

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh karoserie pro studentskou formuli týmu SAE©
Proposal of Body for Student Type Formula SAE©

Student:

Bc. Tomáš Pavelek

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Anna Plchová

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Pavelek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Návrh karoserie pro studentskou formuli typu SAE©
Proposal of Body for Student Type Formula SAE ©**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši v oblasti dosavadních řešení karoserie studentských formulí SAE©.
2. Navrhněte variantní designové a konstrukční řešení karoserie s ohledem na respektování současných trendů, ergonomických studií, pravidel SAE©. Součástí návrhu musí být konstrukční řešení uchycení karoserie k dodanému rámu prototypu.
3. Pro vytvoření 3D modelu vašeho řešení zvolte CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní.
4. Ze 3D modelu vytvořte sestavné výkresy vámi navrhovaného zařízení.
5. Nakreslete jeden dílenský výkres ze sestavy (zadání bude upřesněno v průběhu řešení).
6. Proveďte nezbytné výpočty, vytvořte výpočtové modely s využitím speciálních SW při obtékání vnější obálky formule.
7. Diplomová práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.
8. Rozsah diplomové práce: min. 45 stran textu mimo přílohy, výkresová část formát 2 A0, dílenský výkres.
9. Při návrhu úzce spolupracujte s řešiteli projektu formule typu SAE© na Fakultě strojní a respektujte jejich požadavky a doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS_SME_05_003 verze: G *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*,
- [2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-30-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf>>
- [4] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [5] BOHÁČEK, F. *Části a mechanismy strojů I a II.* Brno: VUT Brno, 1987.
- [6] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [7] DEJL Z. *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů.* Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3.
- [8] Literatura dle doporučení manažera projektu SAE©.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr.Ing. Anna Plchová**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Pavelek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Rezkova 2963/12, Ostrava – Zábřeh

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Dr. Ing. Anně Plchové, dále také doc. Ing. Aleši Slívovi, Ph.D. za poskytnutí odborných rad, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce.

Mé poděkování dále patří mým spolužákům, kteří byli vždy ochotni poskytnout pomoc a rady. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu během mého studia.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVELEK T., Návrh karoserie pro studentskou formuli týmu SAE©: diplomová práce. Ostrava: VŠB – technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Výrobních strojů a konstruování, 2015, 58 s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Anna Plchová

Tato diplomová práce se zabývá návrhem karoserie pro studentskou formuli typu SAE©. Koncept je navržen tak, aby splňoval technické a ergonomické aspekty. Návrhem se snažím vytvořit nadčasový a originální design s ohledem na dnešní trendy. Hlavní cíl této práce je designové a konstrukční řešení karoserie s ohledem na ergonomii a splnění požadavků pravidel SAE©. Navržená karoserie bude vyrobena a použita pro druhou Studentskou formuli VŠB-TUO.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PAVELEK T., Proposal of Body for Student Type Formula SAE©: MASTER THESIS. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 58 p. Head of the work: Dr. Ing. Anna Plchová

My thesis is about designing bodywork for students formula type SAE©. Concept is designed to fulfill technical and ergonomic aspects. My goal is to make timeless and original design with regards to today's trends. The main objective of this work is to design and construct bodywork with regards to ergonomics and meeting requirements and rules of SAE©. Designed bodywork will be made and used for second students formula VSB-TUO.

Obsah

Seznam použitého označení a symbolů.....	11
Úvod.....	12
1. Současný stav formule SAE©.....	13
1.1 Formule - F1	13
1.1.1 Formule - F1 a její historie.....	13
1.1.2 Formule - F1 popis	14
1.2 Představení Formule SAE©.....	14
1.2.1 Soutěžní disciplíny Formule SAE©.....	14
1.2.2 Pravidla Studentské Formule SAE©.....	16
1.3 Karoserie Formule SAE©.....	17
1.3.1 FORMULA STUDENT, VSB - TU Ostrava	18
1.3.2 TU Brno Racing	18
1.3.3 CULS Prague Formula Racing.....	19
1.3.4 CTU CarTech Formula student.....	20
2. Cíle práce	21
3. Variantní studie DESIGNU.....	22
3.1 Návrhy	22
3.1.1 VARIANTA 1	22
3.1.2 VARIANTA 2	23
3.1.3 VARIANTA 3	24
4. Metodika řešení.....	24
4.1.1 Požadovaný návrh	25
4.1.2 Řešení návrhu.....	26
4.1.3 VARIANTA 4.....	27
4.2 Týmová konzultace 2.....	Chyba! Záložka není definována.

4.2.1	Komponenty motoru	Chyba! Záložka není definována.
4.2.2	Prostor pro nástup a výstup řidiče	Chyba! Záložka není definována.
4.2.3	Designové úpravy.....	Chyba! Záložka není definována.
5.	Ergonomie	Chyba! Záložka není definována.
5.1	Definice ergonomie.....	Chyba! Záložka není definována.
5.2	Základní tvar	Chyba! Záložka není definována.
5.2.1	Prostor pro řidiče.....	Chyba! Záložka není definována.
5.2.2	Nástup a výstup	Chyba! Záložka není definována.
5.2.3	Prostor motoru.....	Chyba! Záložka není definována.
5.2.4	Rozhled řidiče	Chyba! Záložka není definována.
5.2.5	Deformační zóna	Chyba! Záložka není definována.
6.	Aerodynamika	Chyba! Záložka není definována.
6.1	Vytvoření modelu pro aerodynamický tunel	Chyba! Záložka není definována.
6.2	Aerodynamický tunel.....	Chyba! Záložka není definována.
6.3	Obtékání (Proudění).....	Chyba! Záložka není definována.
6.4	Přítlačná křídla.....	Chyba! Záložka není definována.
6.4.1	Volba profilu	Chyba! Záložka není definována.
6.4.2	Dvouprvková konfigurace.....	Chyba! Záložka není definována.
6.4.3	Design přítlačných křídel	Chyba! Záložka není definována.
7.	Materiál	Chyba! Záložka není definována.
7.1	Karbon	Chyba! Záložka není definována.
8.	Uchycení karoserie.....	Chyba! Záložka není definována.
8.1	Rozdělení karoserie.....	Chyba! Záložka není definována.
8.1.1	Rozdělení ploch.....	Chyba! Záložka není definována.
8.1.2	Tloušťka ploch	Chyba! Záložka není definována.
8.1.3	Návrh spojení	Chyba! Záložka není definována.

