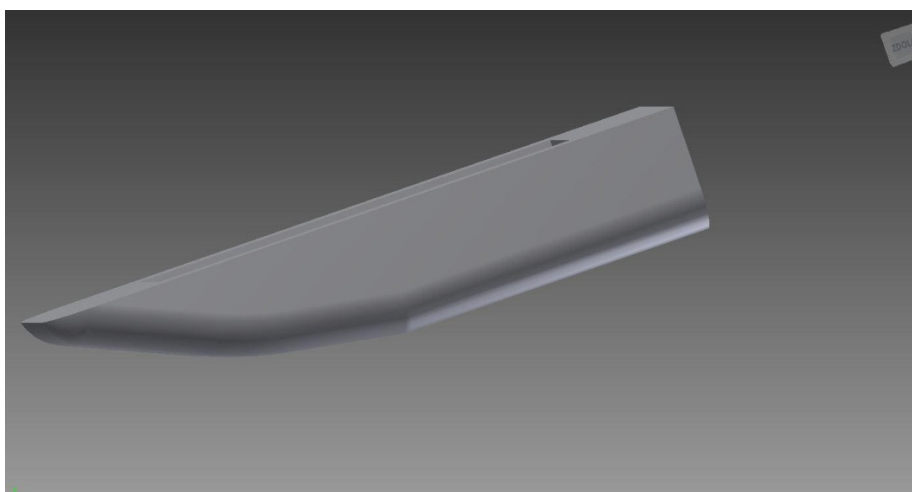
Obrázek 13 hřídelový šroub, foto autor



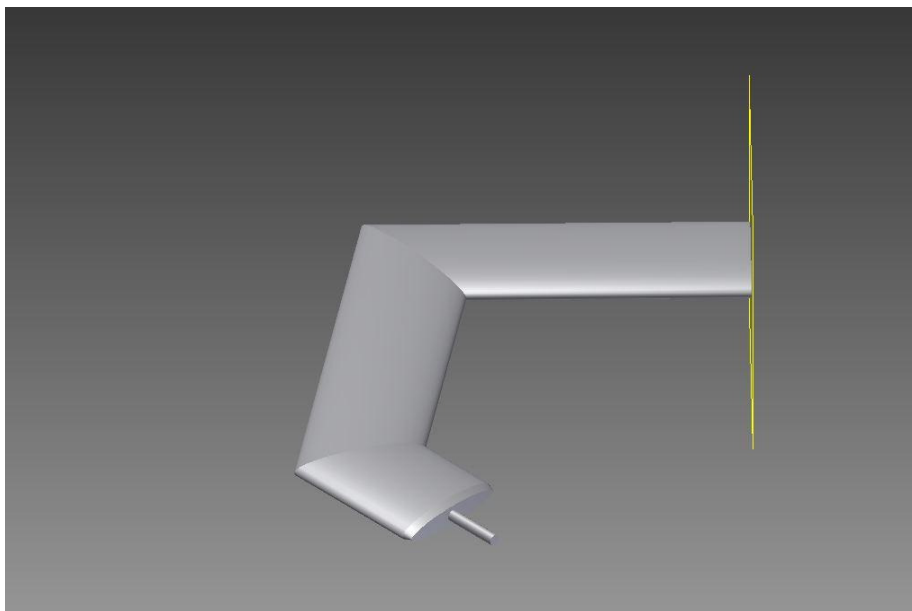
Obrázek 14 celkový pohled do vnitřku modelu, foto autor

3.2 Vývoj částí hydrofoilu s využitím PC

Vytváření 3D modelu křídlové lodi jsem pracoval společně se studenty Smíchovské SPŠ v Presslově ulici, kteří mají programování a vytváření v 3D programech jako součást výuky. Nejprve jsme udělali hrubé obrázky trupu lodi, (viz Obrázek 15). Poté hrubý návrh jednotlivého křídla, který ovšem ještě nezahrnuje konečný tvar a nebylo zohledněno možné použití motoru a následné počítání s rovnováhou, (viz Obrázek 16).

