

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014/2015

Libor KUPILÍK

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh strojího spodku modelu RC auta

Autor: **Libor KUPILÍK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Libor KUPILÍK**
Osobní číslo: **S14B0018K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Návrh strojního spodku modelu RC auta**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování:

Základní požadavky:

Analýza možnosti přestavby nosné konstrukce a určení zásadních konstrukčních úprav strojního spodku. Volba koncepce a určení optimální varianty. Konstrukční řešení - 3D model, výkresy. Stavba modelu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Analýza zadání úlohy.
2. Konstrukční řešení přestavby podvozku.
3. Stavba modelu, ověření konstrukce.
4. Zhodnocení, závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

VLK, F. Stavba motorových vozidel. Brno: nakladatelství Vlk, 2003

VLK, F. Automobilová technická příručka. Brno: nakladatelství Vlk, 2003

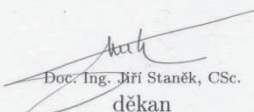
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů

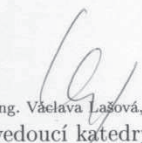
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Poděkování

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Doc. Ing. Ladislavu Němcovi, CSc. za odborné vedení a trpělivý přístup, který mi v průběhu psaní této práce poskytoval.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kupilík	Jméno Libor	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh strojního spodka modelu RC auta		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	33	TEXTOVÁ ČÁST	33	GRAFICKÁ ČÁST	5
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce představuje návrh strojního spodka modelu RC auta pro použití na závodech RC rallye. Obsahuje volbu podvozku, dva konstrukční návrhy, 3D model a volbu nejlepší navržené varianty.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	RC model, RC auto, strojný spodek

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Kupilík	Name Libor	
FIELD OF STUDY	B2301“ Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of the RC car model chassis		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	33	TEXT PART	33	GRAPHICAL PART	5
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The Bachelor Thesis introduce the design of the RC car model chassis for use in RC rally competition. It contain choice of chassis, two engineering designs, 3D model and choosing the best designed variant.
KEY WORDS	RC model, RC car, model chassis

Obsah

1. Úvod.....	4
1.1 Zpřesnění a doplnění zadání.....	4
2. Vyjasnění a rozpracování požadavků na navrhovaný technický produkt/systém (TS).....	4
2.1 Vyjasnění zadání	4
2.2 Stav techniky	4
2.3 Analýza problému	6
2.4 Analýza realizovatelnosti	7
2.5 Specifikace požadavků a hodnocení vybraných dosavadních TS	7
2.6 Časový plán řešení	7
3. Navržení koncepčních alternativ&variant (orgánové struktury) TS	8
3.1. Návrh alternativ/variant orgánové struktury (koncepčních schémat) TS.....	8
3.2 Hodnocení a výběr (sub)optimální orgánové struktury TS	13
4. Navržení hrubé stavební struktury TS.....	13
4.1 Návrh hrubé stavební struktury TS (CAD modely, nákresy, apod.)	13
5. Navržení úplné konstrukčního řešení (stavební struktury) TS_s příklady výkresové a další dokumentace TS	21
5.1 Návrh konstrukčního řešení úplné (stavební struktury) TS_(CAD modely, návrhové výkresy)	21
5.2 Výpočtové hodnocení navrženého konstrukčního řešení (stavební struktury) TS (MKP, příp. jinak)	29
6. Studie zabezpečení realizace základních životních etap navrženého TS	29
6.1 Zabezpečení využité k návrhu TS	29
6.2 Zabezpečení dokončení návrhu TS a jeho realizaci	29
6.3 Zabezpečení provozu a likvidace navrženého TS	29
7. Studie technologie výroby navrženého TS s příkl. technol. postupu vybrané součásti	30
8. Predikování nákladů na vývoj, výrobu, provoz a likvidaci navrženého TS.....	30
9. Hodnocení kvality a konkurenceschopnosti navrženého TS.....	32
10. Závěr.....	32
11. Literatura	33

Přehled použitých zkratk a symbolů

Použitá zkratka	Název
RC	Radio controlled
WD	Wheel drive
TS	Technický systém
CAD	Computer-aided design
MKP	Metoda konečných prvků
Li-pol	Lithium-polymer
NiMH	Nikl-metal hydrid
mm	Milimetr
g	Gram
V	Volt
mAh	Miliampérhodina

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 2.1 Model Tamiya TA-03 shora	5
Obr. 2.2 Model Tamiya TA-03 zdola	5
Obr. 3.1 Podvozek X-Ray T2 shora	8
Obr. 3.2 Podvozek X-Ray T2 shora	8
Obr. 3.3 Podvozek Tamiya TB-02 shora	9
Obr. 3.4 Podvozek Tamiya TB-02	9
Obr. 3.5 Podvozek Tamiya TA-03 shora	10
Obr. 3.6 Podvozek Tamiya TA-03	10
Obr. 3.7 Podvozek Tamiya DF-03Ra shora	11
Obr. 3.8 Podvozek Tamiya DF-03Ra	11
Obr. 3.9 Podvozek Tamiya M-03 shora	12
Obr. 3.10 Podvozek Tamiya M-03	12
Tabulka 3.1 Hodnocení vlastností podvozků	13
Obr. 4.1 Varianta 1 spodního rámu s podélným uložením baterie	14
Obr. 4.2 Varianta 1 spodního rámu s možnostmi příčného uložení baterie	14
Obr. 4.3 Varianta 2 spodního rámu s příčným uložením baterie	15
Obr. 4.4 Varianta 2 spodního rámu s podélným uložením baterie	15
Obr. 4.5 Původní systém řízení	16
Obr. 4.6 Původní systém řízení	16
Obr. 4.7 Systém řízení pro variantu 1	17
Obr. 4.8 Systém řízení pro variantu 1	17
Obr. 4.9 Systém řízení pro variantu 2	18
Obr. 4.10 Systém řízení pro variantu 2	18
Obr. 4.11 a 4.12 Horní rám pro systém řízení varianty 1	19
Obr. 4.13 a 4.14 Horní rám pro systém řízení varianty 2	20
Obr. 5.1 Zvolený materiál DIBOND	21
Tabulka 5.1 Technické parametry materiálu DIBOND	22
Tabulka 5.2 Technické specifikace materiálu DIBOND	22
Obr. 5.2 Srovnání tloušťky a váhy materiálů při stejné ohybové tuhosti	23
Obr. 5.3 Ideální případ kdy jsou kola bočně nepoddajná	24
Obr. 5.4 Ideální přímka a křivka chyb	25
Obr. 5.5 Vliv směrových úchylek na polohu středu otáčení	25

Obr. 5.6 Nejoptimálnější varianty uložení baterie	26
Obr. 5.7 Nevýhody řízení varianty 1	26
Obr. 5.8 Ukázka 3D modelu RC auta 1	27
Obr. 5.9 Ukázka 3D modelu RC auta 2	28
Tabulka 5.3 Porovnání technických vlastností původního a navrženého modelu	29
Tabulka 5.4 Srovnání mnou používaných baterií	29
Tabulka 8.1 Nákladů na vývoj strojního spodku	31
Tabulka 8.2 Náklady na provoz modelu	31

1. Úvod

1.1 Zpřesnění a doplnění zadání

Jedná se o návrh strojního spodka modelu RC auta v měřítku 1:10 s trvalým pohonem všech čtyř kol poháněného elektromotorem na model s poháněnou pouze přední nápravou pro použití při závodech RC rallye.

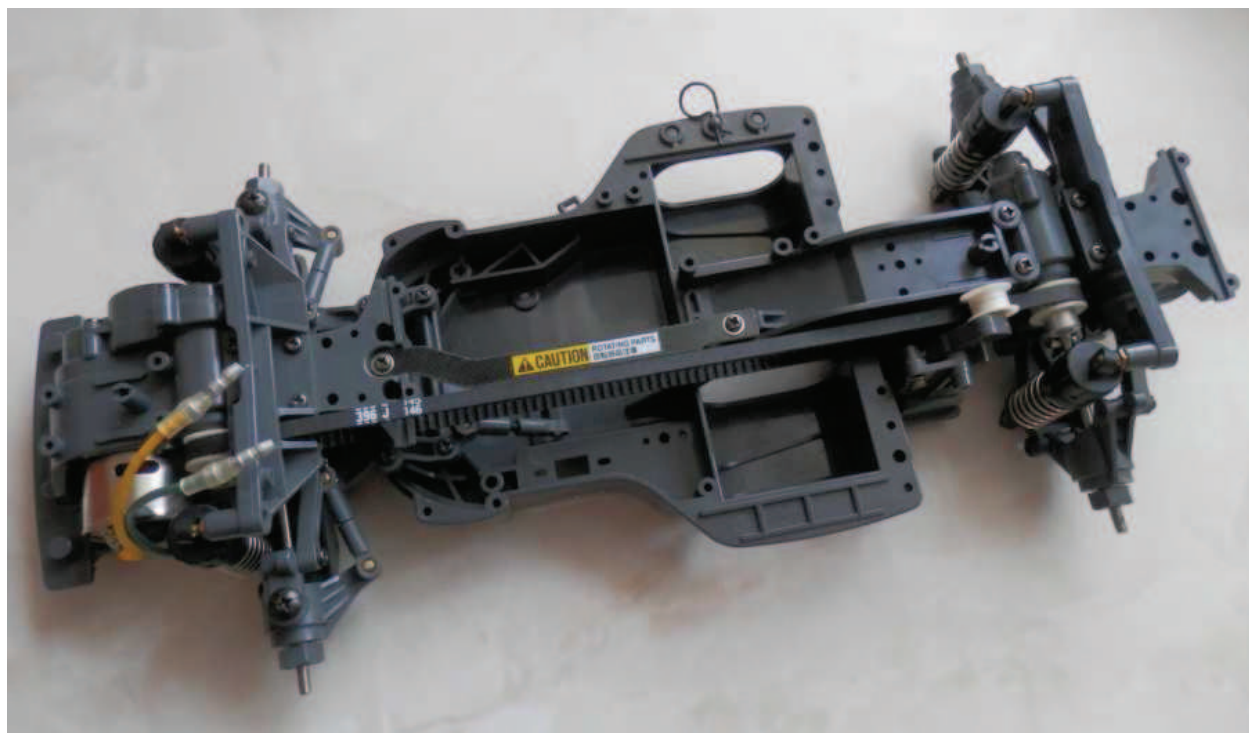
2. Vyjasnění a rozpracování požadavků na navrhovaný technický produkt/systém (TS)

2.1 Vyjasnění zadání

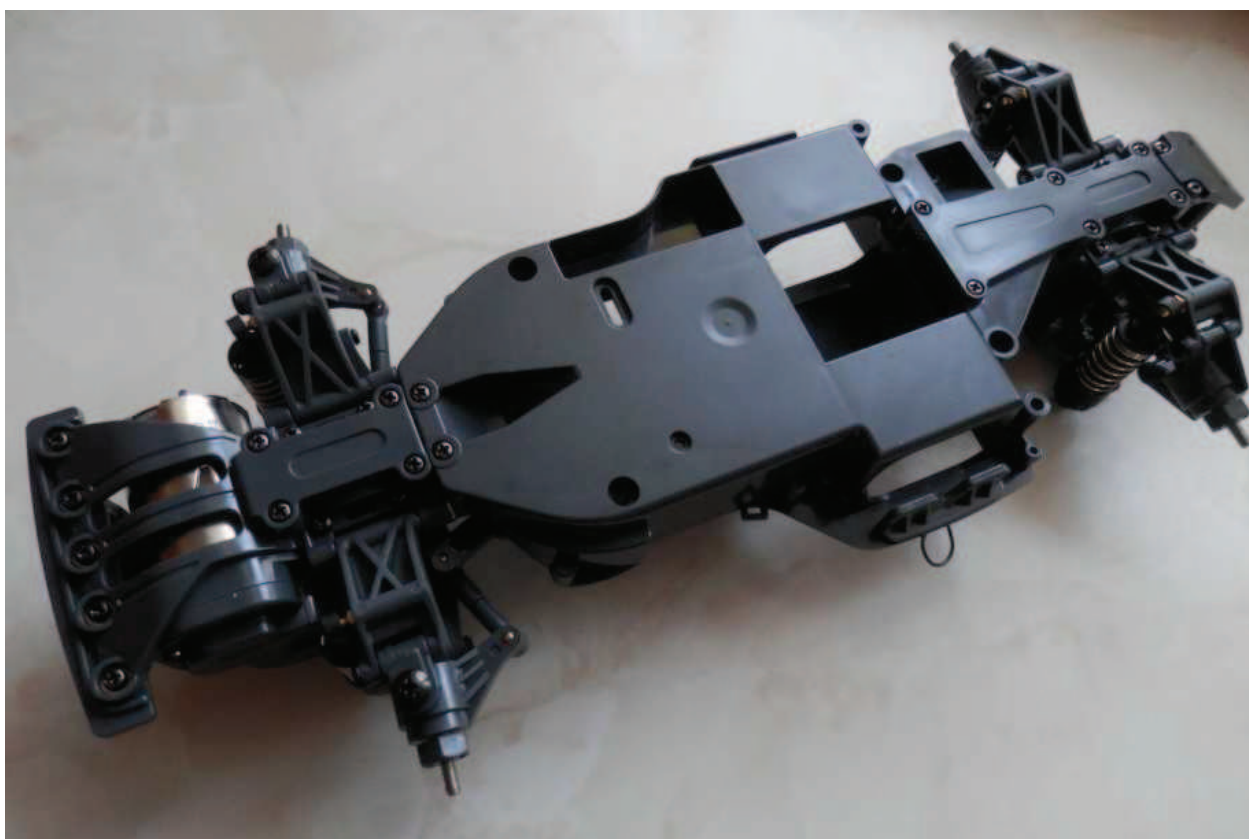
Účelem tohoto návrhu je, abych se mohl zúčastnit závodů RC modelů v rallye a to konkrétně západočeského šampionátu. V jedné sezoně se jede osm závodů, dva jsou na zpevněném povrchu, ostatní na nezpevněném nebo na kombinovaném. Do šampionátu se může přihlásit kdokoli a to buď do kategorie 4WD nebo 2WD nebo do obou. Já chci jezdit obě kategorie, auto s pohonem 4x4 již mám a proto jsem se rozhodl postavit si ještě vůz s pohonem jedné nápravy. Pro závody je vhodnější vůz s pohonem předních kol. A podle toho jsem také vybíral podvozek vhodný pro přestavbu. Vybral jsem sériově vyráběný model s pohonem všech čtyř kol v měřítku 1:10. Ten bude přestavěn na vůz s poháněnou pouze přední nápravou. Jelikož se jedná o model určený pro silniční provoz, tak bude upraveno i celé šasi vozu pro pohyb na nezpevněném povrchu. Jako například zvýšená světlá výška vozu, předělané odpružení a celkové zlepšení jízdních vlastností.