8.2 Požadavky na držáky karoserie ze strany FSAE Ostrava **Chyba! Záložka není definována.**

8.2.1 Horní držák..... **Chyba! Záložka není definována.**

8.2.2 Dolní držák..... **Chyba! Záložka není definována.**

9. Grafické řešení **Chyba! Záložka není definována.**

10. Závěr..... **Chyba! Záložka není definována.**

11. Seznam literatury a zdrojů..... 54

12. Seznam obrázků..... 56

13. Seznam příloh..... 58

Seznam použitého označení a symbolů

π	-	Ludolfovo číslo (3,14)
3D	-	trojrozměrný (Three Dimensional)
CAD	-	2D a 3D počítačové projektování (Computer aided design)
CFD	-	Computational Fluid Dynamics
ČSN	-	Česká technická norma
d	-	průměr [mm]
DIN	-	Německá národní norma
EN	-	Evropská norma
F	-	síla F [N]
FIA	-	Mezinárodní automobilová federace
FSAE	-	Formula Society of Automotive Engineers
g	-	tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]
GT	-	Grand Tourisme
ISO	-	mezinárodní organizace pro normy
ks	-	počet kusů
m	-	hmotnost [kg]
MKP	-	metoda konečných prvků
p	-	tlak [MPa]
VRay	-	renderovací engin pro 3D vizualizace
Re	-	Reynoldsovo číslo [-]
SAE©	-	Society of Automotive Engineers
v	-	rychlost [$m \cdot s^{-1}$]
μ	-	dynamická viskozita [$Pa \cdot s$]
cl	-	součinitel vztlaku vzduchu
ρ	-	hustota [$kg \cdot m^{-3}$]
α	-	úhel náběhu [°]

Úvod

Moje diplomová práce se zabývá návrhem karoserie pro studentskou formuli týmu SAE©. Dané téma jsem si zvolil pro velkou vášeň k formulím a autům. Vždy byl můj sen si vyrobit či navrhnout svou formuli nebo auto a proto jsem se připojil k projektu Studentské formule na VŠB – TU Ostrava. V minulých letech jsem vystudoval specializaci průmyslový design, a proto jsem chtěl na této formuli navrhovat právě karoserii a její samotné uchycení na rámu. Designér má za úkol navrhovat či zdokonalovat výrobky zejména ve směru ergonomie, vzhledu, využití a také přizpůsobit přáním, pravidlům a požadavkům celé koncepce.

Návrh karoserie je nedílnou součástí návrhu celé studentské formule, na které pracuje mnoho studentů. V této práci proto bude velmi důležitá komunikace mezi jednotlivými lidmi a především týmová spolupráce.

Mou snahou v této práci je navrhnout karoserii, která bude odpovídat pravidlům SAE©, ergonomickým požadavkům pro řidiče a jeho pohodlnému nastupování a rychlému vystupování, je také nutno respektovat požadavky a připomínky týmu řešitelů. Dále navrhnout zejména tvarové řešení pro dobrou aerodynamiku a zároveň dobrou přilnavost k vozovce. Vyřešit problém chlazení motoru pomocí usměrnění vzduchu a vyřešit bezpečné uchycení celé karoserie k rámu. Nedílnou součástí je také vhodné designové řešení, vzhled karoserie. Budoucí formule by měla být tvarově jednoduchá, přitom estetická a hlavní podmínkou je dodržení funkčnosti.

1. Současný stav formule SAE©

V této kapitole jsou zpracovány informace, které jsem získal v průběhu procesu navrhování karoserie. Tyto znalosti a zkušenosti jsou v souladu se stanovenými kritérii a požadavky na funkční výrobek, kterým by měla být navrhovaná karoserie pro studentskou formuli.

1.1 Formule - F1

1.1.1 Formule - F1 a její historie

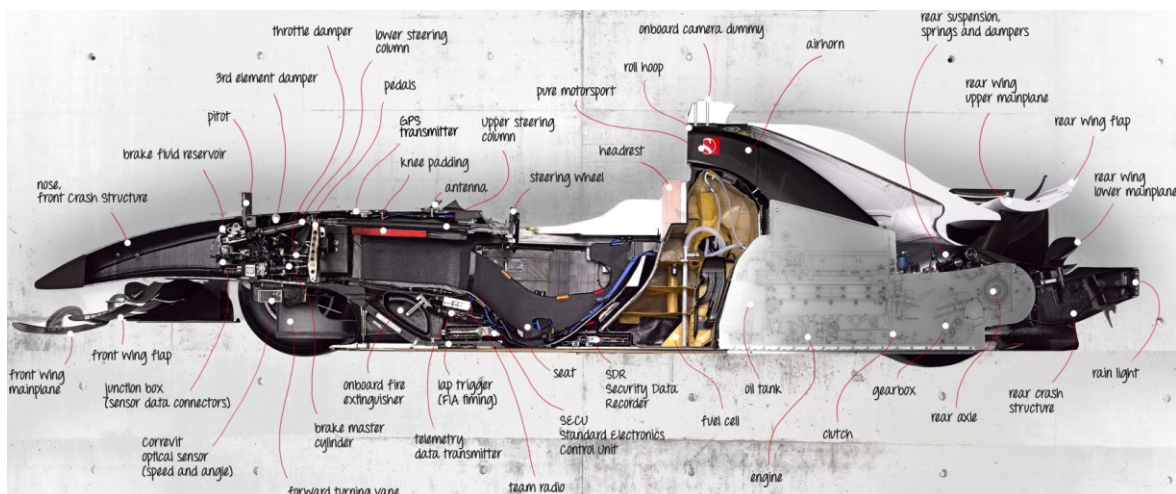
„Monopost je jednomístný sportovní či závodní automobil obvykle s otevřenou kabinou a nekrytými koly. Ačkoli existují i monoposty schválené pro provoz na veřejných komunikacích, ve většině případů se jedná o vozy závodní, a to jak silniční, tak terénní.

Závodní silniční monopost se také běžně nazývá formule či formulový vůz. Toto označení pochází z přelomu 40. a 50. let, kdy FIA ustanovila ("zformulovala") nová pravidla pro závody monopostů. Výsledkem byly kategorie Formule 1, Formule 2 a Formule 3. Výraz "formule" tedy v původním smyslu znamená něco jako "předpis pravidel". V přeneseném významu se dnes používá jako označení pro takřka jakýkoli silniční závodní monopost. Běžně se pak používají pojmy jako "formulové vozy", "formulové závody", "závody formulí" atd.