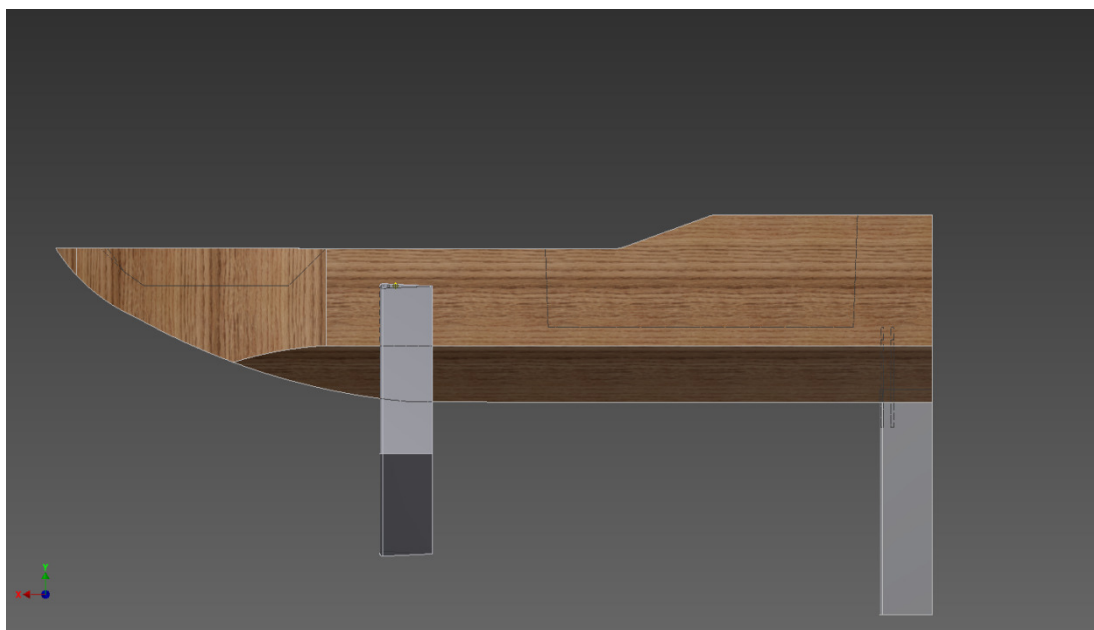


Obrázek 15 hrubý návrh trupu křídlové lodi, autor M.Šereda

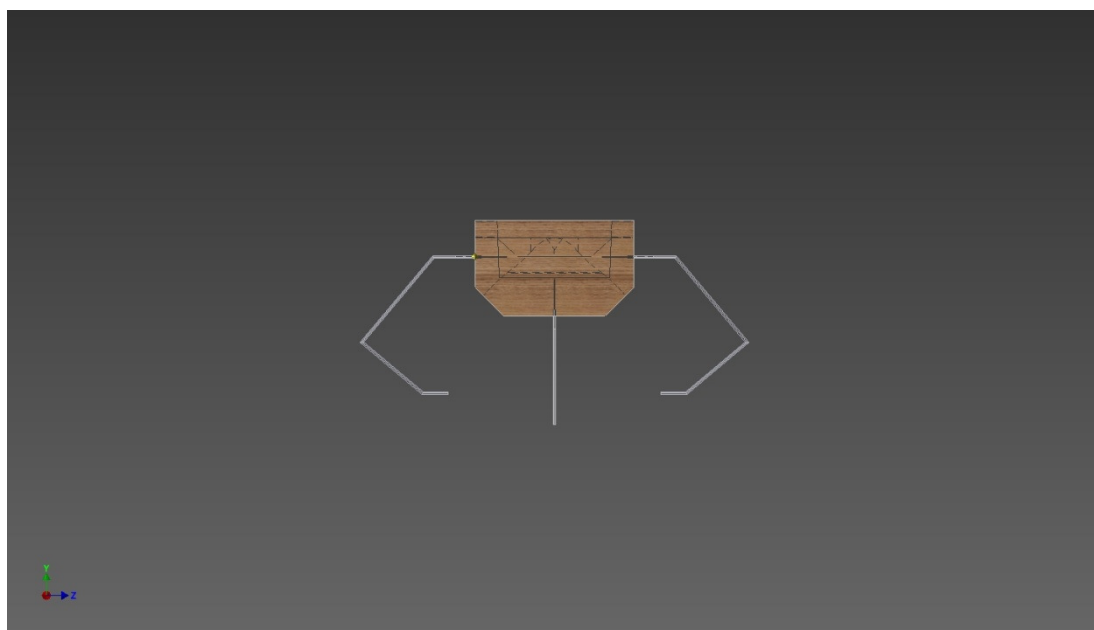


Obrázek 16 Návrh křídla, pouze pracovní verze bez konečného tvaru, autor M.Šereda