2.2 Stav techniky

Výchozí model je sériově vyráběný model od firmy Tamiya v měřítku 1:10 určený na zpevněný povrch. Jedná se o starší model Tamiya TA-03. Je dostupný jako stavebnice. Součástí je i stejnosměrný elektromotor. Většina dílů je plastových, jako například šasi, ramena kol, náboje kol, skříně diferenciálů, držáky karoserie, kryt motoru a nárazníky. Plast je dobře opracovatelný, ale je náchylný k praskání. Plastová jsou i převodová kola. Model má plastové planetové diferenciály s kovovými planetami. Dále jsou součástí i ocelové díly, jako je pastorek, unášecí diferenciálů, poloosy a šrouby. Místo ložisek jsou použita plastová pouzdra. V základu jsou olejové tlumiče. Motor je uložený před přední nápravou příčně k ose vozu. Výkon na přední kola se přenáší pomocí ozubených kol umístěných ve skříně předního diferenciálu. Na zadní kola je přenášený pomocí ozubených kol a jednoho ozubeného řemínku. Prostor pro uložení baterie je před zadní nápravou. Baterie se ukládá příčně k ose vozu. Místo pro uložení serva řízení je mezi přední nápravou a místem pro baterii. Veškeré tyto díly jsou uloženy v ose modelu, což je výborné z hlediska příčného rozložení váhy u auta. Součástí stavebnice jsou také plastové šesti-paprskové disky včetně gum určených na asfalt a molitanových měkkých vložek.



Obr. 2.1 Model Tamiya TA-03 shora [12]



Obr. 2.2 Model Tamiya TA-03 zdola [12]

2.3 Analýza problému

Pro výběr i přestavbu je nutné dodržet technická pravidla daného šampionátu.

Technická pravidla:

a) Podvozek:

V závodech může startovat libovolný podvozek 1:10 s libovolnými úpravami.
Maximální šířka včetně kol 210 mm.
Libovolný pohon kol: 4WD a 2WD

b) Karoserie:

Jsou povoleny jen polomakety vozů typu RALLY v měřítku 1:10.
Karoserie musí být nabarvená a musí svým vzhledem připomínat skutečný vůz.
Barevné provedení karoserie je libovolné.
Karoserie zapsaná pro licenci platí na celý šampionát 2013.
Karoserii je možno kombinovat s jakýmkoli typem pohonu kol.

c) Baterie:

Mohou být použity libovolné baterie s maximálním jmenovitým napětím 8V.
Během závodu je možné měnit libovolný počet baterií.

d) Motory:

Mohou být použity libovolné elektromotory velikosti 540.

e) Pneumatiky:

Mohou být použity libovolné pneumatiky značkové i vlastní výroby.
Maximální šíře pneu není omezena.
Maximální průměr pneu je 75 mm.
Počet výměn pneumatik během závodu není omezen.
Mazání pneu je zakázáno.
Pneumatiky mohou být libovolně upravovány (prořezávány).
Použití hrotů z tvrdých materiálů (hřebů) je zakázáno.

[8]

Tento model jsem pro přestavbu vybral z důvodu jeho uložení motoru v přední části vozu, který se mi pro mé účely zdál nejvhodnější. Sériově vyráběné modely s předním pohonem mají motor až za přední nápravou a mají kratší rozvor 225 mm a menší šířku 168 mm. Mnou zvolený model má rozvor 257 mm a šířku 190 mm, to je z mého pohledu vhodnější z hlediska stability vozu. Přední ramena jsou zakloněná čímž je dosažen záklon rejdového čepu, který zlepšuje zatáčení hlavně na sypkém povrchu. Ramena samotná jak přední tak i zadní jsou pro závody nevhodná, na spodní straně mají výstupky pro uchycení tlumičů, ale o tyto výstupky se může auto při jízdě v terénu zasekávat. Nelze zde nastavovat odklony kol, pouze sbíhavost na přední nápravě. Pro závody je důležité mít co nejmenší poloměr zatáčení, který je u sériového modelu velký. Dále je důležitá hmotnost modelu, zvláště u vozu s pohonem jedné nápravy. Proto se musí odstranit všechny zbytečné části.

2.4 Analýza realizovatelnosti

Na otázku realizovatelnosti lze nahlížet dvěma způsoby. A to z hlediska náročnosti na výrobu, tj. dostupnost strojů a náradí potřebných k přestavbě. Proto jsem se snažil navrhnout takovou konstrukci, která se dá vyrobit v domácí dílně. Dílna je vybavená základním nářadím, jako jsou šroubováky, kleště, pilníky, jehlové pilníky, ruční pilky, nůžky na plech a jiné běžně dostupné nářadí. Strojní vybavení dílny je dvoukotoučová stolní bruska, ruční vrtačka se stolním stojanem, pistolová pájka, úhlová bruska, svářečka CO₂ a vzduchová ruční frézka. Veškeré strojní zařízení je běžně dostupné ve velkých obchodních centrech. Další důležitou součástí pro přestavbu je materiál. A to spojovací materiál jako šrouby, matice, kulové čepy a konektory, vše jde sehnat v železářství nebo obchodech s RC modely. Dále pak materiál pro konstrukci samotného rámu a výztuh jako jsou ocelové a hliníkové trubky, tyčky, hliníkové a ocelové desky, které jsou také dostupné v železářství.

Druhé hledisko je, zda se dá samotný model přestavět. Proto jsem vybíral model, který je ve formě stavebnice, kde se dají jednotlivé díly odmontovat a rozebrat.

2.5 Specifikace požadavků a hodnocení vybraných dosavadních TS

Pro závodní podmínky je důležité, aby model splňoval tyto požadavky:

- model v měřítku 1/10
- nízká cena
- dostupnost náhradních dílů
- záklon předních ramen
- nastavitelná světlá výška modelu
- malý poloměr zatačení
- odolnost dílů proti nárazům
- zakryté převody
- nízká váha
- možnost upravit polohu těžiště posunutím baterie
- možnost měnit odklon kol
- sbíhavost zadních kol
- nastavitelná sbíhavost předních kol
- minimální počet spojovacích prvků řízení pro co nejmenší vůle v řízení
- celková tuhost modelu
- minimální plocha pro zachytávání nečistot
- dobrý přístup k baterii a možnost rychlé výměny během závodu
- možnost měnit rozvor náprav
- dobrý přístup vzduchu k motoru z důvodu chlazení
- jednoduchý a spolehlivý systém řízení

2.6 Časový plán řešení

Září – říjen: teoretická část

Listopad: výběr a pořízení podvozku

Prosinec – leden: konstrukční návrhy a výběr nejideálnější varianty

Únor – březen: výkresová dokumentace a 3D model

Duben – květen: vlastní přestavba a výroba podvozku

3. Navržení koncepčních alternativ & variant (orgánové struktury) TS

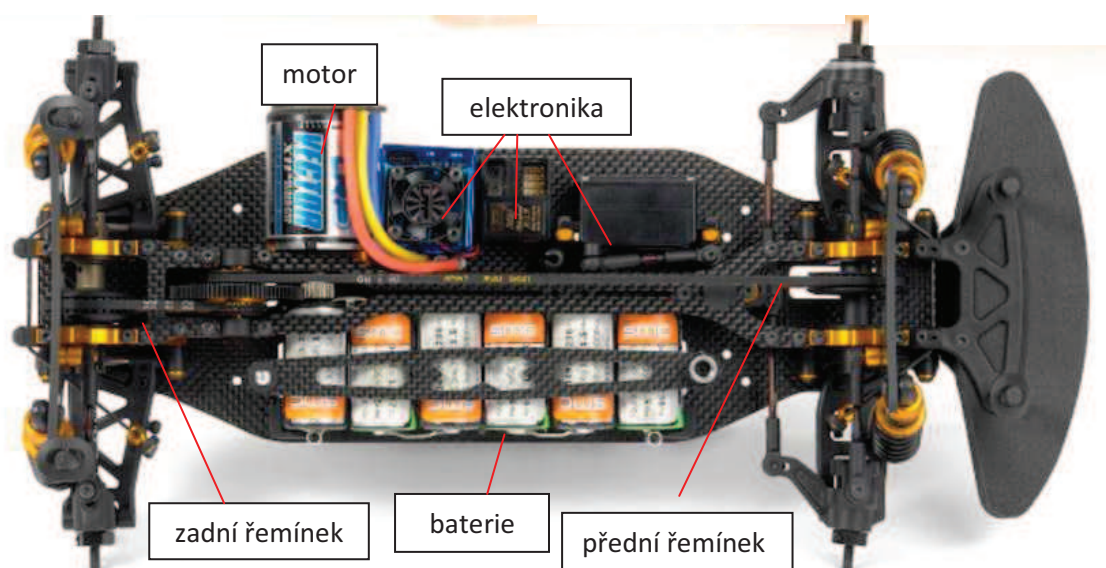
3.1. Návrh alternativ/variant orgánové struktury (koncepčních schémat) TS

Při výběru nejvhodnějšího modelu pro přestavbu jsem vybíral z těchto podvozků:

X-Ray T2

Výhody: sbíhavost zadních kol, dostupnost náhradních dílů, odolnost dílů proti mechanickému poškození, malý poloměr zatačení, kvalitní tlumiče, nastavitelné odklony kol.

Nevýhody: diferenciály ani řemínky nejsou zakryté, motor přesahuje přes spodní plato podvozku, nemá záklon předních ramen, vysoká cena.



Obr. 3.1 Podvozek X-Ray T2 shora [3]

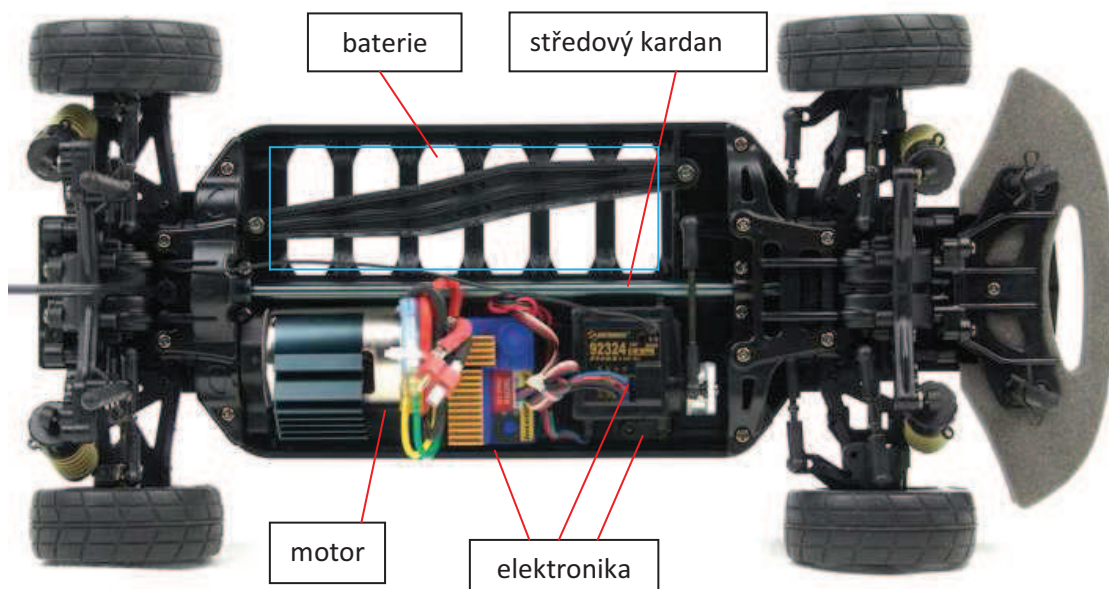


Obr. 3.2 Podvozek X-Ray T2 shora [3]

Tamiya TB-02

Výhody: diferenciály a převody jsou zakryté, odolné díly proti mechanickému poškození, nízká cena, nastavitelné odklony kol, malý poloměr zatáčení.

Nevýhody: zadní kola nemají sbíhavost, horší dostupnost náhradních dílů, horší tlumiče, není záklon předních ramen.



Obr. 3.3 Podvozek Tamiya TB-02 shora [4]

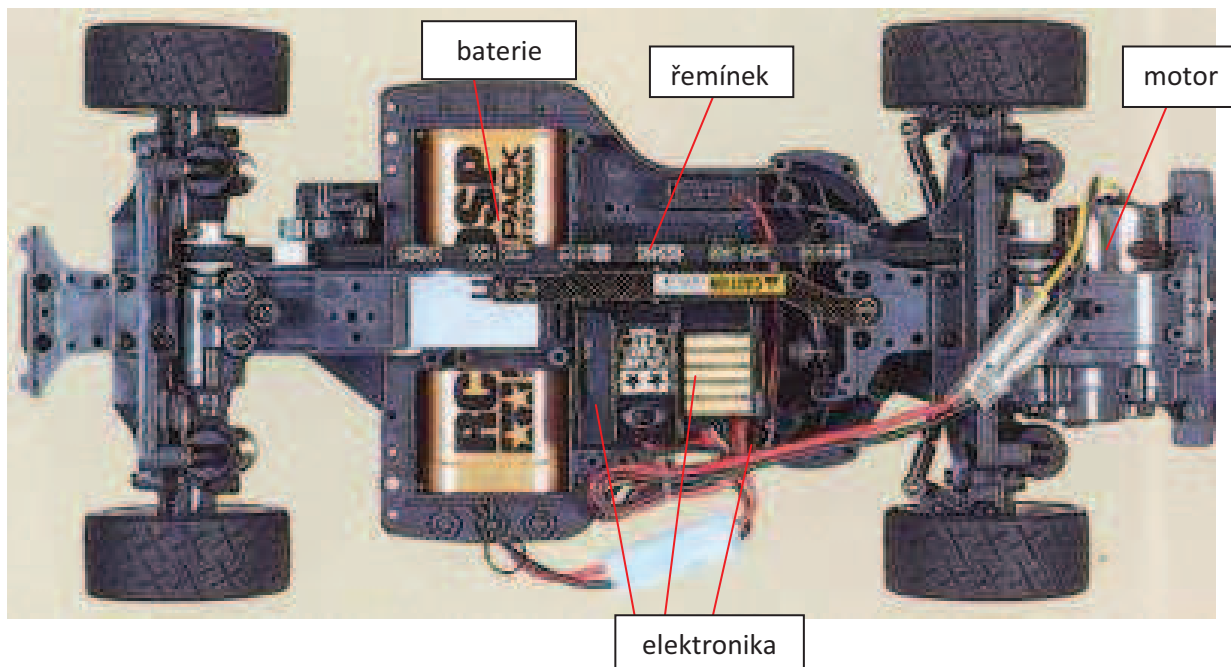


Obr. 3.4 Podvozek Tamiya TB-02 [4]

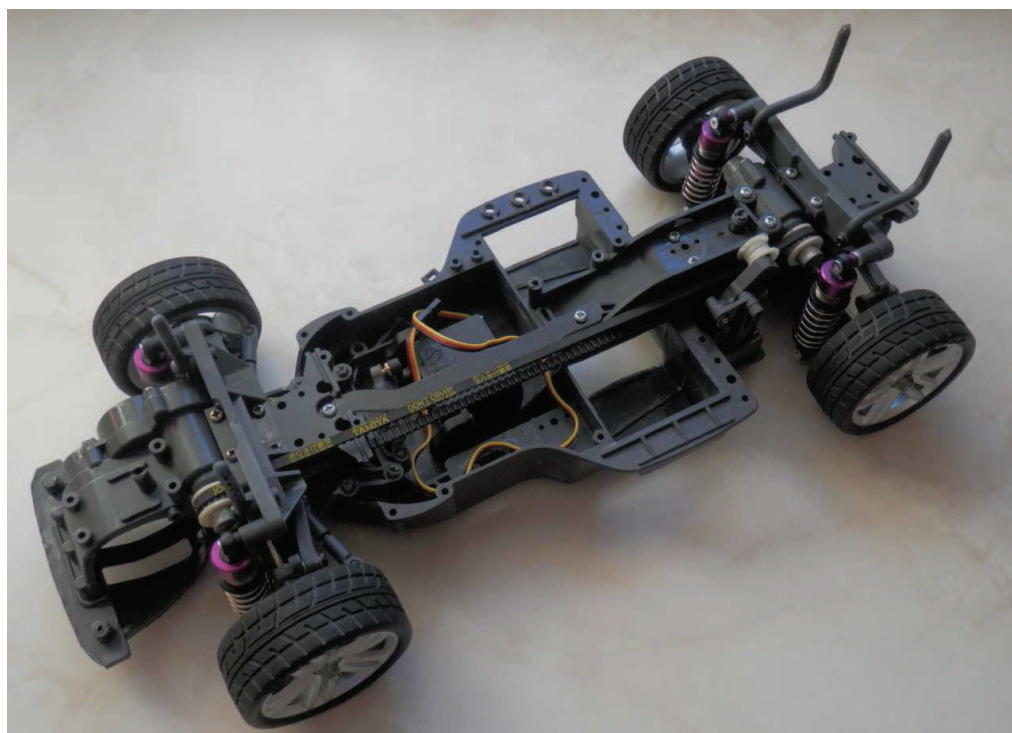
Tamiya TA-03

Výhody: přenos výkonu na přední nápravu pomocí zakrytých ozubených převodů, dobré tlumiče, motor umístěný před přední nápravou, možnost rozložit na menší celky, dobré zakrytí diferenciálů, záklon předních ramen.