Moderní monoposty, ostatně jako všechny okruhové závodní automobily, jsou stavěny s ohledem na dosahování co nejlepších časů na kolo na moderních autodromech. Není u nich tedy prioritou dosahování vysokých rychlostí při jízdě v přímém směru. Jejich největší devizou je nízká váha a vysoký aerodynamický přítlak. Tyto vlastnosti jim umožňují projíždět zatáčky vysokou rychlostí, aniž by došlo ke ztrátě adheze pneumatik a následnému smyku. Díky tomu může být i relativně nevykonný monopost na závodním okruhu rychlejší než např. výkonnější, ale těžší a méně aerodynamicky efektivní závodní cestovní či GT vůz. Vysoký aerodynamický přítlak spolu s odkrytými koly si však vybírají daň v podobě relativně vysokého aerodynamického odporu při vyšších rychlostech." [1]

1.1.2 Formule - F1 popis

Cílem všech týmů, které jsou v projektu formule SAE, je přiblížit se monopostům formule F1. Na obrázku (viz obr 1.1) můžeme vidět jednotlivé součásti celé formule, ergonomii řidiče v kokpitu, proudění vzduchu, uložení motoru, tvar karoserie atd.



Obrázek 1.1 Řez formule F1 [2]

1.2 Představení Formule SAE©

Formula SAE (zkratka z anglického "Society of Automotive Engineers") je projektem mezinárodní automobilní federace. Do tohoto projektu se mohou zapojit zástupci světových technických universit se svými týmy. Soutěže Formula SAE vyzývají týmy univerzitních studentů a absolventů, aby vymyslely, navrhly, vyrobily, vyvinuly a následně soutěžily s malými vozidly typu formule. Úkolem těchto týmů, je postavit vůz formulového typu, který musí splňovat pravidla formule SAE a s tímto vozem se poté účastní soutěžních závodů, testování a vývoje s cílem dosáhnout těch nejlepších výsledků a získávání cenných zkušeností.

1.2.1 Soutěžní disciplíny Formule SAE©

Týmy se na okruhu (v uzavřeném areálu) střetávají při statických a dynamických disciplínách. Maximálně mohou v součtu jednotlivé týmy dosáhnout až 1000 bodů.

-Statické disciplíny

-Konstrukční návrh vozu (Engineering Design – 150 bodů)

Odborná porota vyhodnocuje technickou kvalitu, vzhled, ale i konstrukční řešení.

-Analýza nákladů (Cost Report – 100 bodů)

Pečlivá kalkulace výrobních nákladů a samotné přesvědčení poroty o jejich správnosti tím, že se náhodně vyberou některé díly a dohledávají se ve výpisu součástí a jejich cen.

-Marketingový plán (Presentation – 75 bodů)

Zde odborná porota hodnotí, jak dobře tým prezentuje svou navrženou formuli a jak své návrhy dokáže „prodat“.

-Bezpečnostní testy nutné pro vstup do závodu (dynamických disciplín)

-Technika a bezpečnost (Technical & Safety Scrutineering)

Kontrola odborníků, zda daný monopost splňuje veškerá pravidla.

-Náklonová zkouška (Tilt Test)

Test přilnavosti vozidla na nakloněné rovině.

-Zkouška brzd a hluku (Brake & Noise Test)

-Dynamické disciplíny

-Akcelerace (Acceleration – 75 bodů)

Na trati 75m se hodnotí zrychlení formule s pevným startem.

-Osmička (Skid Pad – 50 bodů)

Pro zhodnocení kvality podvozku se jezdí závody na trati ve tvaru osmičky a hodnotí se čas průjezdu.

-Autokros (Autocross – 150 bodů)

Jízda mezi kužely na úzké technické trati, kde se posuzuje zrychlení, brzdění a ovladatelnost monopostu. Tento závod slouží jako kvalifikace do závodu Endurance.

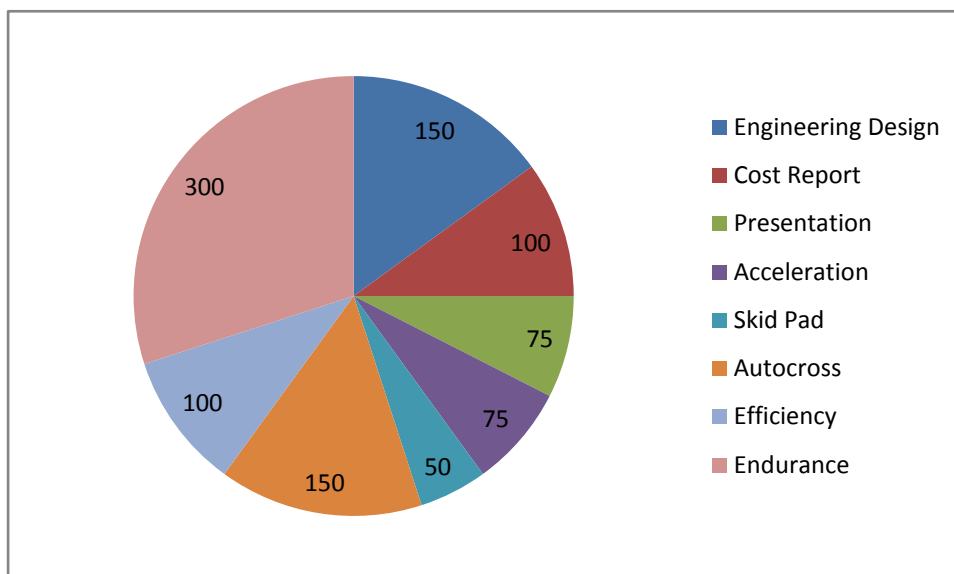
-Spotřeba paliva (Efficiency – 100 bodů)

Hodnotí se spotřeba paliva.

-Hlavní vytrvalostní závod (Endurance – 300 bodů)

Okruhový závod na 22 km s povinnou výměnou jezdců v polovině závodu. Závod ověřuje veškeré systémy a připravenost týmu.

V grafu (viz Graf 1.1) můžeme vidět jednotlivé bodové rozložení všech disciplín. Celkový počet bodů je 1000.