Práce pokračovaly na celkovém trupu a jeho skloubení s křídly. Další vývoj tvorby modelu se odvíjel především v rozhodování, kde bude těžiště a jak bude model vypadat. Na obrázku jsou patrné změny modelu s přidanými křídly na Obrázek 17– boční pohled, Obrázek 18– zadní pohled a Obrázek 19 – pohled shora.



Obrázek 17 umístění nohou na trup boční pohled, autor M. Šereda



18

Obrázek 18 umístění nohou na trup zadní pohled, autor M. Šereda



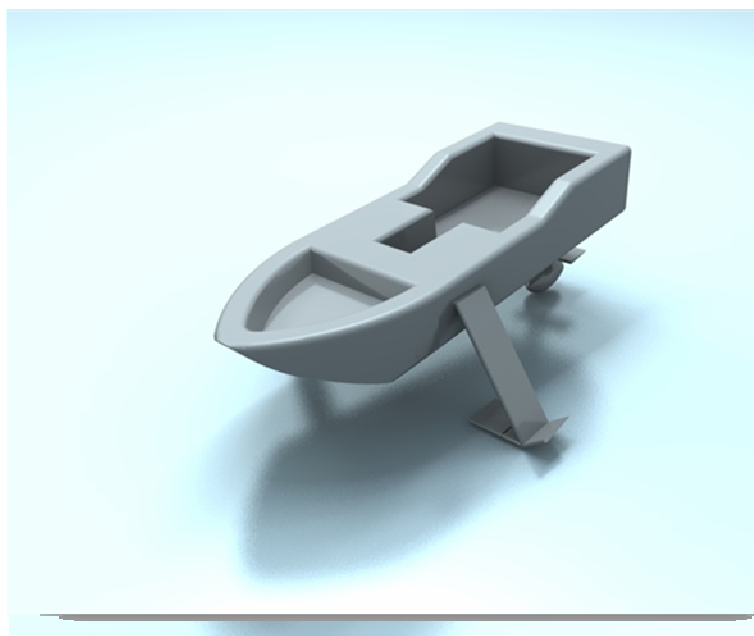
Obrázek 19 umístění nohou na trup pohled shora, autor M. Šereda

Zde je vidět rozložení váhy na lodi, které jsme si určili v první třetině od špičky. Křídla tedy mají stejnou velikost, jelikož každé ponese stejnou váhu. Do tohoto půdorysného nárysu je potřeba umístiti nejtěžší věc a tím je baterie. Dohodli jsme se, že bude nejlepší, aby ležela podélně přes těžiště a aby zatěžovala i zadní část lodi.

3.3 Finální úprava

Model bylo potřeba ze základních tvarů zaoblit, aby se dosáhlo lepšího obtékání a hezčího designu. Dokončili jsme pár finálních úprav a model je téměř hotov

20 a



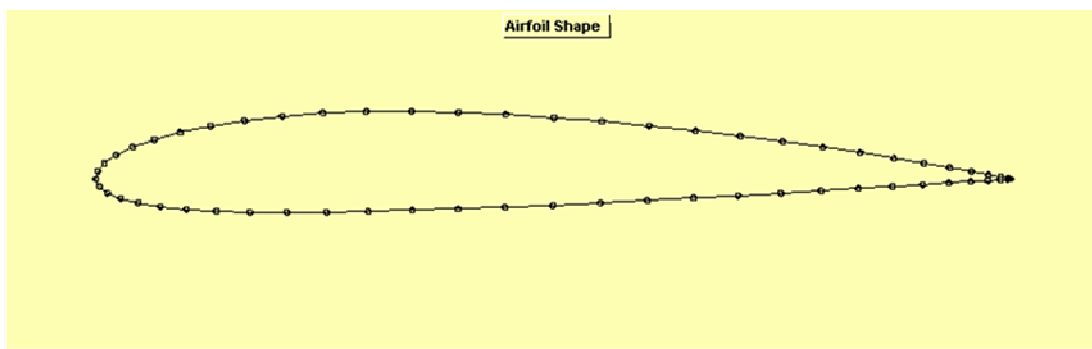
(viz Obrázek
Obrázek 21).

