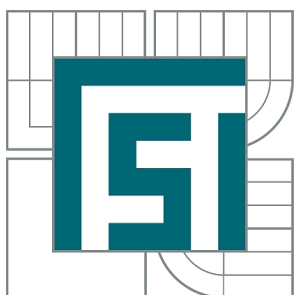


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# DESIGN EXPERIMENTÁLNÍHO MOBILNÍHO ROBOTU

DESIGN OF EXPERIMENTAL MOBILE ROBOT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN BLATOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ČOUPEK

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/11

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Blatoň

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Průmyslový design ve strojírenství (2301R008)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Design experimentálního mobilního robotu**

v anglickém jazyce:

### **Design of experimental mobile robot**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je vytvořit design experimentálního mobilního robotu s kolovým podvozkem.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu
2. Variantní studie designu
3. Ergonomické řešení
4. Tvarové (kompoziční) řešení
5. Barevné a grafické řešení
6. Konstrukčně-technologické řešení
7. Rozbor dalších funkcí designérského návrhu (psychologická, ekonomická a sociální funkce).

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva (text), sumarizační poster, model.

Seznam odborné literatury:

DREYFUSS, H. - POWELL, E.: Designing for People. New York : Allworth, 2003.

JOHNSON, M.: Problem solved. London : Phaidon, 2002.

NORMAN, D. A.: Emotional Design. New York : Basic Books, 2004.

TICHÁ, J., KAPLICKÝ, J.: Future systems. Praha : Zlatý řez, 2002.

WONG, W.: Principles of Form and Design. New York : Wiley, 1993.

Časopisy: Design Trend, Designum, Form, ID, Idea magazine ap.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Čoupek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

---

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářské práce řeší návrh, konstrukční řešení a následnou výrobu karosérie experimentálního mobilního robotu Car4. Cílem je navržení nevšední a nadčasové karosérie, s dodržением všech technických a technologických požadavků. Důraz je kladen na netradiční vzhled, funkčnost, odolnost a vyrobiteľnosť.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Robot, Car4, design, AWD, podvozek, sensory, bezpečnostní systémy, algoritmy řízení, autonomie

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis solves a design, structural design and subsequent vehicle body manufacture of experimental mobile robot Car4. The aim is proposition of uncommon and timeless vehicle body provided that all technical and technological requirements are complied. Emphasise is placed on unconventional appearance, functionality, resistance and manufacturability.

## **KEYWORDS**

Robot, Car4, design, AWD, chassis, sensors, Safety Systems, control algorithms, autonomy

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BLATOŇ, J. Design experimentálního mobilního robotu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 64s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Čoupek



## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI**

---

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Design experimentálního mobilního robota“ zpracoval samostatně, s využitím použité literatury. Pomoci a inspirací mi byly pouze konzultace a uvedena literatura.

V Brně dne 21. května 2011 .....

Jan Blatoň





## PODĚKOVÁNÍ

---

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Pavlu Čoupkovi, za cenné připomínky, rady a postřehy, které mě vedly procesem tvorby této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem pedagogům Ústavu konstruování odboru Průmyslový design, za pomoc při řešení problémů. Poděkování patří rovněž panu Molíkovi za jeho ochotu a významnou pomoc při tvorbě modelu. Také bych rád poděkoval své rodině a přátelům za umožnění studia na vysoké škole a všestrannou podporu. V neposlední řadě děkuji svým přátelům za podporu a cenné názory při designérském řešení projektu.