Graf 1.1 Rozložení bodů v závodech formule SAE

1.2.2 Pravidla Studentské Formule SAE©

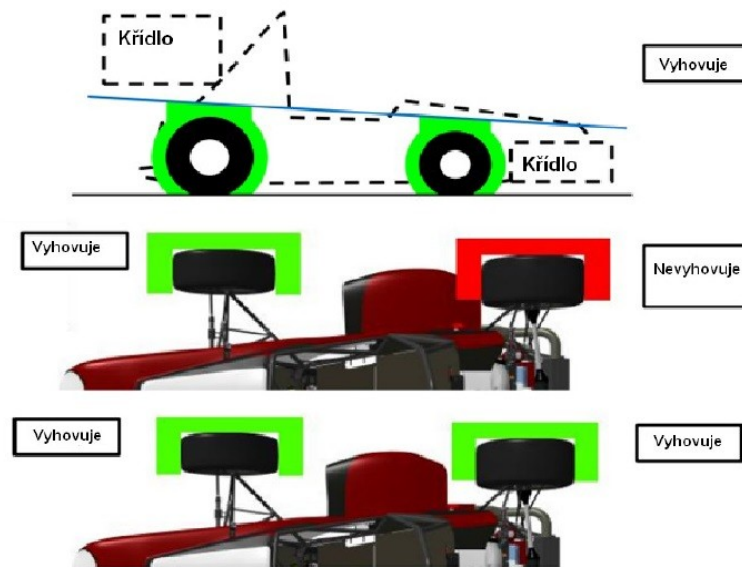
Pravidla Formule SAE má v zodpovědnosti komise Formule SAE (Formula SAE Rules Comitee), která navrhuje pravidla, jejich platnost, změny a dodržování. Zde budu vypisovat pouze pravidla týkající se návrhu karoserie. Kompletní pravidla je možno nalézt na adrese http://students.sae.org/cds/formulaseries/rules/2015-16_fsae_rules.pdf

- Konfigurace vozidla (*Vehicle Configuration*)

Vozidlo musí být ve stylu formule (má otevřený kokpit a otevřená kola) se 4 koly, která nejsou v přímé linii.

Definice „otevřených kol“ – otevřená kola vozidla musí splňovat všechna následující kritéria:

- 1) Horní polovina kol / pneumatik (The top 180 degrees od wheels/tires) nesmí překážet při pohledu 68,6 mm (2.7 palců) nad rovinou tvořenou vrcholy předních a zadních pneumatiky.
- 2) Kola / pneumatiky nesmí překážet při pohledu do strany.
- 3) Žádná část vozidla nemůže vstoupit do zóny definované jako kruh navýšený o 68,6mm (2.7 palců) od vnějšího průměru pneumatiky. Pneumatiky míří dopředu s řidičem o hmotnosti 77 kg (170 liber) sedící v normální jízdní poloze. Vnitřní bočnice pneumatik (strana vozidla) není zahrnuta v tomto stanovení. (viz obr. 1.2)



Obrázek 1.2 Konfigurace vozidla [3]

-Karoserie (Bodywork)

V karoserii nesmí být žádné jiné otvory do prostoru řidiče od předního oblouku až k hlavnímu oblouku nebo firewallu, než jaké jsou požadovány pro otevřený kokpit. Jsou povoleny pouze minimální otvory kolem komponentů zavěšení předního kola.

-Přední karoserie (Front Bodywork)

Ostré hrany na přední straně karoserie nebo jiné vyčnívající součásti jsou zakázány. Všechny hrany po směru jízdy na karoserii, které by mohly mít dopad na lidi, např. nos musí mít poloměr nejméně 38 mm (1,5 palce) po směru jízdy. Z tohoto minimálního poloměru musí být rozšířen na nejméně čtyřicet pět stupňů (45 °) vztažených ke směru dopředu, podél horních, stranových a dolních všech dotčených hran. [3]

1.3 Karoserie Formule SAE©

Vzhledem k obrovskému množství studentských formulí, jsem zde vybral jen pár formulí a to od českých týmů, které jsou zapojeny do projektu Formule SAE.

1.3.1 FORMULA STUDENT, VSB - TU Ostrava

První monopost týmu FORMULA STUDENT, VSB -TU Ostrava je tvarově odlišný od ostatních formulí. Hranatější přední část a velké boky, dělají tuto formuli mohutnější, než opravdu je. Je zde řešena zadní část, na které jsou umístěna dvě světla. Prostor pro nástup a výstup je řešen zkrácenými boky, ale i tak je nastupování a vystupování nepohodlné pro řidiče, díky větší výšce celé boční části. Zadní a přední křídla, nejsou sladěna s celkovým designem formule. Přední část formule bude mít horší aerodynamiku. Boční část neusměřňuje vzduch směrem k motoru. Pro pozdější snadnější orientaci, budu tento monopost nazývat "N1".



Obrázek 1.3 První prototyp týmu "N1" - FORMULA STUDENT, VŠB-TU Ostrava [4]

1.3.2 TU Brno Racing

Formule týmu TU Brno Racing s názvem "Dragon 4" je tvarově zajímavá, barevně sladěná. Není zde řešen prostor pro výstup řidiče, proto by mohlo být složitější nastupování či vystupování. Zadní část formule je zcela odkrytá, což ulehčuje mechanikům údržbu a práci na případných opravách, ale zase naopak je tak celkový design vozu neúplný.



Obrázek 1.4 Dragon 4 - TU Brno Racing [5]

1.3.3 CULS Prague Formula Racing

Monopost týmu CULS Prague Formula Racing, který nazvali "Prague Demon", je tvarově úplně odlišný od jiných formulí. Celý tvar dle mého názoru nepřipomíná formuli a vypadá nekompaktně s nádechem sci-fi. Problém je u celé přední části, která je divně zakřivená. Tvarové linie na sebe nenasazují. Je zde řešena zadní část v podobě krytu nad motorem a také prostor pro nástup a výstup.



Obrázek 1.5 Prague Demon - CULS Prague Formula Racing [6]

1.3.4 CTU CarTech Formula student

V pořadí už šestý vůz týmu CTU CarTech Formula student s názvem "FS.06" je rozhodně tvarově jednodušší, avšak ani zde není řešena zadní část, která je také ponechána odkrytá, podobně jako u týmu TU Brno Racing, zde není řešen prostor pro nastupování a vystupování řidiče. K celkovému designu mi kazí dojem obrovské zadní křídlo, které je opticky o mnoho větší, než zbývající část formule.



Obrázek 1.6 FS.06 - CTU CarTech Formula student [7]

2. Cíle práce

Cílem práce je navrhnout karoserii pro projekt Formule SAE©, která ponese nezbytné prvky pro vykonávání závodů, kterých se bude účastnit.