Obrázek 20 finální verze modelu zepředu, autor M. Šereda

4 Křídla

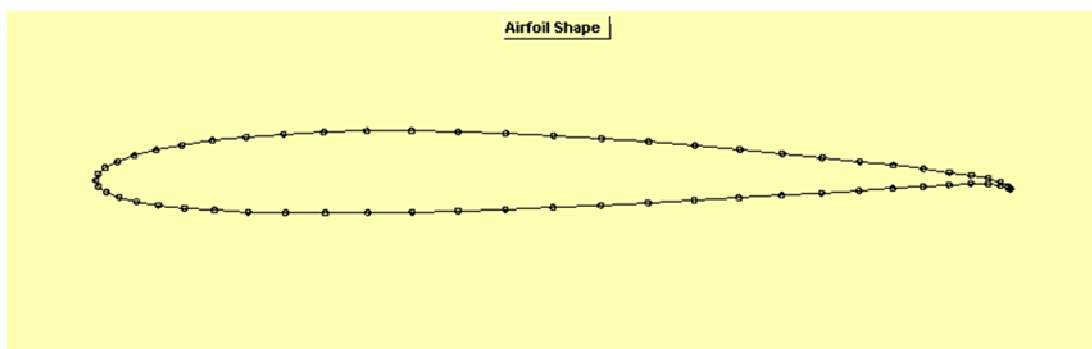
Dále bylo potřeba vypočítat plochy křídel k vztlakové plavbě nad vodou. Křídla jsou umístěna na čepech, aby se mohla otáčet podle potřeby. Použil jsem program JavaFoil, k vygenerování tvarů křídel. Křídla budeme zkoušet, asi až praxe nám ukáže, který tvar je nejlepší.

První jsem si vyrobil křídlo s delší horní stranou a poměrně tlusté, viz Obrázek 22



Obrázek 22 Návrh křídla se symetrickým tvarem delší horní strany

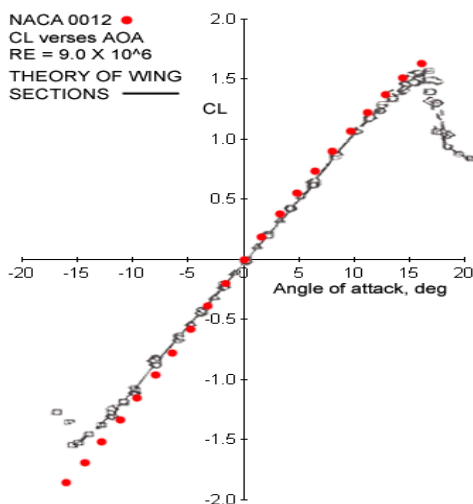
Jako druhé jsem vyrobil křídlo se zakřiveným koncem, jak jsem našel speciální typy pro hydrofoily, ovšem asi až praktická zkouška ukáže, viz Obrázek 23.



Obrázek 23 Návrh tvaru křídla se zahnutým koncem

5 Výpočty

Moje zadání bylo spočítat velikost křídla, při hustotě vody $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, určené rychlosti 1 m/s, aby stačila velikost pro náš model. Vztlková síla výpočtem činí 8 N. Součinitel vztlaku je bezrozměrová veličina závislosti úhlu náběhu na profilu křídla.