Nevýhody: horší dostupnost náhradních dílů, měkký materiál, velký poloměr zatáčení, nelze nastavit odklon kol, již se nevyrábí.



Obr. 3.5 Podvozek Tamiya TA-03 shora [5]

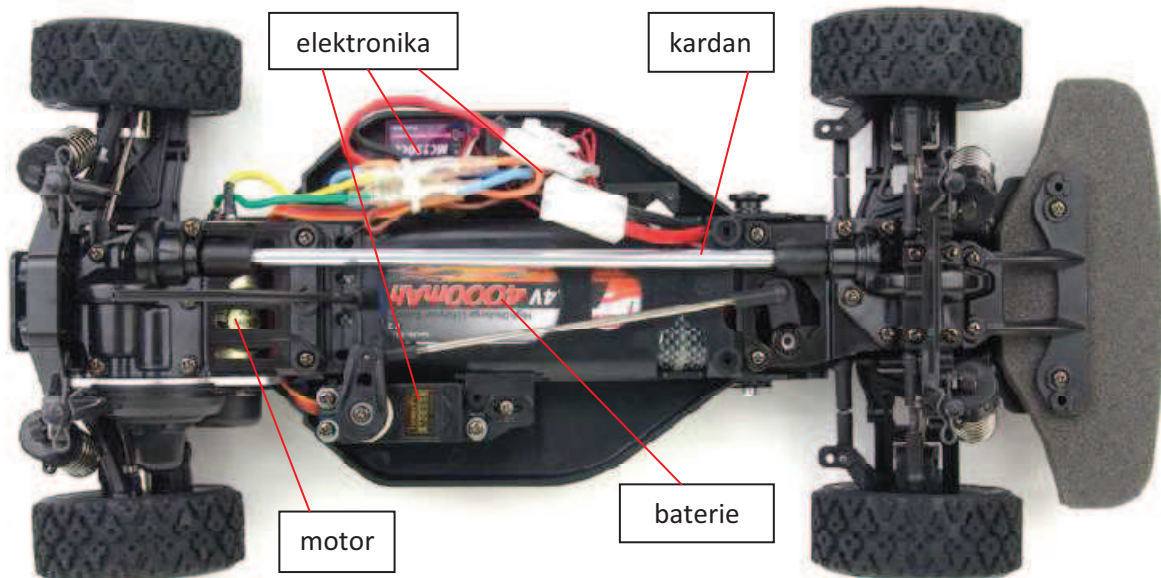


Obr. 3.6 Podvozek Tamiya TA-03 [12]

Tamiya DF-03Ra

Výhody: diferenciály a převody jsou dobře zakryté, sbíhavost zadních kol, nastavitelné odklony kol, baterie uložená podélně v ose modelu, dobré tlumiče, přenos výkonu motoru pomocí kardanu, záklon předních ramen.

Nevýhody: velký poloměr zatáčení, horší dostupnost náhradních dílů, horší materiál, vyšší cena.



Obr. 3.7 Podvozek Tamiya DF-03Ra shora [6]

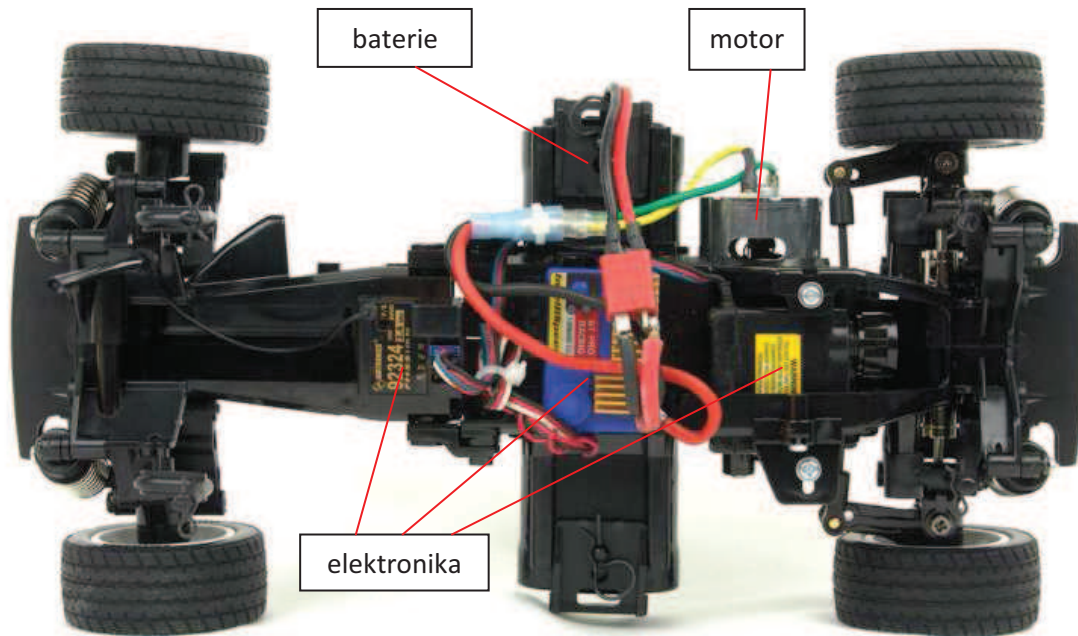


Obr. 3.8 Podvozek Tamiya DF-03Ra [7]

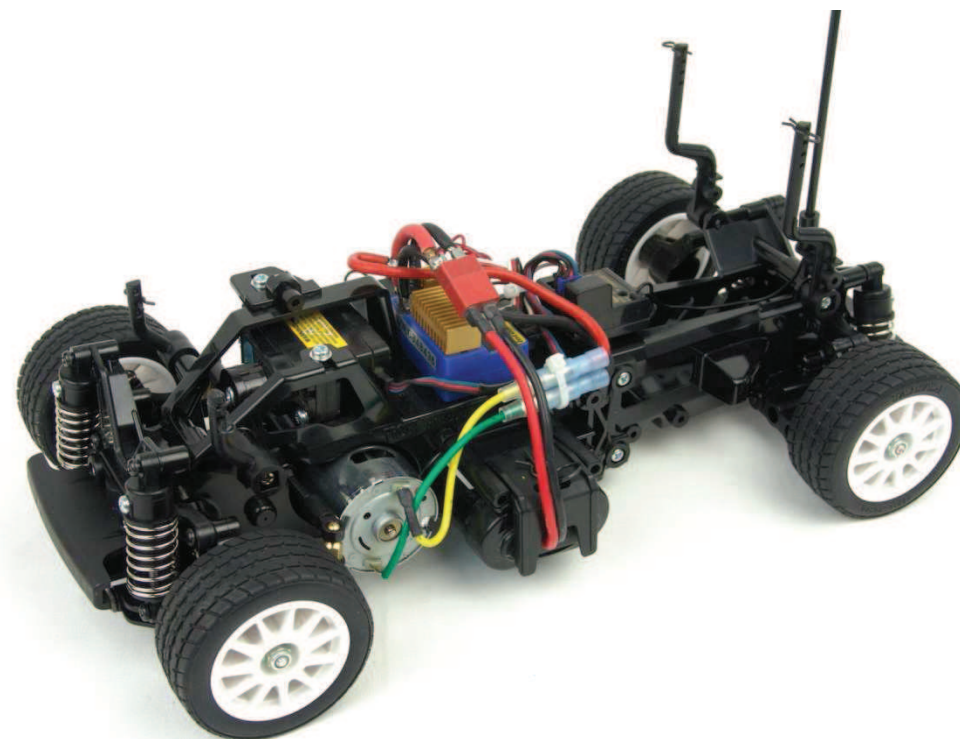
Tamiya M-03

Výhody: sbíhavost zadních kol, zakrytý diferenciál a převody, těžiště v přední části modelu, nízká cena.

Nevýhody: nelze nastavit odklon kol, kratší rozvor o 35 mm než modely 4x4 a užší o 20 mm, horší materiál, velký poloměr zatažení, horší dostupnost dílů, nelze rozložit na menší celky.



Obr. 3.9 Podvozek Tamiya M-03 shora [4]



Obr. 3.10 Podvozek Tamiya M-03 [4]

3.2 Hodnocení a výběr (sub)optimální orgánové struktury TS

Pro hodnocení vybraných podvozků jsem vybral důležité vlastnosti potřebné pro použití na závodech. U jednotlivých vlastností jsem každému podvozku přidělil určitý počet bodů vzhledem k tomu jak vhodný je pro přestavbu a závodění. 5 bodů nejvhodnější, 1 bod nejméně vhodný.

		Podvozek				
		X-Ray T2	Tamiya TB-02	Tamiya TA-03	Tamiya DF-03Ra	Tamiya M-03
Vlastnosti	Cena	2	4	4	3	5
	Odolnost dílů	5	4	4	3	3
	Dostupnost dílů	5	3	3	4	2
	Zakrytování	1	4	5	5	5
	Nastavitelná geometrie kol	5	5	4	4	3
	Sbíhavost zadních kol	2	1	2	2	2
	Rozložení váhy	3	3	5	4	4
	Poloměr zatáčení	5	5	4	4	3
	Tlumiče	4	4	5	5	3
	Rozložení na menší celky	3	2	5	4	1
	Celkové rozměry modelu	5	5	5	5	3
	Přenos výkonu od motoru na přední nápravu	4	4	5	4	5
	Nastavitelná světlá výška	4	4	5	5	4
	Systém řízení předních kol	4	4	4	3	3
	Tuhost modelu	3	3	4	5	5
	Uložení motoru	2	2	5	3	4
	Přístup k baterii	5	5	4	3	4
Záklon předních ramen	3	2	4	4	2	
Celkem		65	64	76	70	61

Tab. 3.1 Hodnocení vlastností podvozků [12]

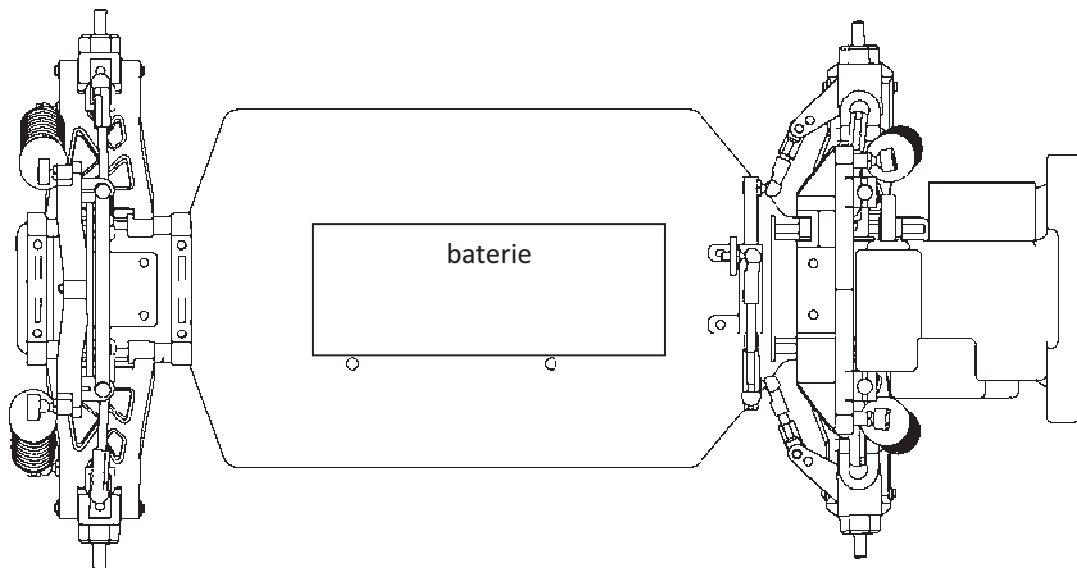
Z výsledků hodnocení nejlépe vyšel podvozek Tamiya TA-03, který byl následně vybrán pro přestavbu. Největší výhodou tohoto šasi jsou zakryté převody, motor uložený před přední nápravou a možnost rozložení na menší celky.