Chtěl bych ve své práci navrhnout karoserii, která bude:

- estetická, na pohled jednoduchá, tvarově minimalistická
- obsahovat nové designové trendy
- navržena, tak aby byla jednoduše vyrobitelná a tím i méně nákladná
- dostatečně tuhá a hlavně bezpečná
- splňovat veškerou ergonomii pro řidiče, zejména nastupování a vystupování, ale také umožnila dostatečný prostor pro řidiče, aby ho v ničem neomezovala
- umožnila snadný a rychlý přístup mechanikům během závodu i mimo ně
- dostatečně aerodynamická se zaměřením na co největší přítlak k vozovce a lepší chlazení prouděním vzduchu
- splňovat veškeré požadavky konstrukčního týmu
- splňovat pravidla projektu studentské Formule SAE©
- vhodně rozdělena a tím snadno sestavitelná a jednoduše uchycena na rámu
- dostatečně bezpečná

3. Variantní studie DESIGNU

Po prozkoumání formulí, které se v současnosti účastí závodů formule SAE, přeje k mým návrhům, které nejvíce splňují mé určené vytčené cíle. V průběhu rešerše a analýzy tématu jsme společně s týmem studentské formule narazili na několik problémů, které jsem řešil.

3.1 Návrhy

Tato podkapitola se bude zabývat různými variantami mého řešení. Tyto návrhy byly představeny celému týmu studentské formule VŠB s cílem vybrat jeden, na kterém budu dál pracovat, aby výsledná karoserie odpovídala estetickým, ergonomickým a konstrukčním požadavkům. Vybíralo se ze všech variant s možností kombinovat jednotlivé díly mezi sebou. Návrhů karoserie jsem měl nespočet, a proto zde vybírám jen 3 varianty, které nás dovedly ke konečnému řešení. Návrhy byli vymodelovány v programu Rhinoceros a následné vizualizace byli také vytvořeny v programu Rhinoceros s přidavným pluginem VRay.

3.1.1 VARIANTA 1

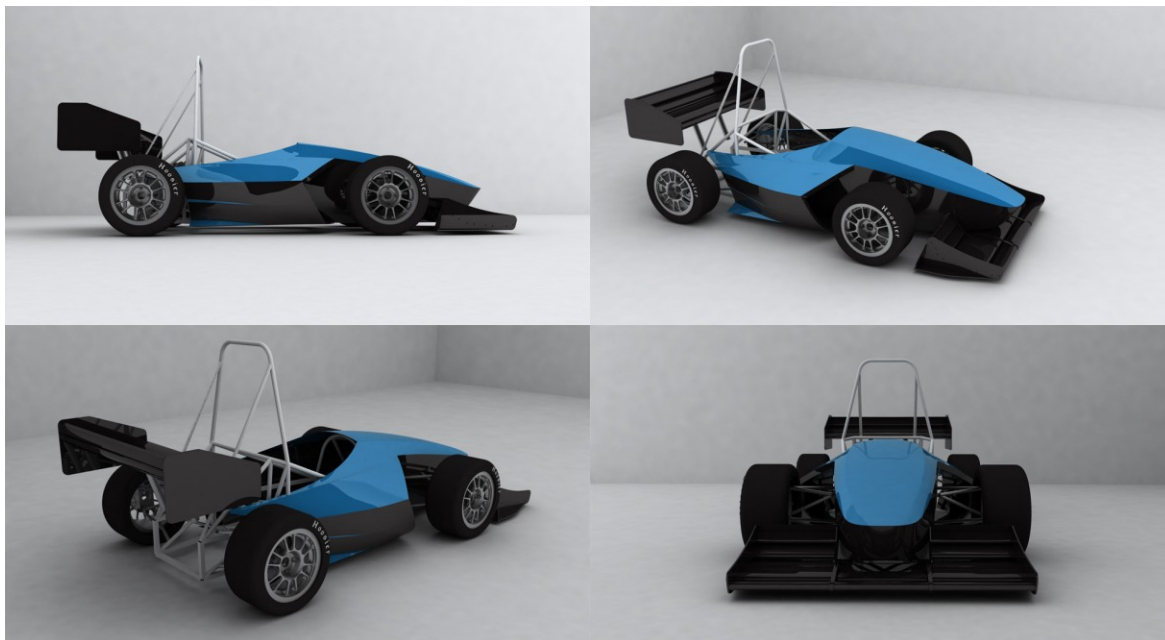
První návrh je minimalistický, jednoduchý na výrobu. Je zde navrhnut prostor pro nastupování řidiče, také aerodynamika vozu s důrazem na větší přitlačnou sílu. Tento návrh má především výhodu s ohledem na náklady na výrobu a to díky svému hranatějšímu tvaru. Oproti dalším variantám je zde dořešena celá zadní část, která přidává karoserii určitou celistvost a z velké části zakrývá prostor motoru. Chybí zde usměrnění vzduchu směrem k motoru.

Na základě zadavatele tématu diplomové práce podléhá následující část režimu utajení. Kompletní diplomová práce bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Obrázek 3.1 Varianta 1, Rhinoceros + VRay

3.1.2 VARIANTA 2

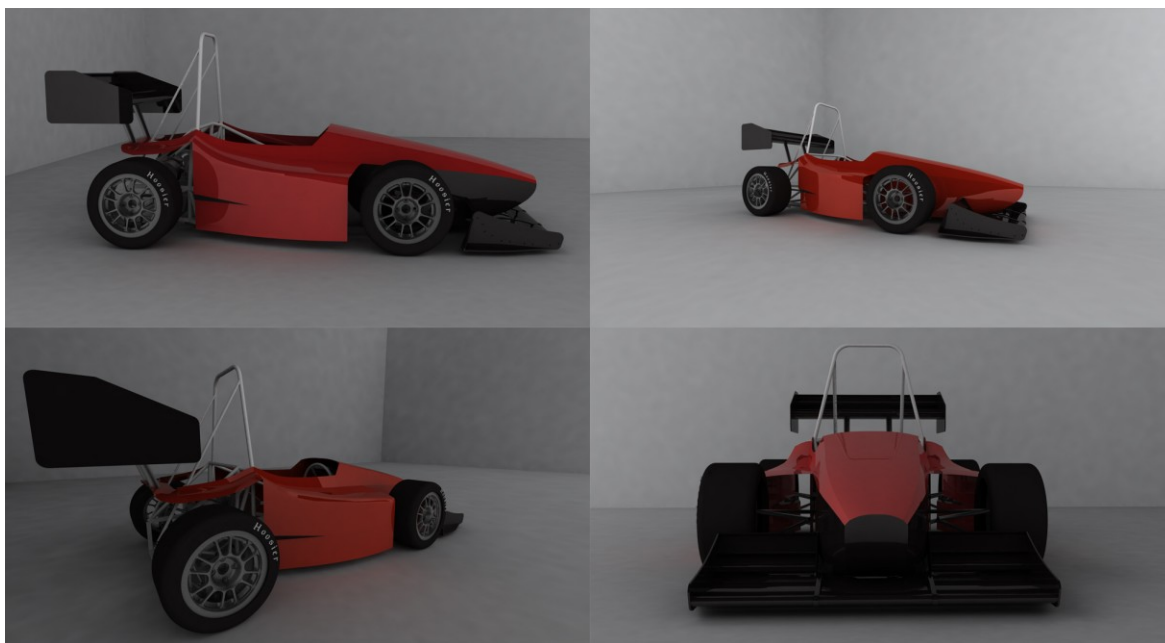
Druhý návrh je konstrukčně složitější, není zde řešen prostor pro nastupování a vystupování řidiče. Je zde ponechána odkrytá zadní část. Boky formule jsou zaobleny směrem k motoru, pro lepší a účinnější chlazení.