Obrázek 24 Graf závislosti součinitele vztlaku na úhlu náběhu na profil, archiv ing. M. Schmirlera

$$F_{vz} = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_y \quad (5.1)$$

Vysvětlivky

F_{vz} – vztlková síla [N]

$\frac{1}{2} \rho$ – voda [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

v – rychlost [m/s]

S – plocha [m^2]

C_y – součinitel vztlaku

Z rovnice 5.1 jsem vypočítal plochu zanořených křídel. Určil jsem těžiště v $\frac{1}{3}$ podélné osy lodi, tedy všechna křídla ponesou stejnou zátěž a tím pádem budou mít i stejnou velikost.

$$S = 2 \frac{F_{vz}}{\rho * v^2 * C_y} \quad (5.2)$$

Dosazením hodnot dostaneme

$$S = 2 * \frac{8}{1000 * 1 * 0,6} \quad (5.3)$$

výpočtem pak $S = 0,026 \text{ m}^2$ když $C_y = 0,6$, když $C_y = 0,5$ pak $S = 0,032 \text{ m}^2$. Když

jsem použil $C_y = 0,4$ vyšlo mi $S = 0,04 \text{ m}^2$. Rozměr křídla při součinitelivztlaku $= 0,4$ činí $6 * 10,7 \text{ cm}$, přičemž delší strana je kolmo k ose lodi.

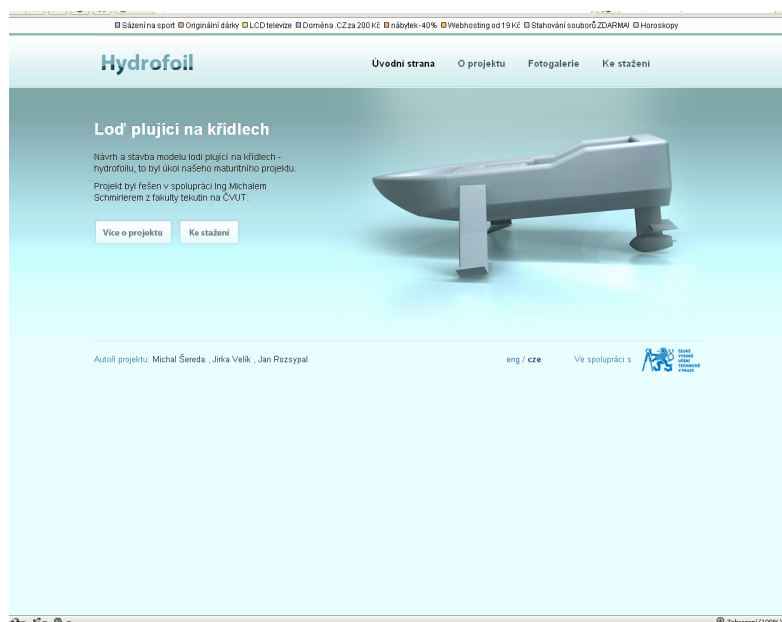
1) Hmotnost

Předpokládané hmotnosti jednotlivých částí lodi:

Trup	cca 150g
Baterie	cca 150g
Motor	cca 70g
Křídla (3x)	cca 400g
Celkem	cca 770 g

6 Tvorba webových stránek

V rámci maturitního projektu studentů SPŠ Smíchovská je i tvorba webových stránek. Jelikož se kluci tvorbu webových stránek učili ve škole v rámci výuky, nedělala jim tvorba větší potíže. Já poskytnu pro webové stránky především své materiály, ať text či foto ze samotné tvorby projektu. Stránky jsou také dvojjazyčné Česko – Anglické verzi. Stránky jsou dostupné na WWW: <<http://www.hydrofoil.ic.cz/>>.



Obrázek 25Úvodní stránka webové stránky projektu, autor M. Šereda.

7 Stavba modelu a její postupy

Stavbu modelu vedl a korigoval ing. Michal Schmirler. Stavba probíhala v laboratořích Ústavu mechaniky tekutin a energetiky v Technické ulici číslo 4 v Praze 6, viz Obrázek 26.



Obrázek 26 Prostory ČVUT, Dejvice

7.1 Použití 3D modelu v praxi

Jako první bylo potřeba vymodelovat trup počítačově řízenou frézou, kterou obsluhoval sám pan profesor, viz Obrázek 27 a Obrázek 28.