4. Navržení hrubé stavební struktury TS

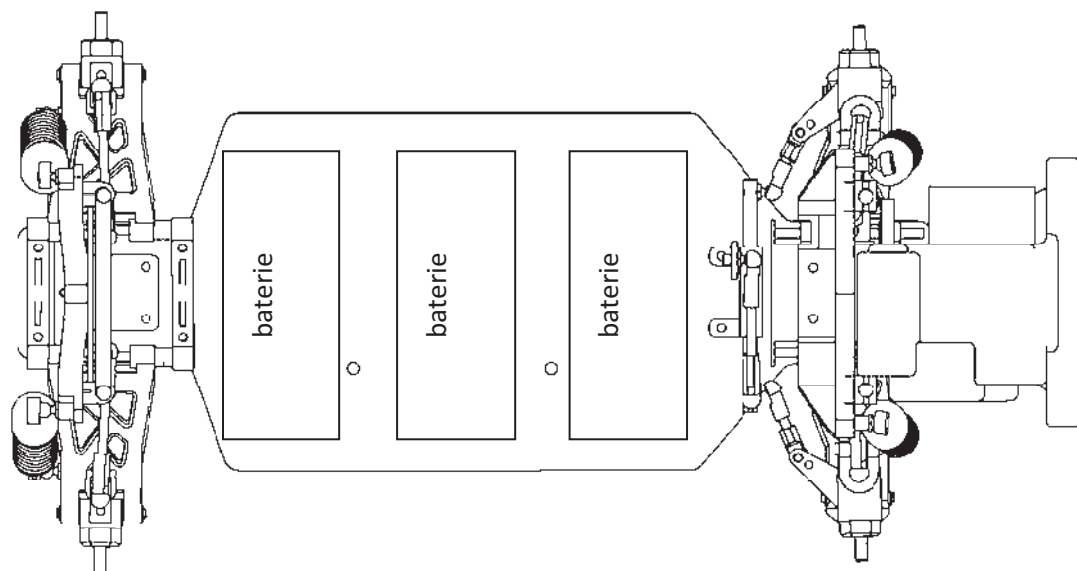
4.1 Návrh hrubé stavební struktury TS (CAD modely, nákresy, apod.)

Zvolený podvozek Tamiya TA-03 lze rozložit na tři kompaktní celky. Přední část s motorem, diferenciálem a přední nápravou. Střední část, kde je uchycený systém řízení kol, prostor pro elektroniku a místo pro baterii. A zadní část s diferenciálem a zadní nápravou. Pro přestavbu modelu na auto s poháněnou pouze přední nápravou, jsem se rozhodl ponechat pouze přední část a pro zbylé dvě navrhnout vlastní řešení. Udělal jsem několik variant pro

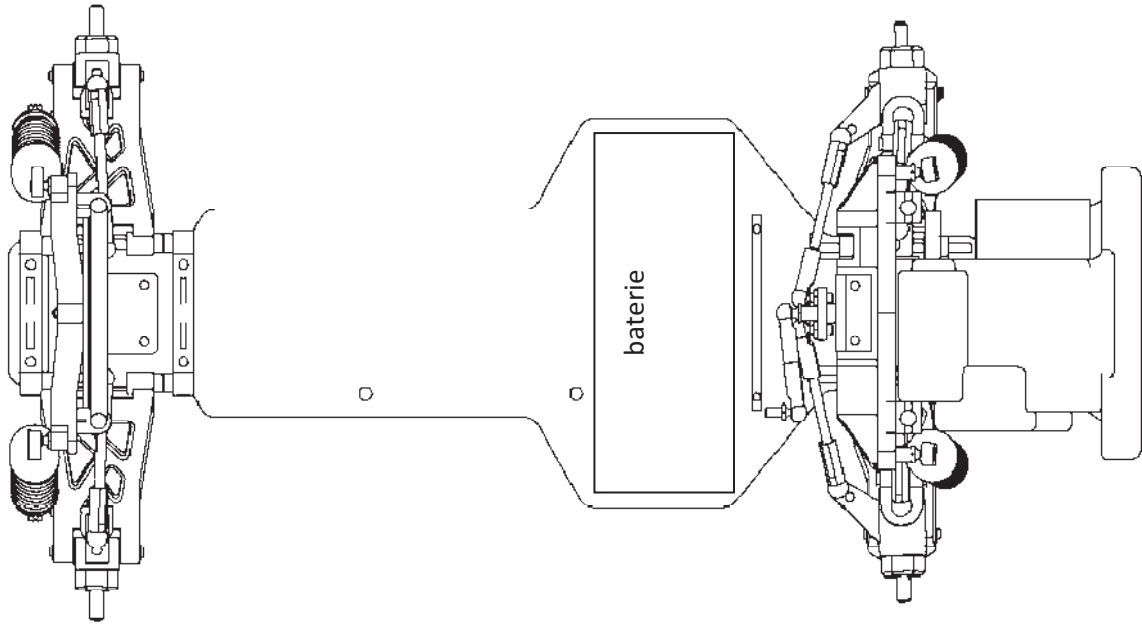
úpravu spodní části rámu s několika různými možnostmi uložení baterie. A to z důvodu, aby bylo možné měnit polohu těžiště.



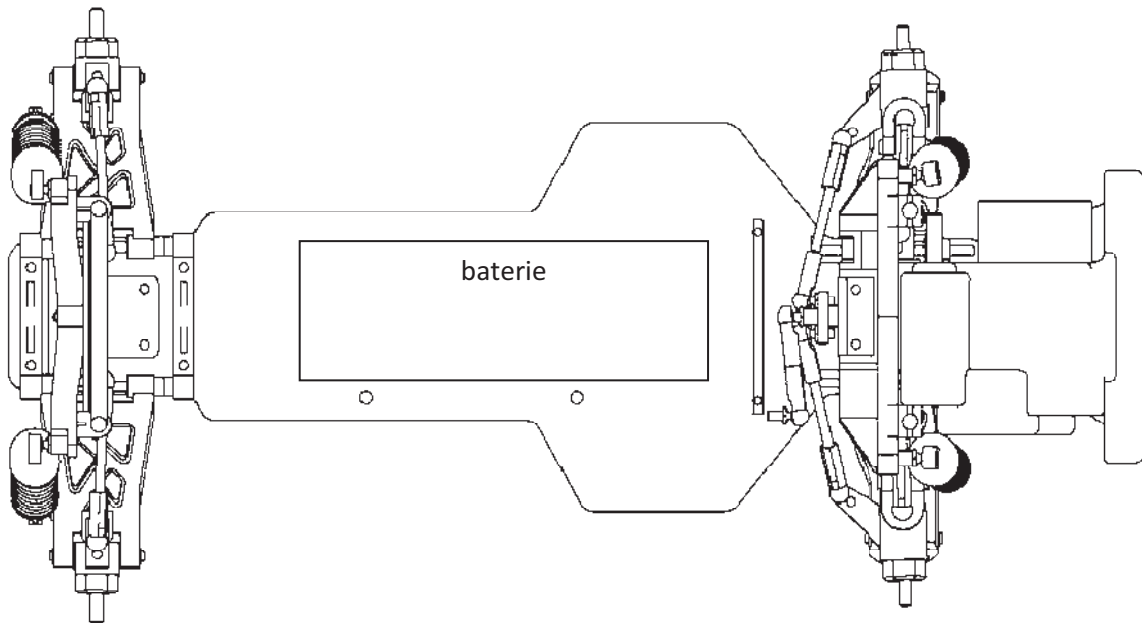
Obr. 4.1 Varianta 1 spodního rámu s podélným uložením baterie [12]



Obr. 4.2 Varianta 1 spodního rámu s možnostmi příčného uložení baterie [12]

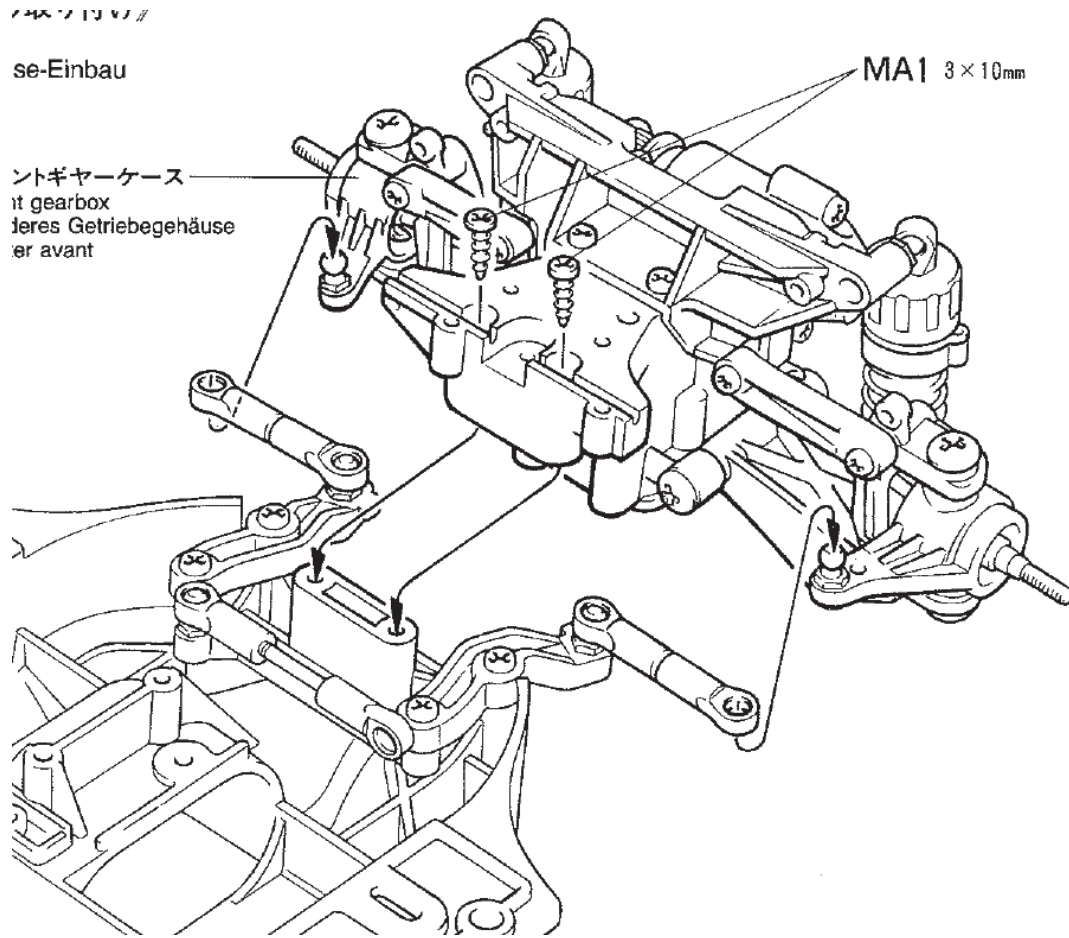


Obr. 4.3 Varianta 2 spodního rámu s příčným uložením baterie [12]

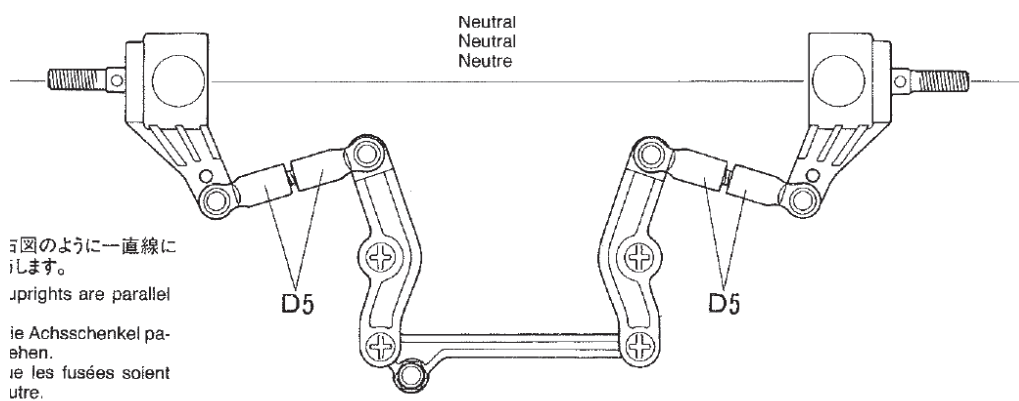


Obr. 4.4 Varianta 2 spodního rámu s podélným uložením baterie [12]

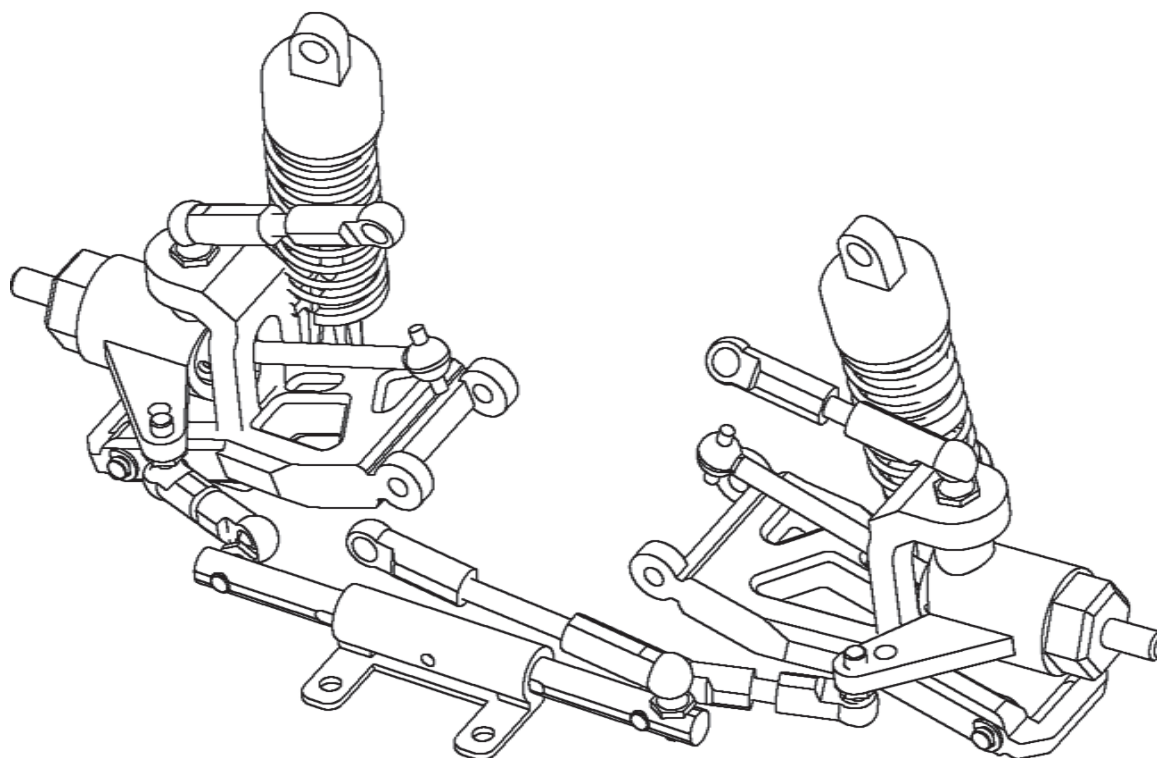
Dále jsem udělal několik návrhů systému řízení. Původní řízení mělo velký poloměr zatáčení, který je pro požití při závodech nevhodný. Páky řízení narážely do přední části kde je uložený diferenciál a chod pák se tak nemohl zvětšit. Řízení také bylo součástí střední části modelu, kterou jsem nahradil vlastní konstrukcí.