Obrázek 3.2 Varianta 2, Rhinoceros + VRay

3.1.3 VARIANTA 3

Třetím návrhem, který jsem zde vybral, je karoserie, která rovněž řeší proudění vzduchu pro lepší a účinnější chlazení motoru. Zadní část je řešena velmi jednoduše. Přední část je mohutnější narozdíl od předešlých variant. Je zde řešen výřez v karoserii na bocích u řidiče, pro snadnější nastupování, avšak chybí zde volný prostor pro vysednutí z monokoku.



Obrázek 3.3 Varianta 3, Rhinoceros + VRay

4. Metodika řešení

V této kapitole budu popisovat, průběh a vývoj mého návrhu karoserie od samotného začátku až k závěrečné finální verzi. Ukážu zde návrhy, kterými jsem se zabýval a veškeré problémy, které vznikaly při návrhu.

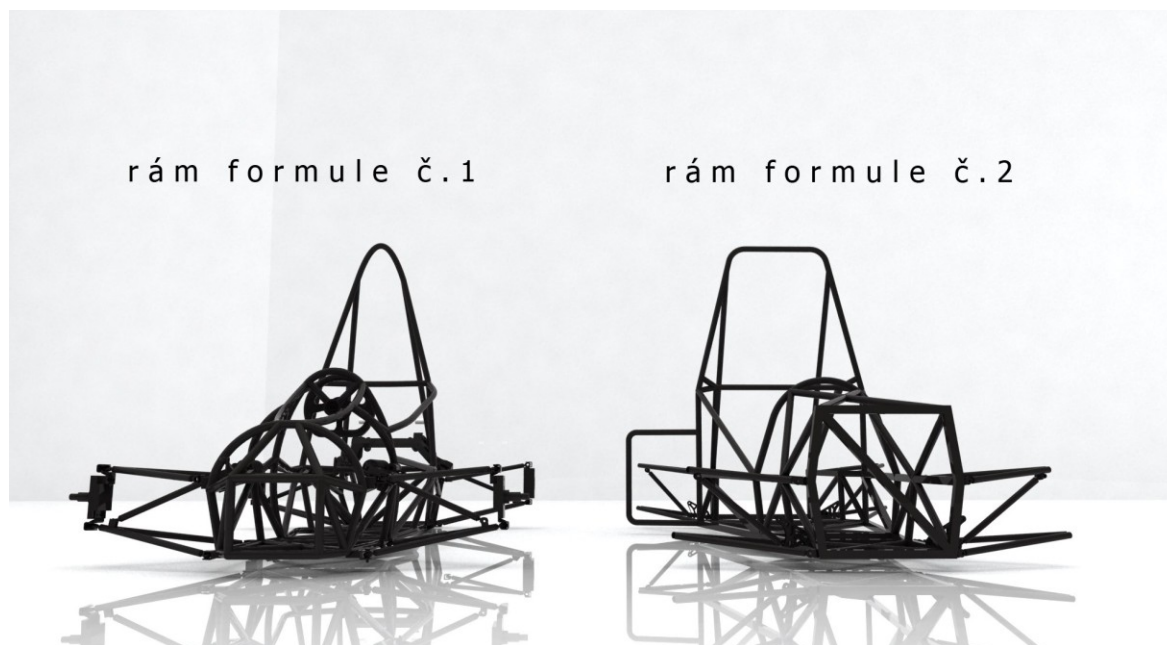
4.2 Týmová konzultace FORMULA STUDENT, VSB-TU Ostrava

Jelikož tato práce je i práce týmová a nezáleží pouze na mém rozhodnutí, ale především na rozhodnutí manažera celého projektu Doc. Ing. Aleše Slívy Ph.D., šéfkonstruktéra a zbytku teamu. Ti vybírali z mých předložených návrhů a s ohledem na úsporu nákladů na koncept formule číslo 2 mě pověřili, abych navrhnul karoserii z prototypu formule N1 (viz obr. 1.3) a zkombinoval ji s návrhem varianty číslo jedna. Za

úkol jsem měl využít maximální množství dílu z již už první formule, která se na VŠB vyrobila a využít tak stávající formy. Cílem bylo minimalizovat náklady na výrobu.