Obrázek 27 Počítačově ovládaná frézka



Obrázek 28 Počítačově ovládaná frézka

7.2 Úprava modelu

Poté co byl zhotoven trup jsme se pustili do výroby křídel, na kterých bude loď plout. Křídla jsou upevněna na duralových nohách, které jsme po zahřátí ohýbali. Až čtvrtý pokus byl úspěšný, jelikož předešlé exempláře popraskaly. Pan profesor nám

pomohl s tvarem nohou, aby byly lépe obtékány vodou, tedy tvar profilu, viz Obrázek 29



Obrázek 29 Vyprofilovaná nosná noha Hydrofoilu

Poté co byly nohy hotové jsme se mohli pustit do výroby samotných křídel. Dohodli jsme se s panem profesorem, že budou větší, protože zmenšit se dají vždycky. Do křídel jsme udělali prostor na přilepení osiček, na kterých se budou křídla moci otáčet. Pomocí epoxidového lepidla, měděné trubičky a pilníku jsme dostali otočná křídla, viz Obrázek 30 z výroby křídel a hotová křídla viz Obrázek 31.



Obrázek 30 Ještě nepřilepená osička křídla



Obrázek 31 Hotová křídla s otvory na pomocné plováčky

Přední nohy našeho hydrofoilu byly na světě a na řadu přišla zadní noha, která také slouží jako kormidlo a je na ni umístěný motor. Je vyrobena ze symetrického profilu a kabely od motoru jsme zalepili do těla nohy, viz Obrázek 32.



Obrázek 32 Zadní noha po nastříkání tmelem

Pro korigování správného úhlu náběhu na křídlo lodi bylo potřeba vymodelovat malé plováčky, které se spojí a budou natáčet křídlem vzhledem k momentální výšce hladiny vody, viz Obrázek 33. Následovalo zalepení nohou do trupu lodi (viz Obrázek 34) a nastříkání plnicím sprejem, viz Obrázek 35.



Obrázek 33 Pomocné plováčky



Obrázek 34 Zalepené nohy do trupu lodi bez křídel



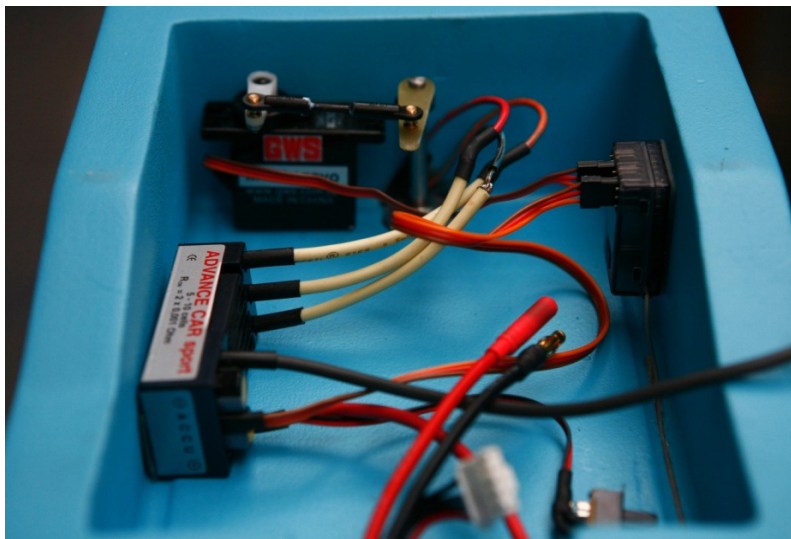
Obrázek 35 Stříkání modelu barvou

Následovala úprava modelu a jeho zadní nohy. Bylo potřeba zajistit bezproblémové otáčení a volný pohyb i s kabely. Vyřizli jsme proto otvor uzpůsobený otáčení, viz Obrázek 36.