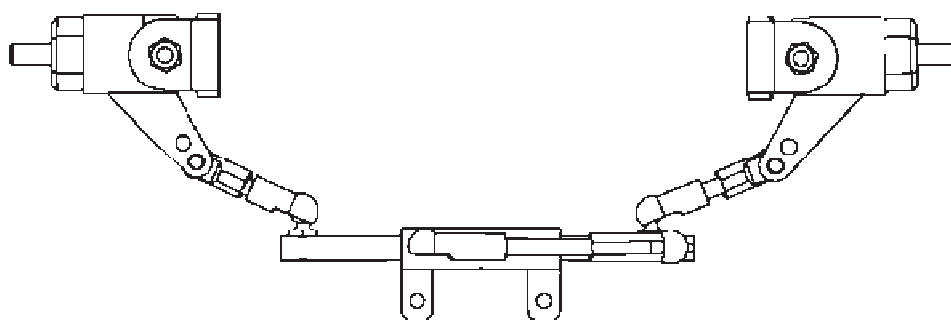
Obr. 4.5 Původní systém řízení [9]



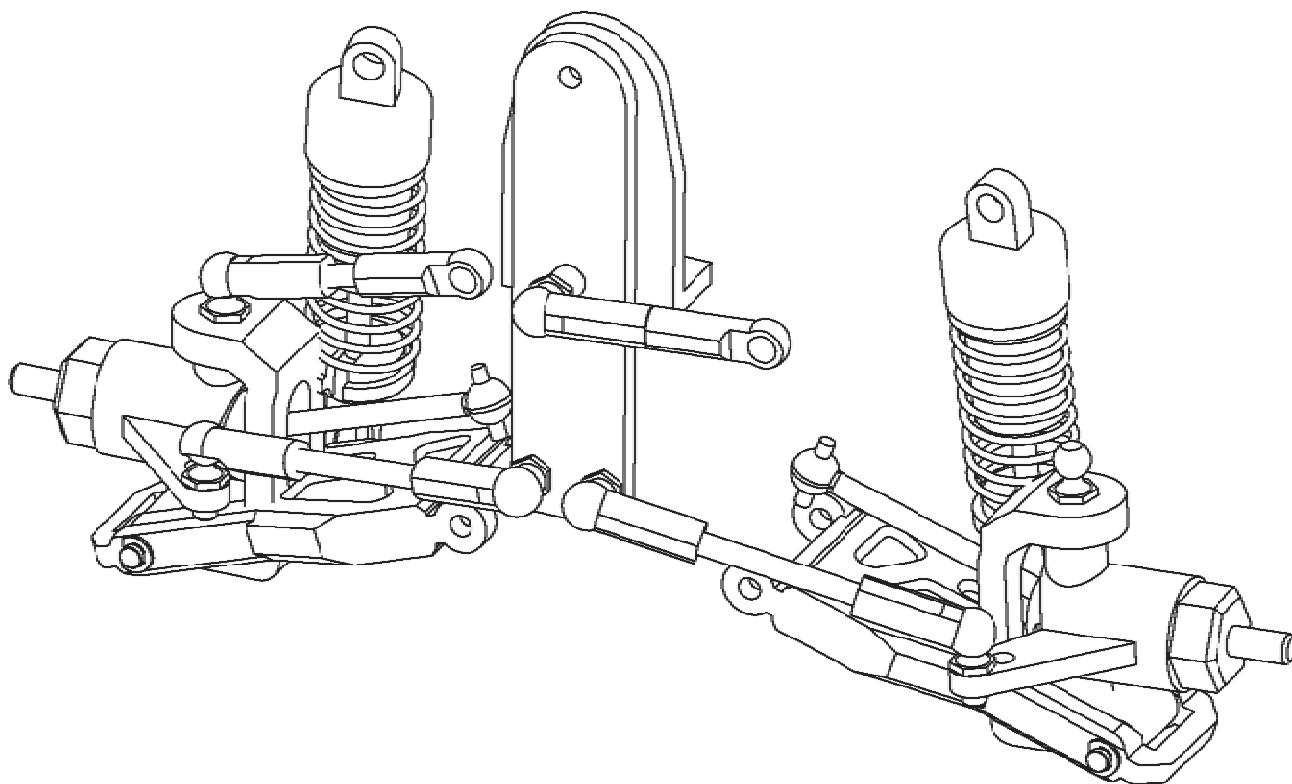
Obr. 4.6 Původní systém řízení [9]



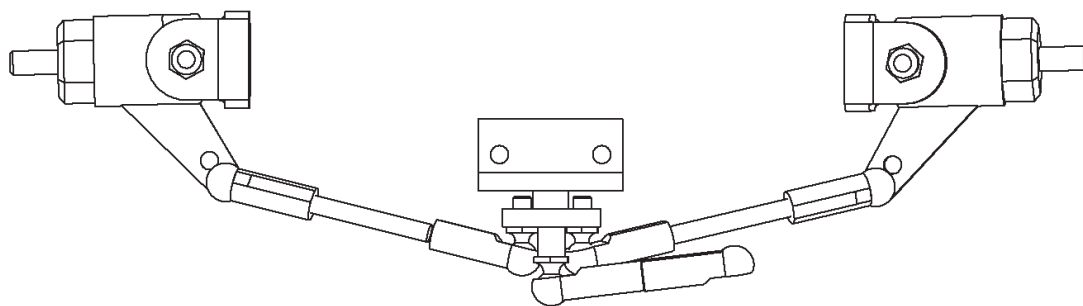
Obr. 4.7 Systém řízení pro variantu 1 [12]



Obr. 4.8 Systém řízení pro variantu 1 [12]

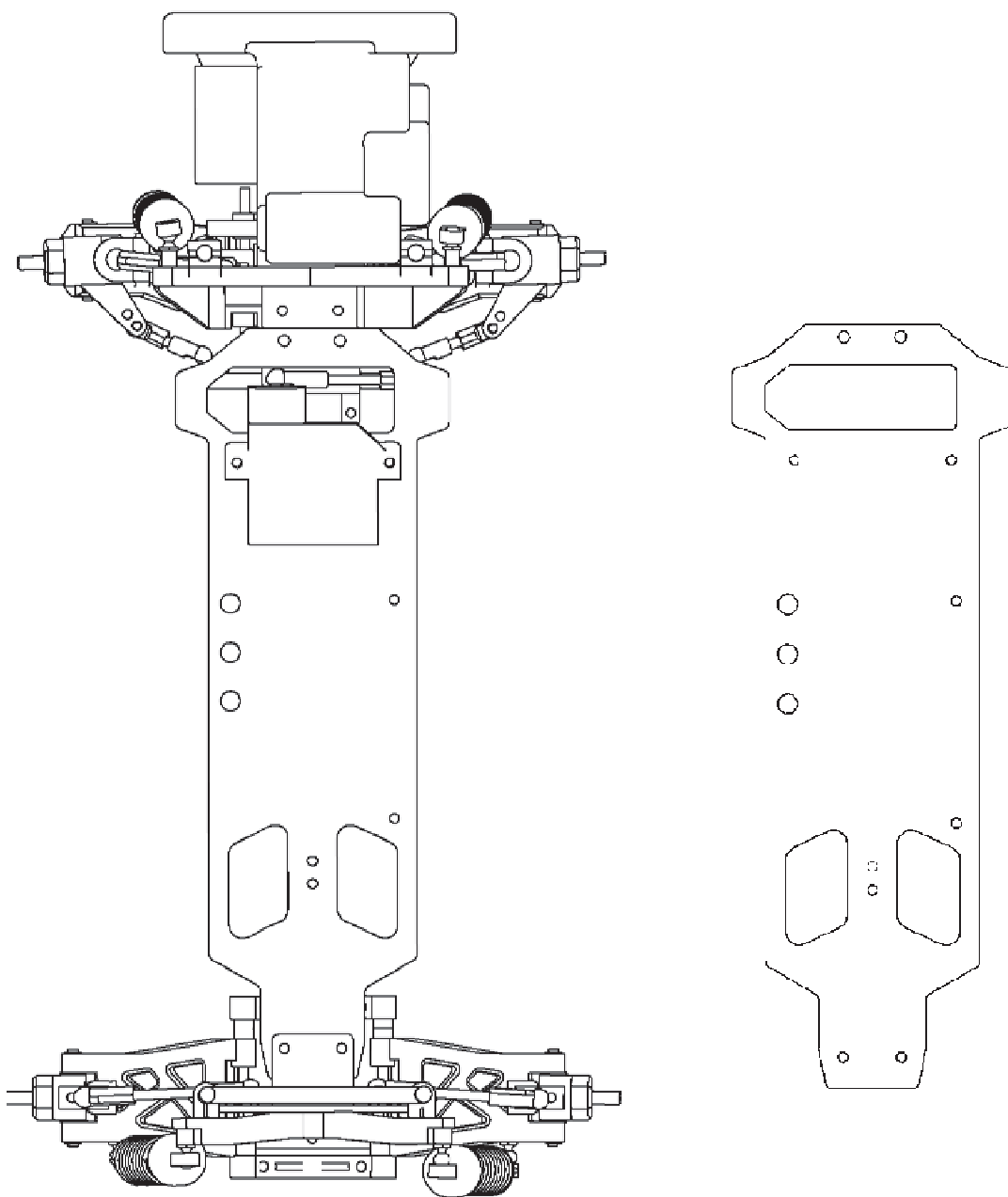


Obr. 4.9 Systém řízení pro variantu 2 [12]

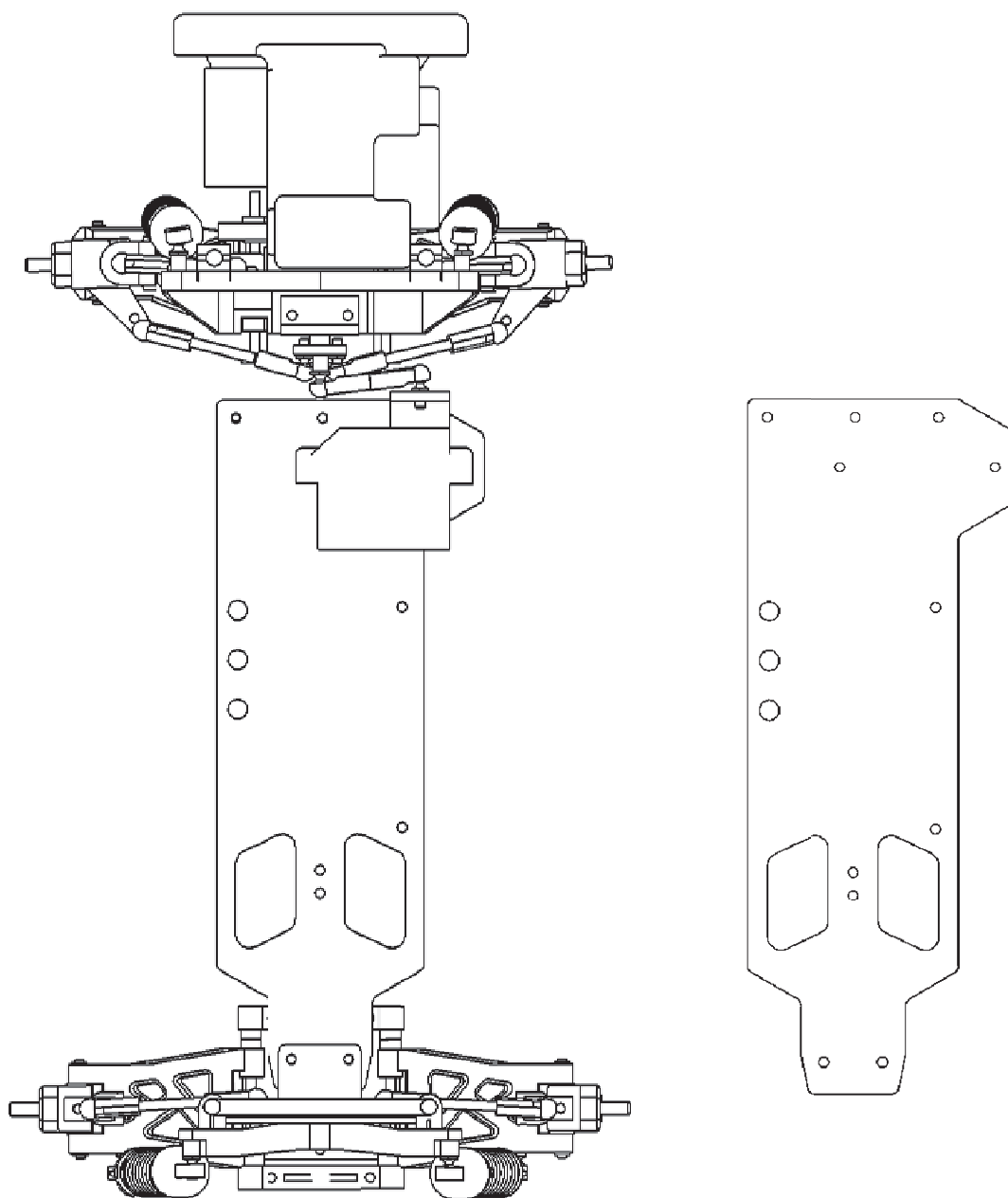


Obr. 4.10 Systém řízení pro variantu 2 [12]

Pro celkovou tuhost modelu jsem navrhl horní rám v několika variantách, podle použitého systému řízení.



Obr. 4.11 a 4.12 Horní rám pro systém řízení varianty 1 [12]

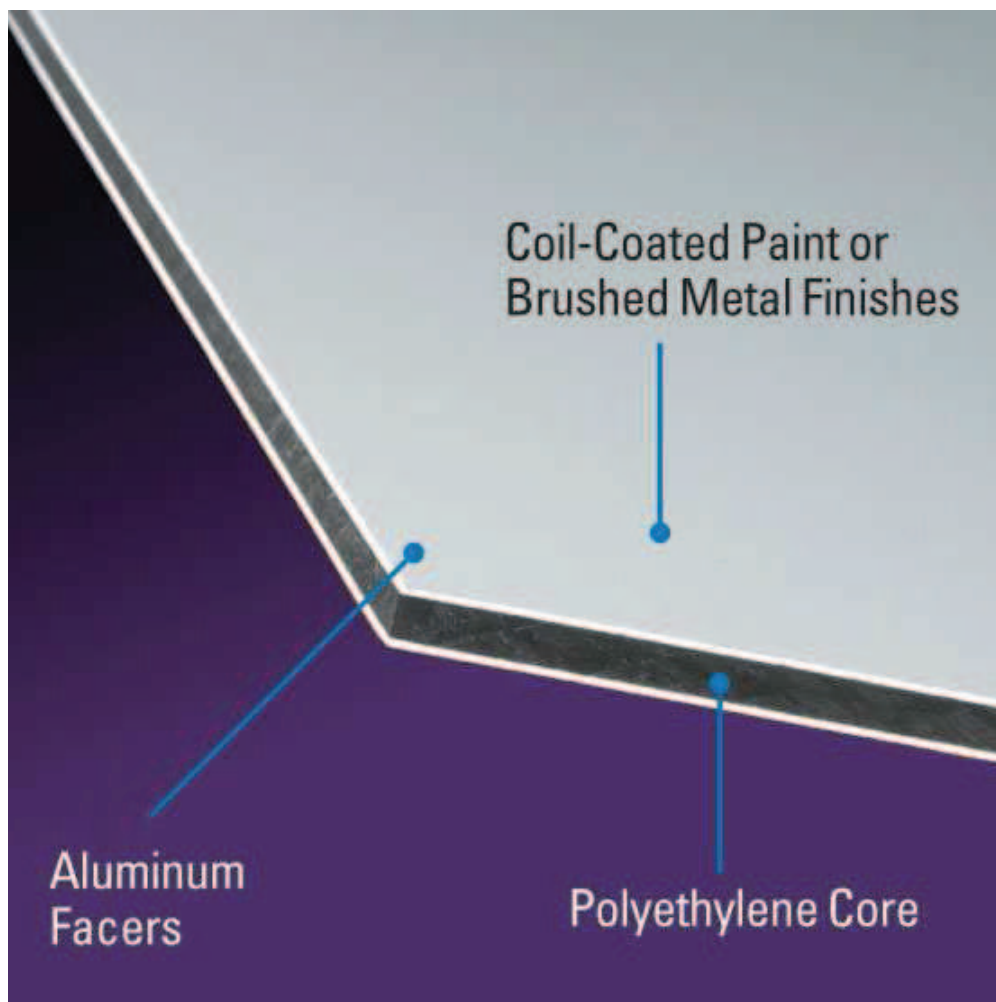


Obr. 4.13 a 4.14 Horní rám pro systém řízení varianty 2 [12]

5. Navržení úplné konstrukčního řešení (stavební struktury) TS s příklady výkresové a další dokumentace TS

5.1 Návrh konstrukčního řešení úplné (stavební struktury) TS (CAD modely, návrhové výkresy)

Jako materiál pro výrobu spodního a horního rámu modelu, jsem zvolil sendvičovou desku s obchodním názvem DIBOND. Tento materiál jsem zvolil proto, že je lehčí než hliníková deska stejných rozměrů a zároveň je dostatečně pevná pro použití při závodech. Jedná se o kompozitní materiál, který je tvořený polyethylenovým jádrem, které je z obou stran zakryté hliníkovou deskou. Desky se dělají v tloušťkách od dvou do šesti milimetrů. Celkové rozměry desky jsou od 1500 x 3050 mm až po 2050 x 4050 mm. Pro můj projekt jsem zvolil tloušťku 3 mm, kde jádro má tloušťku 2,4 mm a každá krycí hliníková vrstva má tloušťku 0,3 mm.