Děkuji



**OBSAH**

<b>ABSTRAKT</b>	<b>5</b>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>KEYWORDS</b>	<b>5</b>
<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b>	<b>5</b>
<b>PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI</b>	<b>7</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b>	<b>9</b>
<b>OBSAH</b>	<b>11</b>
<b>ÚVOD</b>	<b>15</b>
<b>1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA</b>	<b>17</b>
1.1 Začátky	17
1.2 Aplikace v průmyslu	17
1.2.1 Robotická ruka	18
1.2.2 Výzkum	18
1.3 Závěr	19
<b>2 TECHNICKÁ ANALÝZA</b>	<b>21</b>
2.1 Stacionární roboti	21
2.2 Mobilní roboti	21
2.3 Dělení podle podvozkové platformy	22
2.4 Závěr	28
<b>3 DESIGNÉSKÁ ANALÝZA</b>	<b>29</b>
3.1 Ergonomie	29
3.2 Rozvoj designu	29
3.3 Roboti v praxi	29
3.4 Kritéria	30
3.5 Roboti ve filmu	31
3.6 Závěr	31
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>33</b>
4.1 Varianty, skici.	33
4.2 Varianta 1	34
4.3 Varianta 2	35
4.4 Varianta 3	36
<b>5 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>37</b>
<b>6 TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ</b>	<b>39</b>
6.1 Hlavní myšlenka	39
6.2 Návrh finálního řešení	39
6.3 Vývoj designu	39
6.4 Finální návrh	43
<b>7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>47</b>
<b>8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>49</b>
8.1 Technické informace	49
<b>9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU</b>	<b>51</b>
9.1 Psychologická funkce	51
9.2 Ekonomická funkce	51
9.2.1 Seznam položek spotřebovaných při výrobě robota Car4	51
9.3 Sociální funkce	53

---

<b>ZÁVĚR</b>	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>63</b>





## ÚVOD

---

Tato bakalářská práce se zabývá Designem experimentálního mobilního robota pojmenovaného Car4. Cílem této práce je navrhnout a vytvořit mobilního robota zajímavého a nadčasového vzhledu, odlišujícího se od současné tvorby. Zohledněny jsou veškeré technické, technologické a základní ergonomické zásady. Toto téma jsem si zvolil proto, že je blízká povaha tohoto projektu a že mohu mít možnost pracovat na skutečném objektu a ne pouze na modelu. Historická analýza se věnuje vzniku robotů až po jejich současný stav. Technická analýza se zaměřuje na základní kategorizaci robotů na základě jejich mobility a způsobu pohybu. Designerská analýza rozebírá stav dnešní situace na poli obecného designu a designu robotů. Průvodní zpráva obsahuje celkový postup práce na mém návrhu, od prvních skic až po finální řešení.





## 1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA

### 1.1 Začátky

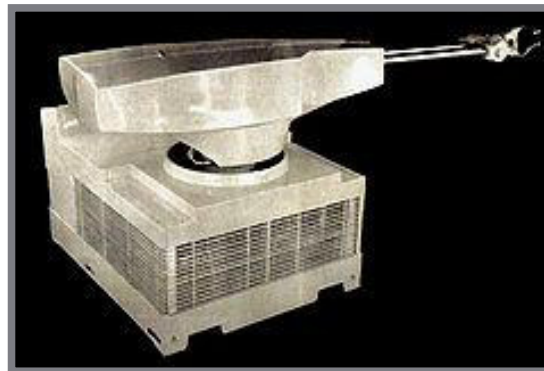
Člověk již dlouhou dobu snil o strojích, které by pro něj pracovaly samy - automaticky. S rozvojem společnosti se pomalu začaly tyto sny uskutečňovat. Snaha o vytvoření plně automatického robota vedla ke konstruování automatických zařízení nepodobných člověku, šlo zejména o mechanické paže apod.

Mezi známé mechanické napodobeniny člověka, patří zejména androidy švýcarských mistrů Henz a Piera Drozdů (18. stol.), sestrojili tzv. Písaře, který byl velmi podobný člověku a byl schopen napsat péroem několik vět.

Zásadním mezníkem v robotice se stal rok 1920. Ve hře Karla Čapka R.U.R se poprvé objevilo slovo robot a stalo se tak neznámějším českým slovem na světě.