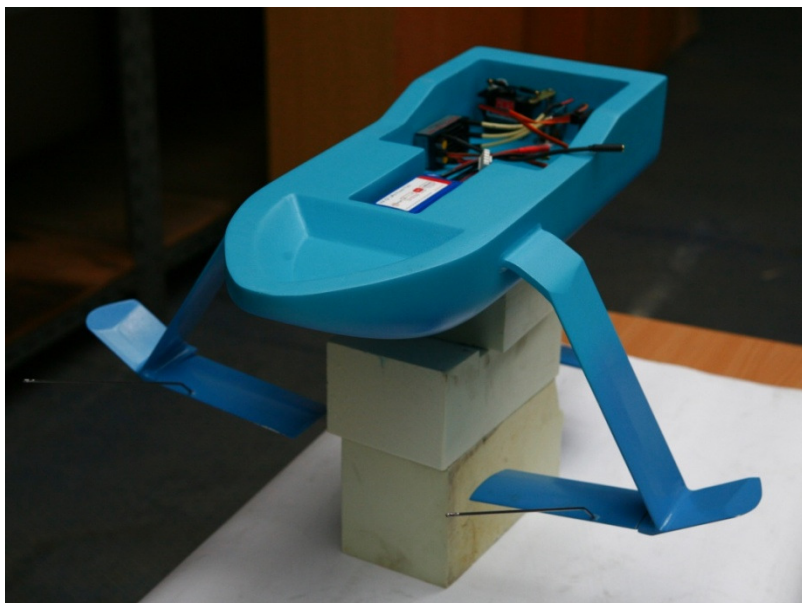


Obrázek 36 Zadní vyříznutý otvor pro otáčení nohy

Kokpit⁵ hotového modelu s ovládáním kormidla, přijímačem a baterkou, viz Obrázek 37. Finální podoba modelu s ještě neumístěnými plováčky, viz. Obrázek 38.



Obrázek 37 Kokpit modelu s "vnitřnostmi" aneb elektronika potřebná k řízení



Obrázek 38 Finální verze modelu bez umístěných pomocných plováčků

⁵Kokpit je označení části loďe, kde se nachází kormidlo či vstup do kajuty a je umístěn většinou v zadní části loďe.

8 Závěr

Díky této práci jsem se definitivně rozhodl zkusit své štěstí a jít studovat na České vysoké učení technické v Praze. Tento obor se mi již od počátku zdál být velmi přátelský, z hlediska koníčku i možného pokračování. V této práci jsem narazil na mnohá úskalí spolupráce či příliš těžkých úkolů, ale s trochou dopomoci se mi snad všechno povedlo. Nacházel jsem stále více zákoutí a nových oblastí, které by se daly v budoucnosti hlouběji projít a prohledat. Zaujala mne také problematika superkavitace, kterou jsem neznal a rád bych ji hlouběji prošel či provedl řadu pokusů. Jsem rád, že jsem mohl spolupracovat právě s ing. Michalem Schmirlerem, který mě vedl a vysvětlil mi, jak a co mám dělat. Práce mne obohatila i v jiných aspektech. Jsem rád, že jsem se mohl pohybovat v útrobách strojní fakulty. Pomalu jsem se snažil proniknout do tajemných koutů této alma mater mnohých významných českých vědců.

V rámci mého studia jsem kontaktoval referenční oddělení Národní technické knihovny v Praze. Zřídil jsem si vstup a dostal jsem doporučení na jisté tituly. Všechny nejvhodnější materiály a tituly byly však dostupné pouze v anglickém jazyce a ještě v těžké technické jazykové úrovni.

Díky této práci jsem se mnohé naučil a poznal. Doufám, že budu moci v této práci pokračovat dále. Chtěl bych postavit další hydrofoil, ovšem s plachtami. Křídlová plachetnice ještě pracuje se silou, kterou vytváří vítr.

Také jsem narazil, poměrně náhodou na velmi šikovný program, který se jmenuje JavaFoil. Tento program automaticky generuje křídla podle parametru, které mu zadáte. Ovšem je to zaměřený program na letadla a tak já ani můj profesor nevím, zda-li můžeme vygenerovaných výsledků použít. Snažil jsem se pracovat také s profily, které jsou na konci zahnuté a vytvářejí tak větší tlak, který tlačí loď blíž hladině.

Celkově si myslím, že práce i přes mnohé potíže (pokulhávala komunikace, časová náročnost) nás velmi bavila a doufáme, že model bude funkční.

9 Seznam použité literatury

Monografie:

Tarábek Pavol; Červinková Petra a kolektiv. *Odmaturuj z Fyziky*. Brno, 2006.
ISBN 80-7358-058-6.

Nožička, J. *Mechanika tekutin*. Praha: ČVUT v Praze, FS. Vysokoškolské skriptum, 2006, ISBN: 80-01-02865-8.