Obr. 5.1 Zvolený materiál DIBOND [10]

Technical Data

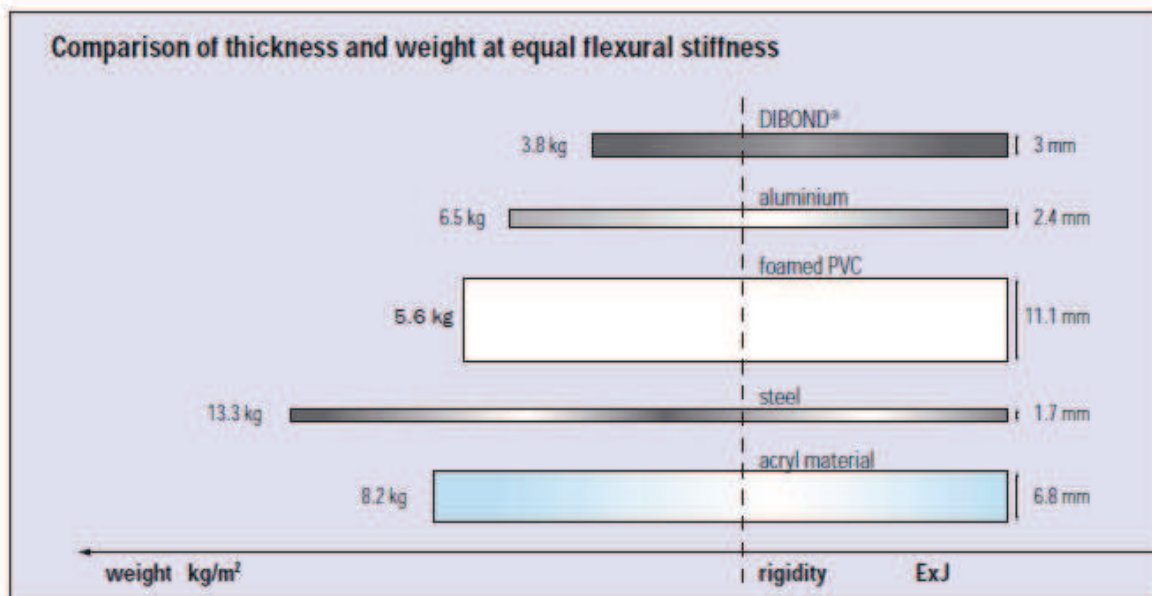
Panel thickness	[mm]	2	3	4	6
Cover sheet thickness	[mm]	0.3			
Weight	[kg/m ²]	2.90	3.80	4.75	6.60
Standard formats	[W x H]				
1000 x 2050 mm		*	*	*	
1250 x 2500 mm		*	*	*	
1250 x 3050 mm		*	*	*	
1250 x 4050 mm		*	*	*	
1500 x 3050 mm		*	*	*	*
1500 x 4050 mm		*	*	*	*
1500 x 5050 mm		*	*	*	
1500 x 6250 mm		*	*	*	
Panel thickness	[mm]	2	3	4	6
Core	polyethylene, type LDPE [g/cm ³]	0.92			
Surface	lacquering	modified polyester lacquer system			
brilliance	(initial value)	30 – 35 % accord. to Gardner			
hardness	(pencil hardness)	H			
8 standard colours		see DIBOND® The Colours			
6 structural lacquering colours		see DIBOND® Structural Lacquered			
Delivered with protective foil		*	*	*	*
Temperature resistance		from – 50° to + 80° C			
UV stability		very good			

Tab. 5.1 Technické parametry materiálu DIBOND [10]

Technical Specifications

Panel thickness	[mm]	2	3	4	6
Technical properties					
moment of inertia I	[cm ⁴ /m]	0.049	0.123	0.231	0.548
section modulus W	[cm ³ /m]	0.51	0.81	1.11	1.71
rigidity E·J	[kNcm ² /m]	345	865	1620	3840
alloy/condition of the cover sheets		EN AW-5005A (AlMg1), H44			
modulus of elasticity	[N/mm ²]	70.000			
tensile strength of the cover sheets	[N/mm ²]	R _m : 145 – 185			
0.2% proof stress	[N/mm ²]	R _{p0.2} : 110 – 175			
elongation		A ₅₀ ≥ 3%			
linear thermal expansion		2.4 mm/m at 100° C temperature difference			
Panel thickness	[mm]	2	3	4	6
Acoustical properties					
sound absorption factor	α _s	0.05			
Airborne sound insulation index R _w	[dB]	23	24	25	26
loss factor d		0.0048	0.0057	0.0072	0.0102
Thermal properties					
thermal resistance 1/λ	[m ² K/W]	0.0047	0.0080	0.0113	0.0180
heat transition coefficient k	[W/m ² K]	5.72	5.61	5.50	5.30
water absorption DIN 53495	[%]	0.01			
static charge		no antistatic treatment necessary			

Tab. 5.2 Technické specifikace materiálu DIBOND [10]



Obr. 5.2 Srovnání tloušťky a váhy materiálů při stejné ohybové tuhosti [10]

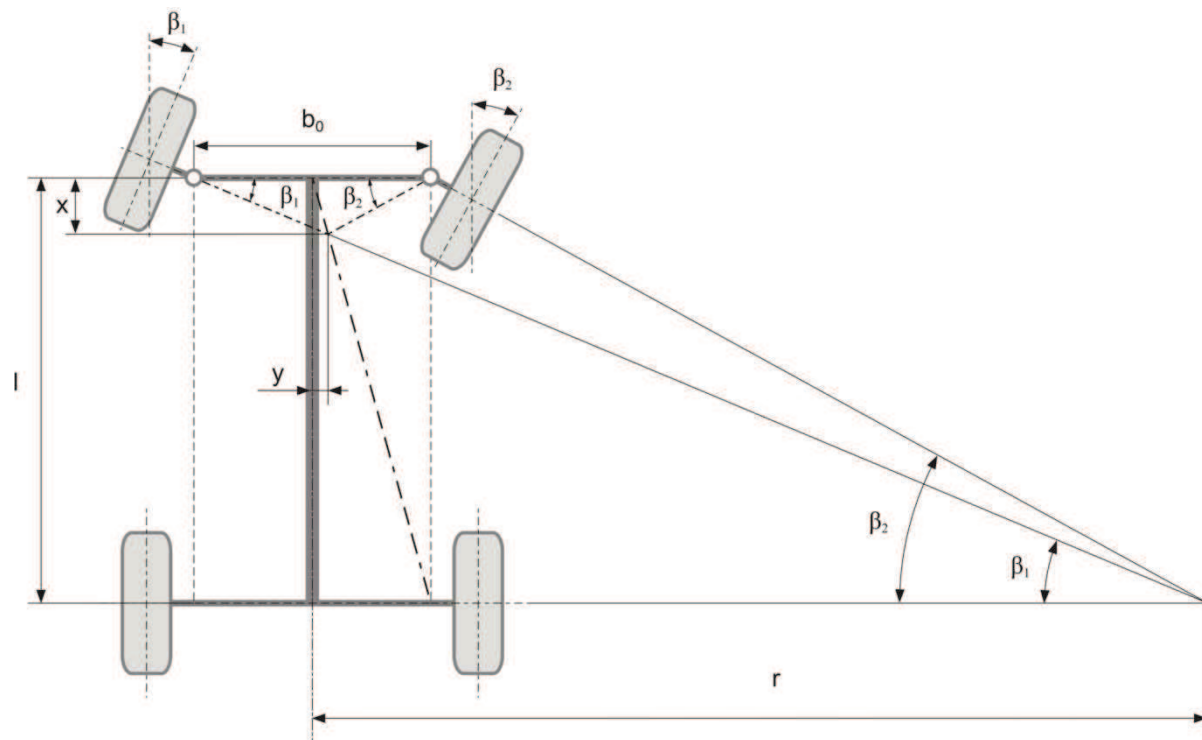
Při návrhu a konstrukci řízení jsem se snažil docílit splnění Ackermannovi podmínky. Princip je v tom, že při průjezdu zatáčkou opisuje přední vnitřní kolo menší poloměr než vnější přední kolo. Z toho vyplývá, že vnitřní kolo musí být při průjezdu zatáčkou více zatočené než vnější, aby nedošlo k nežádoucímu smýkání kol po podkladu.

Ackermannova podmínka

Při jízdě zatáčkou je pravé a levé kolo natočeno v trochu jiném úhlu. To je způsobeno geometrií řídicího mechanismu, která musí splňovat tzv. Ackermanovu podmínku. Splnění této podmínky je základním předpokladem správného odvalování řízených kol. [11]

Mechanismus řízení, který ovládá řízená kola, musí splňovat určité geometrické podmínky. Vnější a vnitřní kola opisují při jízdě zatáčkou kružnice s jinými poloměry, aby se kola při jízdě pouze odvalovala a nevznikalo nežádoucí smýkání po vozovce, musí podvozek splňovat tzv. Ackermanovu podmínku. [11]

Nejdříve uvažujme ideální případ, kdy jsou kola bočně nepoddajná. Ackermannova podmínka řízení říká, že střed otáčení musí ležet na prodloužené ose zadní nápravy. Pro splnění této teoretické podmínky se používá tzv. lichoběžník řízení, tzn. řídicí páky spolu se spojovací tyčí mají tvar lichoběžníku. [11]

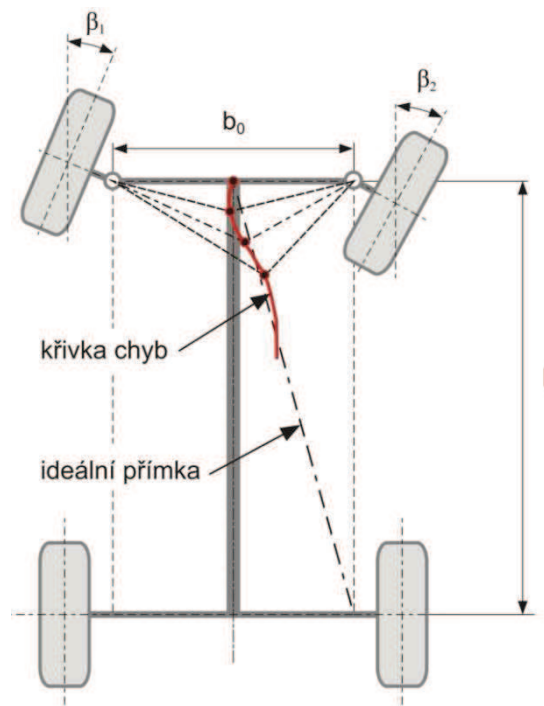


Obr. 5.3 Ideální případ kdy jsou kola bočně nepoddajná [11]

Tuto podmínku lze vyjádřit matematicky, označíme-li rozvor náprav jako l , rozchod kol b_0 , r teoretický poloměr zatáčení, β_1 úhel natočení vnějšího kola a β_2 úhel natočení vnitřního kola, pak z geometrie vyplývá následující vztah: [11]

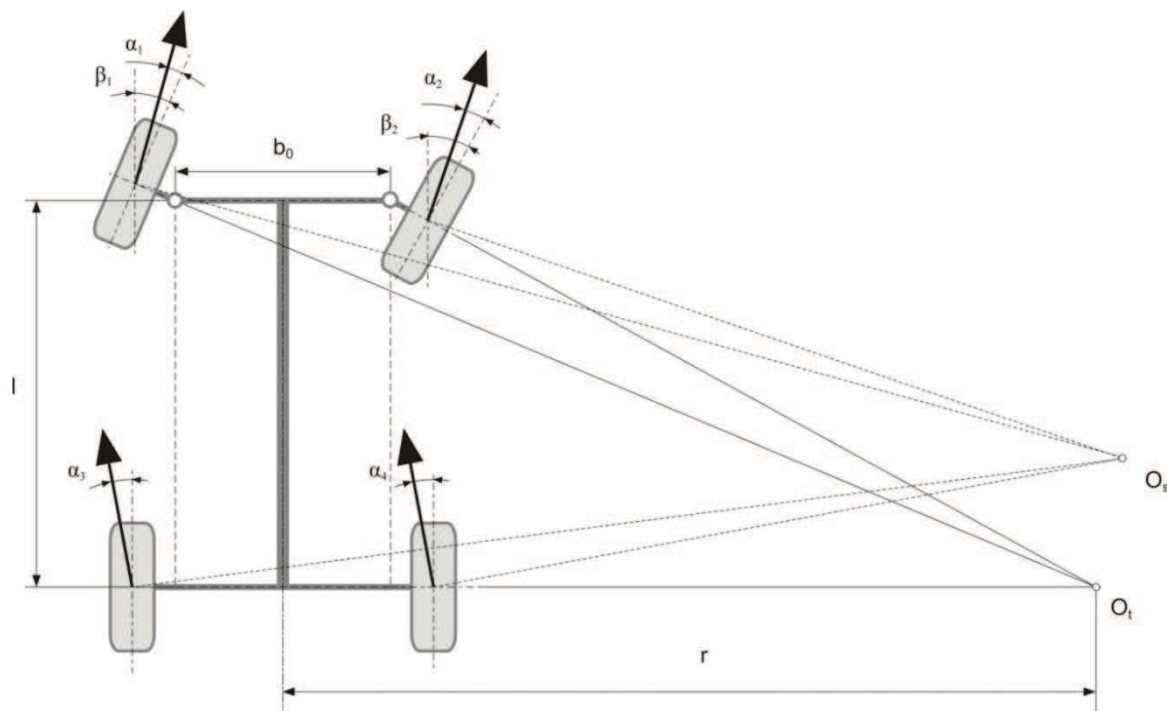
$$\cotg \beta_1 - \cotg \beta_2 = \frac{b_0}{l}$$