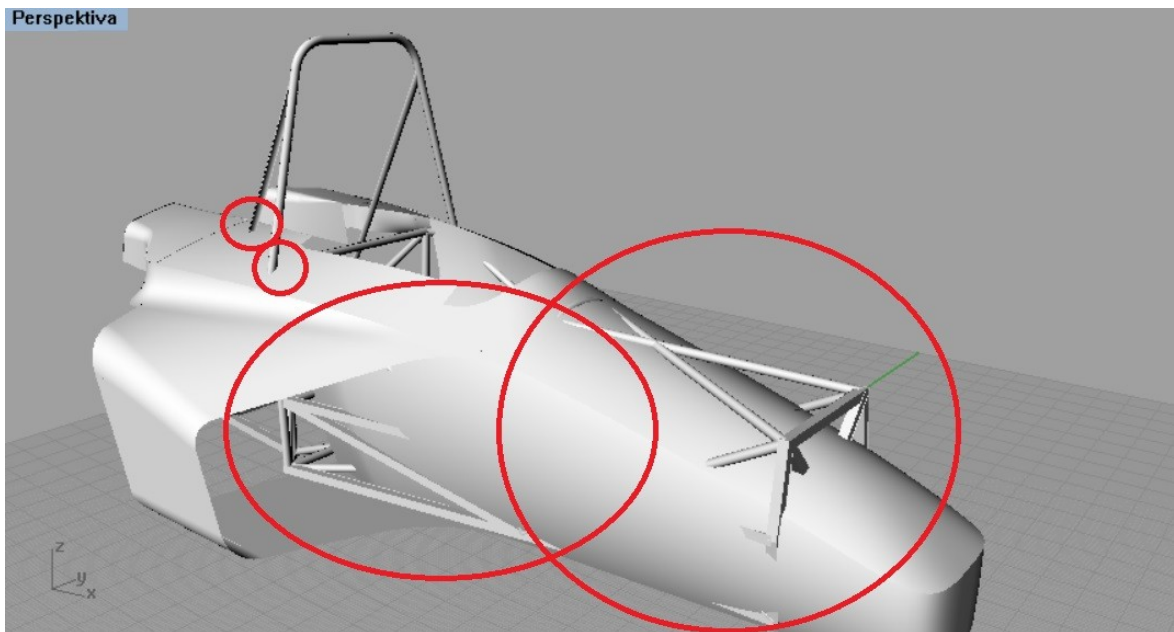
4.1.1 Požadovaný návrh

Již při začátku tohoto řešení zde objevil velký problém, a to v rozměrech nosného rámu. Rám konceptu formule N1 (viz obr. 4.1 vlevo) byl podstatně menší, než nově navržený a vyrobený rám. Byly respektovány ergonomické požadavky a došlo ke zvětšení prostoru pro nohy a rozšíření celého rámu pro větší prostor řidiče.



Obrázek 4.1 Rám formule N1 a rám formule č. 2, Rhinoceros + VRay

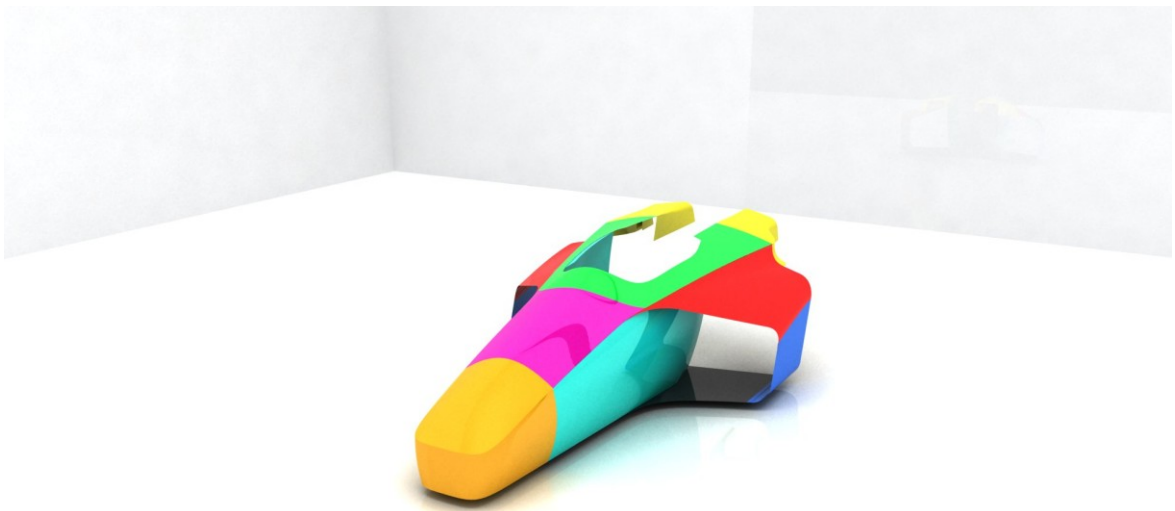
Tento problém se ukázal při exportování modelu karoserie formule N1 a exportování nového rámu do 3D programu. (viz obr. 4.2)



Obrázek 4.2 Rám č. 2 a karoserie prototypu N1, Rhinoceros

4.1.2 Řešení návrhu

Karoserie prototypu číslo jedna, se skládá z několika dílů (viz obr. 4.3) a já jsem musel určit, které díly se dají zachovat a využít pro formuli číslo 2. Díly jsem mohl libovolně řezat a natáčet.



Obrázek 4.3 Prototyp N1 - rozdělení částí, Rhinoceros + VRay

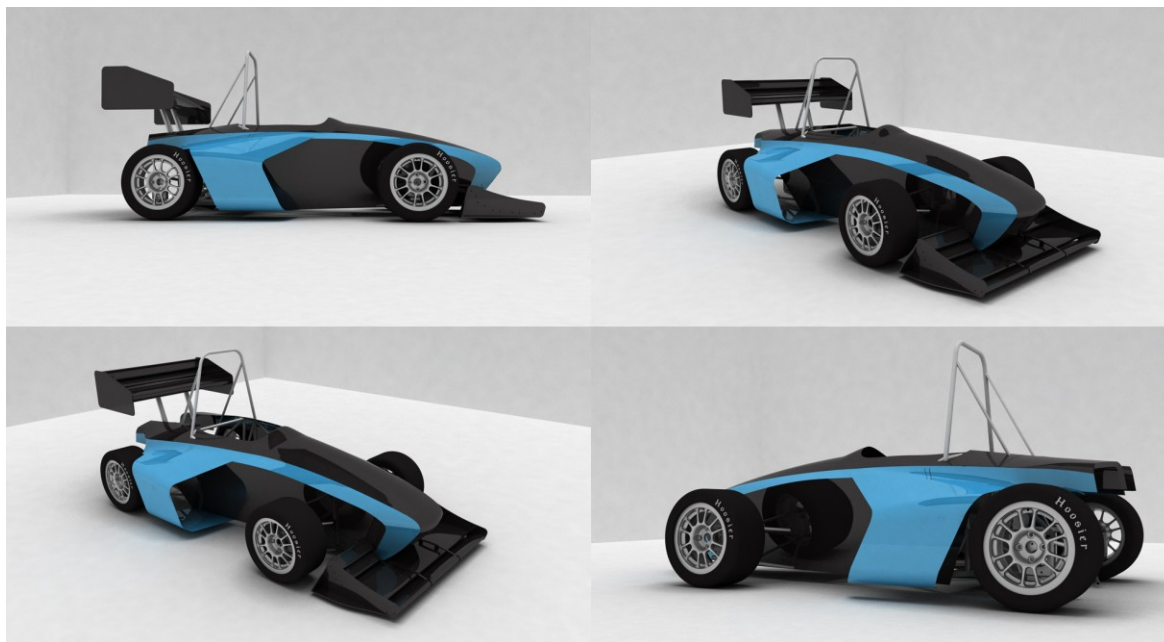
Využil jsem celou zadní část a boky formule, znázorněno na obrázku (viz obr. 4.4) červenou barvou.



Obrázek 4.4 Prototyp N1 - využití části, Rhinoceros + VRay

4.1.3 VARIANTA 4

Jelikož jsem se chtěl tímto návrhem co nejvíce přiblížit variantě číslo 1, tak jsem použité díly z konceptu formule č.1 různě upravoval, tvaroval a řezal. Změnil jsem celý sklon karoserie a přizpůsobil ji, aby se mé variantě co nejvíce podobala.