Gurecký, J. *Křídlová plachetnice*. Praha: ČVUT v Praze, 2008. Diplomová práce FS.

D. J. Owers, S. D. Probert, A human-powered hydrofoil racing-boat: Design and development, *Applied Energy*, Volume 21, Issue 4, 1985, Pages 289-300, ISSN 0306-2619.

Elektronické dokumenty:

Wikipedia: the free encyclopedia [[online](#)]. Hydrofoil : Wikimedia Foundation, Inc. 2001- [cit. 2011-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org>>.

Hydrofoils incorporated [[online](#)]. Hydrofoils Incorporated, 2010 – [cit. 2011-02-04]. Dostupný z WWW:<<http://www.hydrofoil.com>>.

L'Hydroptere [[online](#)]. Hydroptere, 2010 – [cit. 2011-02-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.hydroptere.com>>.

Aerodynamics of Model Aircraft [[online](#)]. JavaFoil, 2006 – [cit. 2007-02-26]. Dostupný z WWW: < <http://www.mh-aerotools.de/airfoils/index.htm>>.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 Sand Dollar, foto Wikipedia.....	6
Obrázek 2 Farcotova kresba, foto Hydroptere.com	7
Obrázek 3 Ballova a Baldwinova HD-4, foto wikipedia	8
Obrázek 4 Voskhod na Volze, foto riverships.ru	9
Obrázek 5 Ekranoplan, foto moscowtopnews.com.....	9
Obrázek 6 L'Hydroptere, foto YachPals.com.....	10
Obrázek 7 Nehoda L'Hydropteru, foto YachtPals.com	11
Obrázek 8 Bladerider Moth, foto thmartinez.com	11
Obrázek 9 Plachetnice Puma, třídy Moth International, foto e-sport.cz.....	12
Obrázek 10 USS Pegasus, foto Wikipedia.....	13
Obrázek 11 elektromotor řady „550" s vodním chlazením, foto autor	15
Obrázek 12 pantové kormidlo s šroubovou hřídelí a trubičkou pro přívod vody do chladicí soustavy, foto autor	15
Obrázek 13 hřídelový šroub, foto autor	16
Obrázek 14 celkový pohled do vnitřku modelu, foto autor	16
Obrázek 15 hrubý návrh trupu křídlové lodi, autor M. Šereda	17
Obrázek 16 Návrh křídla, pouze pracovní verze bez konečného tvaru, autor M. Šereda	17
Obrázek 17 umístění nohou na trup boční pohled, autor M. Šereda.....	4
Obrázek 18 umístění nohou na trup zadní pohled, autor M. Šereda	4
Obrázek 19 umístění nohou na trup pohled shora, autor M. Šereda	4
Obrázek 20 finální verze modelu zepředu, autor M. Šereda.....	4
Obrázek 21 finální verze modelu zezadu, autor M. Šereda	4

Obrázek 22 Návrh křídla se symetrickým tvarem delší horní strany	20
Obrázek 23 Návrh tvaru křídla se zahnutým koncem	20
Obrázek 24 Graf závislosti součinitele vztlaku na úhlu náběhu na profil, archiv ing. M. Schmirlera	4
Obrázek 25 Úvodní stránka webové stránky projektu, autor M. Šereda.	4
Obrázek 26 Prostory ČVUT, Dejvice	24
Obrázek 27 Počítačově ovládaná frézka	25
Obrázek 28 Počítačově ovládaná frézka	25
Obrázek 29 Vyprofilovaná nosná noha Hydrofoilu	26
Obrázek 30 Ještě nepřilepená osička křídla	26
Obrázek 31 Hotová křídla s otvory na pomocné plováčky	27
Obrázek 32 Zadní noha po nastříkání tmelem	27
Obrázek 33 Pomocné plováčky.....	28
Obrázek 34 Zalepené nohy do trupu lodi bez křídel	28
Obrázek 35 Stříkání modelu barvou	29
Obrázek 36 Zadní vyříznutý otvor pro otáčení nohy	29
Obrázek 37 Kokpit modelu s "vnitřnostmi" aneb elektronika potřebná k řízení	30
Obrázek 38 Finální verze modelu bez umístěných pomocných plováčků.....	30