Zavedeme-li pomocné veličiny x a y , můžeme odvodit rovnici přímky ideálního nastavení geometrie řízení. Taková přímka vede ze středu přední nápravy do bodu na zadní nápravě ležícího ve vzdálenosti $b_0/2$ od osy nápravy, viz obrázek. Díky složitosti řídicího mechanismu prakticky nelze u klasického řízení dosáhnout této ideální přímky. Lze se pouze více či méně přiblížit k této ideální přímce. Grafickou kontrolou geometrie řízení lze získat tzv. křivku chyb. Konstrukce křivky chyb platí pouze pro tuhou nápravu. Pro nezávislé zavěšení kol by bylo nutno uvažovat pohyby jednotlivých pák a tyčí řízení. [11]



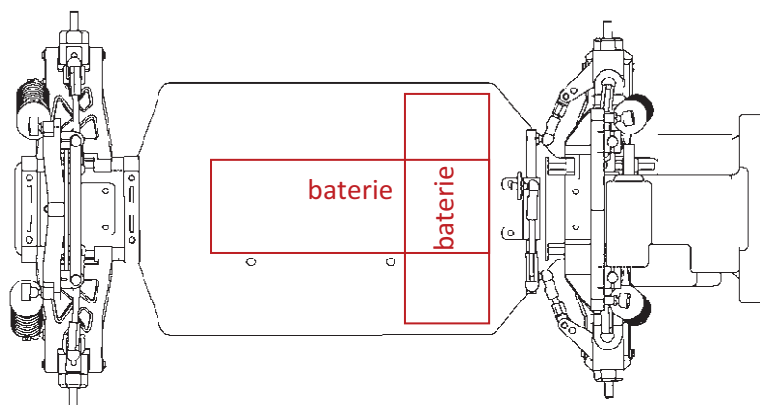
Obr. 5.4 Ideální přímka a křivka chyb [11]

Ve skutečnosti při zatáčení vznikají na všech kolech směrové úchytky, vyvolané především vlivem odstředivé síly a poddajností pneumatik. Směrové úchytky vyjádřené úhlem α_i posouvají skutečný střed otáčení mimo teoretický střed otáčení. Ackermannova geometrie řízení tedy platí jen pro malé rychlosti a ideálně tuhá kola. Geometrie řízení s vlivem směrových úchylek je zobrazena na dalším obrázku. [11]



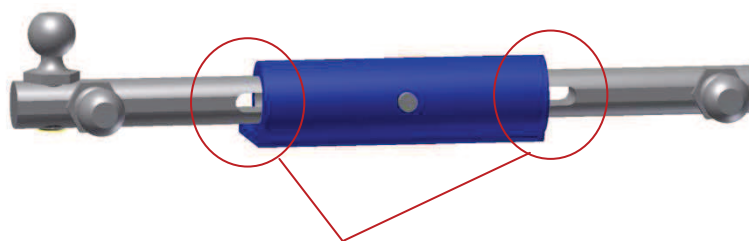
Obr. 5.5 Vliv směrových úchylek na polohu středu otáčení [11]

Při návrhu konstrukčního řešení, jsem nejprve zhotovil variantu 1 spodního a horního rámu a také systému řízení. Při testování této varianty, jsem u spodního rámu, kde jsem měl 4 možnosti uložení baterie a tím i možnost hýbat s těžištěm modelu, dospěl k závěru, že nejvhodnější umístění baterie, je podélně v ose modelu anebo příčně k ose v přední části rámu. Po odstranění přebytečného materiálu, který sloužil pro uložení baterie ve zbylých dvou pozicích, jsem dospěl k variantě 2 u spodního rámu.



Obr. 5.6 Nejlepší varianty uložení baterie [12]

U řízení pro variantu 1, bylo nutné důkladné utěsnění celého systému proti nečistotám, kamínkům a hlavně prachu. Ale i po vyrobení manžet proti prachu z gumových rukavic a molitanu, se drobné nečistoty dostávaly do systému a tím docházelo k jeho zadrhávání a tím zhoršené funkčnosti. Proto jsem vytvořil variantu 2, která je jednodušší na utěsnění proti nečistotám, je spolehlivější a tím i účinnější.



Nutno utěsnit proti prachu

Obr. 5.7 Nevýhody řízení varianty 1 [12]

Součástí přílohy je ukázka výkresové dokumentace:

- 1 – Výkres horního rámu pro variantu 1
- 2 – Výkres horního rámu pro variantu 2
- 3 – sestava řízení pro variantu 1



Obr. 5.8 Ukázka 3D modelu RC auta 1 [12]



Obr. 5.9 Ukázka 3D modelu RC auta 2 [12]

5.2 Výpočtové hodnocení navrženého konstrukčního řešení (stavební struktury) TS

	Původní model	Navržený model
Hmotnost bez elektroniky	653 g	684 g
Hmotnost bez baterie	1300 g	1338 g
Provozní hmotnost	1562 g	1591 g
Poloměr zatačení	365 mm	245 mm
Světlá výška modelu	12 mm	30 mm

Tab. 5.3 Porovnání technických vlastností původního a navrženého modelu [12]

Z tabulky je zřejmé, že hmotnost navrženého modelu je o 31 g vyšší, ale oproti původnímu modelu je zde větší tuhost, lepší rozložení váhy blíže podélné osy, větší odolnost rámu než u původního plastového a méně prostoru, kde by se mohly zachytávat nečistoty jako bláto, tráva, atd.

Celková hmotnost modelu také závisí na zvolené karoserii, kde může být rozdíl ve váze i více než 100 g. Jednak je to délkou karoserie, doplňky ke karoserii jako jsou zpětná zrcátka, přitlačné křídlo, světelné paraboly, ale i počtem nanesených vrstev barvy. Dále pak hmotnost závisí na zvolené baterii. Nejčastěji používané jsou lithium-polymerové baterie, protože jsou lehčí než nikl-metal hydridové baterie a tím se dá dosáhnout nižší hmotnosti modelu, nebo je možné použít Li-pol baterie s vyšší kapacitou při zachování stejné hmotnosti jako při použití NiMH baterie s nižší kapacitou.

Baterie Li-pol	Kapacita [mAh]	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]
Turnigy	2200	105x34x16	135
ZIPPY	4000	138x47x23	235
Turnigy nano-tech shorty	4200	96x46,4x25	189
LRP VTEC	5200	139x47x25	252

Tab. 5.4 Srovnání mnou používaných baterií [12]

6. Studie zabezpečení realizace základních životních etap navrženého TS

6.1 Zabezpečení využití k návrhu TS

Při navrhování TS jsem vycházel z komerčně vyráběných modelů a dostupných dílů, aby bylo možné veškeré díly náročné na výrobu (diferenciály, tlumiče, ozubená kola, kulové čepy, atd.) pořídit již hotové. Materiál pro nosnou konstrukci jsem zvolil takový, aby byl lehký, pevný, dobře obrobitelný, levný a dostupný.

6.2 Zabezpečení dokončení návrhu TS a jeho realizaci

Pro realizaci návrhu je potřebné základní dílenské vybavení, jako je vrtačka, úhlová bruska, pilka na železo, ruční vzduchová frézka a nářadí jako kladivo, šroubovák apod.

6.3 Zabezpečení provozu a likvidace navrženého TS

Zabezpečení provozu je zajištěno tím, že většina dílů je použita z modelů, které jsou komerčně vyráběné a jsou na ně proto i dodávané jednotlivé náhradní díly jako jsou ramena, poloosy, tlumiče, atd. Pokud jde o díly, které jsou speciálně vyrobené pro tento model, jako je

horní a spodní rám, zadní úchyty tlumičů, systém řízení, atd., tak ty nepotřebují žádné speciální stroje nebo postup výroby, tudíž si je zručný modelář dokáže vyrobit pomocí základního dílenského nářadí. Co se týká materiálu pro výrobu specifických dílů, tak jsou to opět snadno dostupné materiály jako hliníkový plech, kompozitní materiál dibond, spojovací materiál, podložky atd.

Likvidace navrženého TS je taktéž bezproblémová. Po kompletním rozebrání modelu nám zůstanou zvlášť kovové a zvlášť plastové díly, které se dají snadno recyklovat. Jediné co by mohlo být obtížnější na likvidaci je sendvičový materiál, kde se nejdříve musí oddělit hliníkové vrstvy od polyethylenového jádra. Provozní kapaliny jako je silikonový olej do tlumičů a vazelína na ozubená kola nejsou toxicky závadná.

7. Studie technologie výroby navrženého TS s příkladem technologického postupu vybrané součásti

Velká část dílů modelu je z komerčně dostupných dílů různých modelů RC aut. Nejdůležitější díl, kterým je přední skříň diferenciálu pochází z modelu firmy Tamiya a jedná se konkrétně o model TA-03. Další díly jako jsou ramena, pochází z modelu TB-02 od stejného výrobce. Tlumiče a spojovací díly jsou univerzální pro veškeré RC modely od firmy Tamiya. Pro skombinování dílů z různých modelů jako je skříň a ramena, která jsou uchycena ke skříni, se tyto díly musí upravit, v tomto případě se úchyty na skříni diferenciálu museli zkrátit pomocí ruční pilky o 2 mm z každé strany a úchyty na ramenou se musely vybrousit na kotoučové brusce o 5 mm. Dále se museli upravit ramena v oblasti uchycení zadních nábojů a předních C dílů, v kterých jsou uchycené přední náboje, opět se musela ramena vybrousit vzduchovou frézku, aby bylo dosaženo většího rozsahu pohybu nábojů a tím se dala zvětšit světlá výška modelu.

Výroba rámu modelu začala vytvořením 3D modelu v CAD programu, kdy vznikla varianta modelu 1. Dále se vytvořila výkresová dokumentace a podle ní se vyrobily prototypy horního a spodního rámu modelu z 3 mm tlustého hliníkového plechu. Podobně vznikla varianta řízení 1, která byla sestavená z vyrobených dílů a komerčně dostupných spojovacích dílů. Poté se vyrobil úchyt zadních tlumičů a sloupků pro uchycení karoserie. Následně se veškeré díly zkompletovaly a proběhlo testování modelu a následné úpravy. Tím vznikla varianta modelu 2, která již byla konečná.

Příklad technologického postupu horního rámu modelu:

V první řadě se vybral nejvhodnější model pro úpravu na 2WD. Dále se zhotovil 3D model v elektronické podobě. Podle výkresové dokumentace se vytvořil prototyp z desky z hliníkového plechu, za pomoci ruční pilky se vyřezal tvar horního rámu. Na stolní vrtačce se vyvrtaly potřebné díly a záhlubníkem se zahloubily pro použití šroubů se zapuštěnou hlavou. Veškeré hrany se po ořezání srazily ručním pilníkem. Poté se horní rám namontoval na model a otestoval se. Po skončení testování se rám opět odmontoval a použil se jako předloha pro výrobu rámu ze sendvičového materiálu dibond. Z 3 mm silné desky o rozměru 200 x 300 mm se ruční pilkou vyřizl tvar a dále se postupovalo stejným způsobem jako při výrobě prototypu z hliníkového plechu.

8. Predikování nákladů na vývoj, výrobu, provoz a likvidaci navrženého TS

Náklady na vývoj byly největší při nákupu zvoleného modelu pro úpravu, kdy se jednalo o model z bazaru za 1500,-. Náklady na grafické návrhy a 3D model byly nulové. Na zhotovení prototypu z hliníkového plechu byly náklady opět nulové, jelikož se mi podařilo

sehnat materiál zdarma, který byl určený jako odpadní materiál z výroby. Sendvičový materiál dibond jsem sehnal z modelářského obchodu, kde deska o rozměru 200 x 300 mm stojí 45,-. Takže celkové náklady na vývoj činí 1545 Kč.

Náklady na vývoj	
Pořízení vybraného modelu	1500,-
Hliníkový plech pro výrobu prototypu	0,-
Sendvičový materiál dibond	45,-
Celkem	1545,-

Tab. 8.1 Nákladů na vývoj strojího spodku [12]

Při výrobě byly hlavní náklady elektřina na osvětlení dílny, provoz vrtačky, brusky, kompresoru a dalšího elektrického nářadí. Dále pak náklady z opotřebení nářadí a má práce vložená do výroby modelu. Bohužel nejsem schopen tyto náklady vyčíslit.

Na modelu se během jeho používání musí měnit tzv. spotřební materiál, jako jsou kulové čepy a konektory, v kterých během používání vznikají vůle, dále se pak musí měnit pneumatiky, které při používání ztrácejí dezén. Během závodů dochází k opotřebení kuličkových ložisek v nábojích kol a to zejména na nepevných prachových tratích. Prachem také trpí tlumiče, ve kterých se musí měnit olej.

Spotřební materiál	Cena	Potřebný počet na model	Cena při výměně plného počtu dílů
Kulové čepy	12,- / ks	20	240,-
Kulové konektory	13,- / ks	20	260,-
Sada pneumatik	269,- / 4 ks	1	269,-
Kuličková ložiska	27,- / ks	8	216,-
Olej do tlumičů	99,- / 50 ml	1	99,-
Celkem		50	1084,-

Tab. 8.2 Náklady na provoz modelu [12]

Tyto náklady na provoz jsou téměř shodné pro všechny modely používané pro závody rallye. Liší se podle počtu a druhu závodů, pokud se jede více závodů na asfaltových nebo betonových tratích, tak ložiska, kulové čepy a konektory vydrží déle, ale naopak se musí častěji za sezonu měnit pneumatiky. Zatímco při větším počtu šotolinových soutěží je menší spotřeba pneumatik, tak v kulových konektorech se mnohem rychleji vytvoří vůle, stejně tak dochází k rychlejšímu opotřebení kuličkových ložisek.

Náklady na likvidaci jsou nulové. Model se dá kompletně rozebrat, oddělí se tak plastové díly a kovové díly. Plast se může dát do žlutého kontejneru na recyklaci a kovové díly se mohou odnést do sběru. Model se může prodat na bazaru, popřípadě darovat. Veškeré díly jsou zdravotně nezávadné, a proto není potřeba žádné speciální likvidace.