Obrázek 4.5 Varianta 4, Rhinoceros + VRay

Na základě zadavatele tématu diplomové práce, podléhá následující část režimu utajení. Kompletní diplomová práce bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

5. Seznam literatury a zdrojů

- [1] Monopost. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013, 19. 7. 2013 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Monopost>
- [2] AUTOR NEUVEDEN. news.petrolheads.sk [online]. [cit. 2.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://news.petrolheads.sk/wp-content/uploads201307f1.jpg>
- [3] SAE. FSAE Rules. Warrendale, PA, 2015 [cit. 2-5-2015]. Dostupné z: http://students.sae.org/cds/formulaseries/rules/2015-16_fsae_rules.pdf
- [4] ŽIŽKA, Vojtěch. <http://edison.sso.vsb.cz/> [online]. [cit. 2.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://edison.sso.vsb.cz/cz.vsb.edison.info.web/fileServlet?type=image&reportId=27132>
- [5] AUTOR NEUVEDEN. <http://www.tubnracing.cz/cs/> [online]. [cit. 2.5.2015]. Dostupný na WWW: https://c2.staticflickr.com/6/5572/15024850000_e38981663f_b.jpg
- [6] AUTOR NEUVEDEN. culsracing.cz/ [online]. [cit. 2.5.2015]. Dostupný na WWW: http://culsracing.cz/wp-content/uploads/2013/11/IMG_2238_FB.jpg
- [7] AUTOR NEUVEDEN. cartech.cvut.cz [online]. [cit. 2.5.2015]. Dostupný na WWW: http://cartech.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/09/IMG_4231-e1410531390240.jpg
- [8] L. Chundela, Ergonomie. Praha: ČVUT, 2001 - 171 s. : il. ; 30 cm ISBN 80-01-02301-X <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ergonomie>
- [9] SKŘEHOT, Petr. Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 181 s. ISBN 978-80-86973-91-3. 70 s.
- [10] AUTOR NEUVEDEN. www.duratec.cz [online]. [cit. 5.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.duratec.cz/img/cache/k-w524-h295/photos/1/2/182.png>
- [11] MUNSON, Bruce, Roy, Donald, F., YOUNG a Theodore H. OKIISHI. Fundamentals of fluid mechanics. 5th. ed. Hoboken: Wiley, 2006, 770 s. ISBN 0-471-67582-2.
- [12] UIUC APPLIED AERODYNAMICS GROUP. UIUC Airfoil Database [online]. 1996, 2013 [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html

- [13] UIUC AIRFOIL DATABASE. <http://m-selig.ae.illinois.edu/> [online]. [cit. 15.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/afplots/s1223.gif>
- [14] Selig, M.S., Guglielmo, J.J., Broeren, A.P., and Giguare, P. Summary of LowSpeed Airfoil Data, Vol. 1, SoarTech Publications, Virginia Beach, VA, 1995, 292 s.
- [15] Aerodynamika. Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. 2001- [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aerodynamika>

6. Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Řez formule F1 [2].....	14
Obrázek 1.2 Konfigurace vozidla [3].....	17
Obrázek 1.3 První prototyp týmu "N1" - FORMULA STUDENT, VŠB-TU Ostrava [4]	18
Obrázek 1.4 Dragon 4 - TU Brno Racing [5].....	19
Obrázek 1.5 Prague Demon - CULS Prague Formula Racing [6]	19
Obrázek 1.6 FS.06 - CTU CarTech Formula student [7].....	20
Obrázek 3.1 Varianta 1, Rhinoceros + VRay.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 3.2 Varianta 2, Rhinoceros + VRay	23
Obrázek 3.3 Varianta 3, Rhinoceros + VRay.....	24
Obrázek 4.1 Rám formule N1 a rám formule č. 2, Rhinoceros + VRay	25
Obrázek 4.2 Rám č. 2 a karoserie prototypu N1, Rhinoceros	26
Obrázek 4.3 Prototyp N1 - rozdělení částí, Rhinoceros + VRay	26
Obrázek 4.4 Prototyp N1 - využití částí, Rhinoceros + VRay	27
Obrázek 4.5 Varianta 4, Rhinoceros + VRay.....	27
Obrázek 4.6 Komponenty motoru, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 4.7 Prostor pro nástup a výstup, Rhinoceros + VRay.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 4.8 Designové úpravy, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.1 Popis dílů, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.2 Pohled shora, Rhinoceros + VRay.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.3 Sedačka, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.4 Formule + schéma člověka, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.5 Zadní díl, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.6 Pozice řidiče při jízdě, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 5.7 Deformační zóna, Rhinoceros + VRay	Chyba! Záložka není definována.

Obrázek 6.1 Model pro aerodynamický tunel, Rhinoceros + V-Ray **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.2 Aerodynamický tunel, Rhinoceros + V-Ray **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.3 Autodesk FLOW **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.4 Proudění za formulí, Autodesk FLOW **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.5 Isosurface, Autodesk FLOW **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.6 Obtékání formel, Autodesk FLOW ... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.7 Obtékání formule, Autodesk FLOW ... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.8 Vysokovztlaký profil S1223 [13] **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 6.9 Přítlačná křídla, Rhinoceros + V-Ray ... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 7.1 Únavové chování kompozitu [10] **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 8.1 Rozdělení ploch, Rhinoceros + V-Ray . **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 8.2 Pohled - Vnitřní spoje, Rhinoceros + V-Ray **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 8.3 Pohled na boční část, Rhinoceros + V-Ray **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 8.4 Horní držák, Rhinoceros + V-Ray **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 8.5 Napětí - Horní držák - ANSYS..... 48

Obrázek 8.6 Deformace- Horní držák - ANSYS..... 49

Obrázek 8.7 Dolní držák, Rhinoceros + V-Ray..... 49

Obrázek 8.8 Napětí - Dolní držák - ANSYS..... 50

Obrázek 8.9 Deformace - Dolní držák - ANSYS..... 50

Obrázek 9.1 Pohled z boku, Rhinoceros + V-Ray..... 51

Obrázek 9.2 Kompozice, Rhinoceros + V-Ray..... 51

Obrázek 9.3 Pohled ze předu, Rhinoceros + V-Ray..... 52

Obrázek 9.4 Pohled na zadní část, Rhinoceros + V-Ray..... 52

7. Seznam příloh

[1] Dokumentační CD

[2] Výkresová dokumentace 2xA0 a 1xA3