9. Hodnocení kvality a konkurenceschopnosti navrženého TS

Hotový model jsem testoval na trati ve Třemošné, kde se pořádají závody v RC rallye. Vyznačil jsem si úsek, který jsem projel přibližně během dvou minut. Tento úsek jsem několikrát projel v závodním tempu v obou směrech a vždy jsem si měřil čas. Poté jsem ten samý úsek opět oběma směry projel i s modelem s pohonem všech čtyř kol, se kterým se běžně zúčastňuji závodů RC Rallye a porovnal jsem naměřené časy. S novým modelem s poháněnou pouze přední nápravou jsem zajížděl pomalejší časy průměrně o 9 až 10 vteřin. Tyto výsledky jsem porovnal s výsledky prvního letošního závodu ve Třemošné z 28. 3. 2015, kde se jeli obě kategorie, 4WD i 2WD, kde jsem se zúčastnil pouze s modelem 4WD a ke svým časům v jednotlivých rychlostních zkouškách jsem přičetl 5 sekund ke každé odjeté minutě. Z těchto výpočtů jsem došel k předpokladu, že bych se se mnou navrženým modelem s poháněnou pouze přední nápravou měl pohybovat mezi nejrychlejšími v kategorii 2WD. Ale to jsou pouze spekulace a předpoklady. To jak bude model konkurence schopný, se ukáže až v prvním odjetém závodě.

Mé osobní hodnocení navrženého strojního spodku modelu je velice pozitivní. Model se při jízdě chová předvídatelně a je dobře ovladatelný. Díky sníženému poloměru zatáčení model zvládne bez problémů projet ostrými zatáčkami, které jsou o 180°. Díky zvýšené světlé výšce model plynule překonává překážky, jako jsou kořeny, klacíky nebo šišky. A systém řízení se zdá být spolehlivý, během testování s ním nebyl žádný problém.

10. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout strojní spodek modelu RC auta. Jednalo se o výběr vhodného modelu a následně návrh nového strojního spodku s úpravou na model s poháněnou pouze přední nápravou tak, aby se mohl použít pro závody RC rallye. Z několika modelů jsem vybral nejideálnější a ten jsem zakoupil. Dále jsem navrhl několik variant strojního spodku a po vyhodnocení jsem zvolil nejlepší z nich. Dále jsem vybral vhodný materiál pro konstrukci a celý strojní spodek jsem vyhotovil. Následovalo testování modelu a dodatečné úpravy a zlepšování některých částí.

Navržený strojní spodek je funkční a splňuje podmínky, které jsem si stanovil na začátku práce. Splňuje požadavky a pravidla pro účast na závodech RC rallye. Z mého pohledu je model konkurenceschopný. Kromě západočeského šampionátu bych se s ním rád zúčastnil i závodu mistrovství České Republiky RC Rally pro kategorii modelů s poháněnou pouze jednou nápravou a to 5. 9. 2015 ve Třemošné.

11. Seznam použité literatury

Knížní publikace

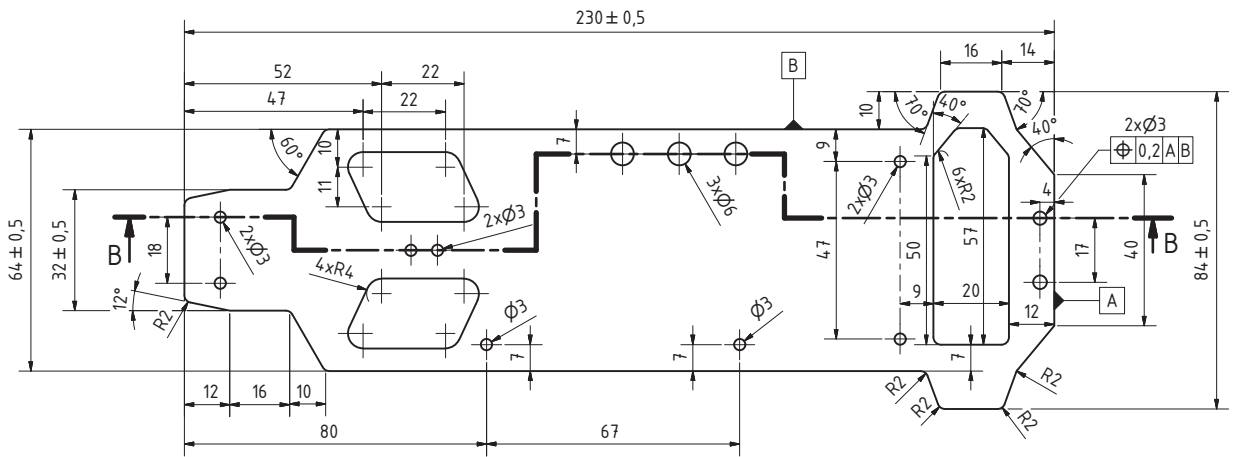
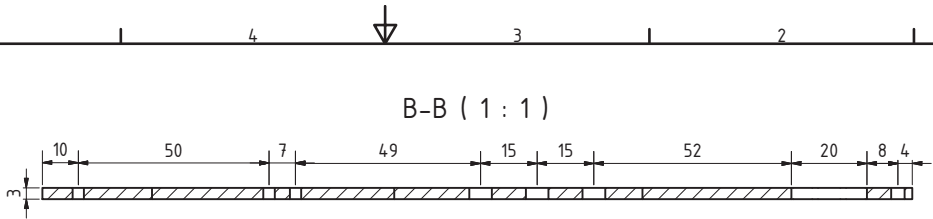
- [1] VLK, F.. Stavba motorových vozidel. Brno: nakladatelství Vlk, 2003
[2] VLK, F.. Automobilová technická příručka. Brno: nakladatelství Vlk, 2003

Elektronické zdroje

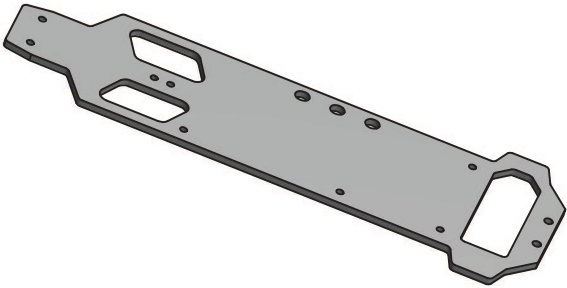
- [3] <http://www.wgtshop.com/store/show/X300013> (14.10.2014)
[4] <http://www.ultimaterc.com/gallery/index.php?cat=44> (14.10.2014)
[5] <http://www.wheelsacademy.com/a1/rcauto/Tamiya/electro/chassis/index.html>
(14.10.2014)
[6] <http://www.ultimatetamiya.com/cars/df03ra/> (15.10.2014)
[7] <https://www.tamiyausa.com/product/item.php?product-id=58417> (15.10.2014)
[8] <http://racing.webgarden.cz/rubriky/akce-a-zavody/pravidla-a-termíny/pravidla-2015>
(15.10.2014)
[9] <http://www.tamiya.com/english/rc/manuals.htm> (20.10.2014)
[10] <http://www.axom.cz/obsah/hlinikove-desky-dibond> (2.11.2014)
[11] <http://cs.autolexicon.net/articles/ackermannova-podminka/> (2.11.2014)

Další zdroje

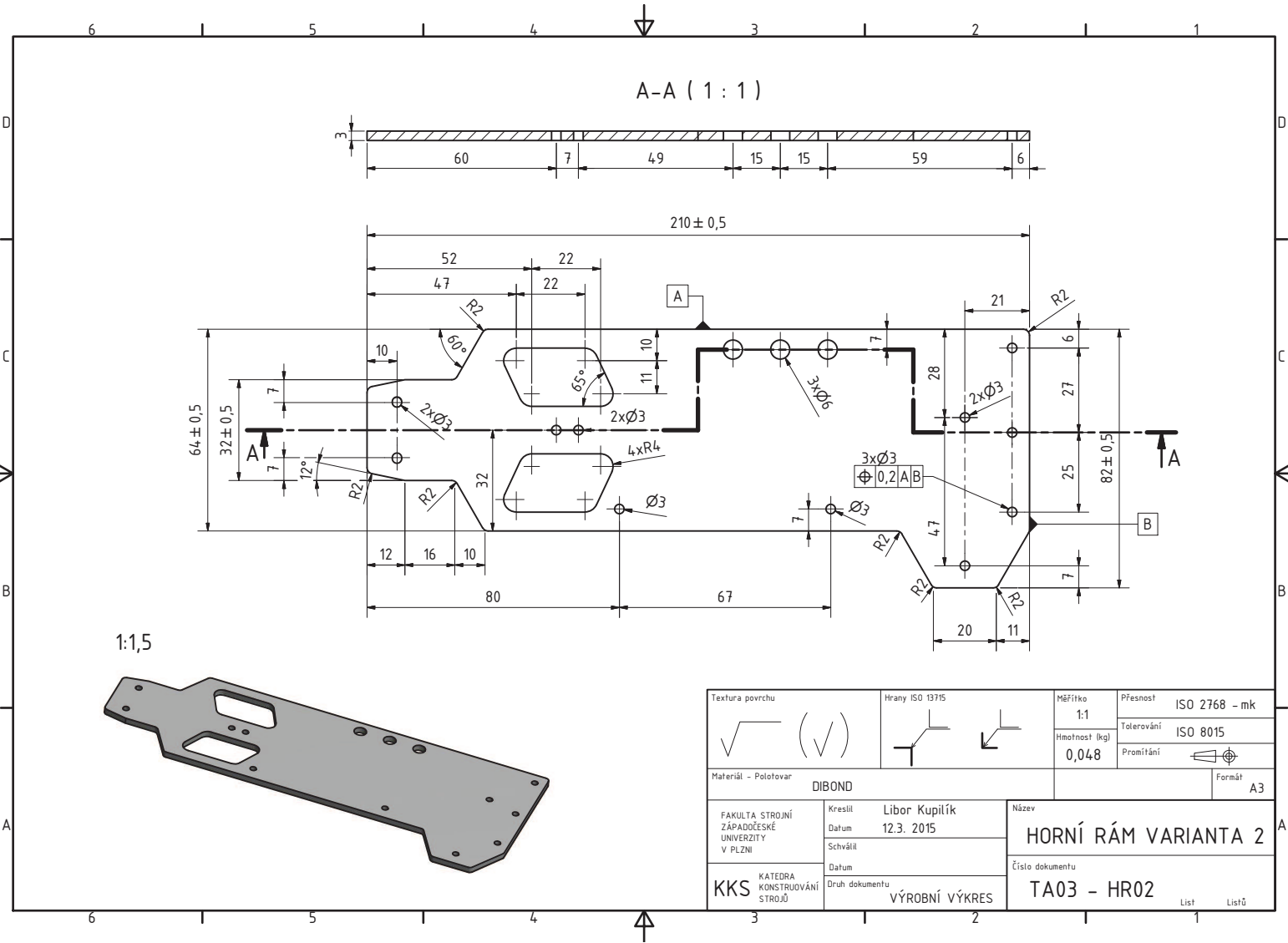
- [12] Vlastní tvorba



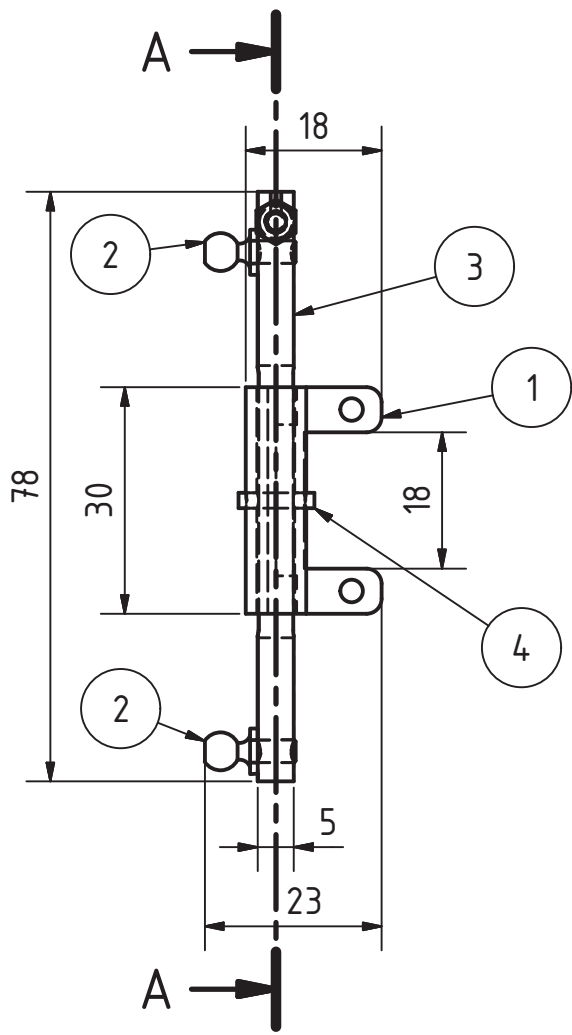
1:1,5



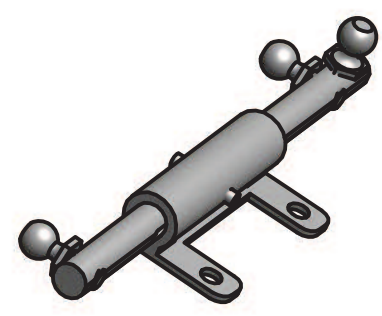
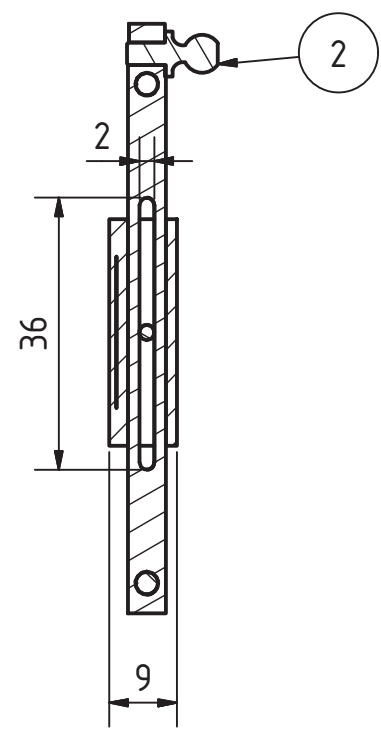
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mk
		Hmotnost (kg) 0,050	Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál - Polotovár DIBOND			Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Libor Kupilčík Datum 10.3. 2015	Název HORNÍ RÁM VARIANTA 1	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum Schválil Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu TA03 - HR01	
		List	Listů



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1 Hmotnost (kg) 0,048	Přesnost ISO 2768 - mk Tolerování ISO 8015 Promítání
Materiál - Polotovár DIBOND		Formát A3	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil Libor Kupilík Datum 12.3. 2015 Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Název HORNÍ RÁM VARIANTA 2 Číslo dokumentu TA03 - HR02 List Listů	



A-A (1 : 1)



KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	TA03 - R101	úchyt řízení
2	3	TA03 - C01	kulový čep
3	1	TA03 - R102	tyč řízení
4	1	TA03 - C03	čep 2x10mm

Měřítko	1:1	Hmotnost (kg)	0,092	Promítání		Formát	A4
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Libor Kupilík		Název SESTAVA ŘÍZENÍ VARIANTA 1			
	Datum	20.3. 2015					
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu TA03 - SR01			
	Datum						
Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY				List Listů			