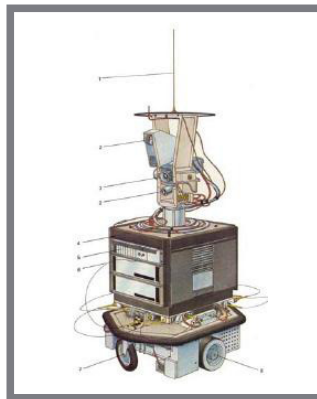
### 1.2 Aplikace v průmyslu

Ve 20. století se začaly sestrojovat první využitelné aplikace z oblasti robotiky, jako jsou teleoperátory pro manipulaci s nebezpečnými či radioaktivními materiály (1940-1947). V roce 1949 byl zahájen výzkum numericky řízených strojů určených pro obrábění. První průmyslový robot UNIMATE byl uveden do provozu roku 1961 u firmy General Motors. Na vývoji robota spolupracovaly jména jako G.Devol, J.Engelberger společně s universitou Columbia University U.S.A.



Obr. 1 Unimate

Roku 1964 se otevřely laboratoře umělé inteligence na Massachusetts Institute of Technology, Stanford Research Institute a dalších institucích v USA. Jejich hlavním cílem mimo jiné je využití umělé inteligence v robotice. V r. 1968 je sestaven mobilní robot Shakey universitou Stanford Research Institute, robot byl již vybaven viděním. ASEA evropská firma začala roku 1977 prodávat své velmi zdařilé roboty.



Obr.2 Robot SHAKEY

---

### 1.2.1 Robotická ruka

SCARA - Selective Compliant Articulated Robot Arm tj. koncepce robotické ruky je uvedena na trh roku 1979. Roboti určené pro průmysl se stávají obvyklým prostředkem automatizace manipulačních operací zejména v automobilové výrobě. Jsou masivně využívány pro svařování plamenem, elektrickým obloukem, bodové svařování, také pro barvení a všude tam, kde je práce pro člověka nebezpečná a zdraví škodlivá. Postupem času přebírá výzkum a využití robotů Japonsko a předhání USA.



Obr.3 Roboti ASEA IRb6

---

### 1.2.2 Výzkum

Na počátku 80 let se začínají vybavovat průmysloví roboti počítačovým viděním, čidly hmatu a dalšími prvky, které spadají do výzkumu umělé inteligence. První chirurgický robot se objevuje r. 1995 a je vyvinut pro minimální invazní chirurgii. Roboti se také objevují ve vesmírném výzkumu, v roce 1997 je vysazen robot Sojourner na povrch Marsu. Ve stejném období je založena organizace Federation of International Robot-soccer Association (FIRA) a RoboCup, jedná se o soutěž robotů ve fotbale. Cílem je především urychlení výzkumu na poli robotiky.[4]



Obr. 4 Chirurgický robot Zeus



Obr. 5 Robot Sojourner

### 1.3 Závěr

Mobilní roboti většinou mají čtyři kola, je to nejjednodušší způsob jak robota uvést do pohybu. Někteří výzkumníci vytvářejí složité kolové roboty pouze s jedním nebo dvěma koly. Tito roboti mohou mít určité výhody, jako je nižší hmotnost nebo možnost pohybovat ve stísněných prostorech, kde vícekolový robot není schopen odpovídajícího pohybu. Vždy ovšem záleží na určení robota, kde bude operovat, pokud se robot pohybuje v otevřených prostorech tak nemá smysl komplikovat konstrukci a následně programování, aby robot držel rovnováhu. K vyrovnávání používají roboti akcelerometr, pomocí kterého robot pozná, o kolik klesá a o kolik má otočit koly v opačném směru, tento výpočet se provádí stokrát za sekundu, na základě dynamiky funguje jako obrácené kyvadlo. Mezi nejznámější roboty patří bezesporu Segway, který není pouze robot, ale lidský dopravní prostředek. Segway byl představen veřejnosti na vánoce roku 2001. Jeho rychlost byla v době uvedení na trh 20km/h.



Obr. 6 Segway



Obr. 7 Segway jako motocykl



## 2 TECHNICKÁ ANALÝZA

Roboty dělíme na roboty stacionární, zde patří především různé typy CNC linek, které se mohou pohybovat po jasně definovaných trajektoriích, a roboty mobilní, kteří se mohou přemísťovat (například průzkumné vozítka na Marsu). Lze je také rozdělit podle pohybových možností, autonomie či účelu.

Vnímání okolí a orientace v něm je uskutečněna dotykově nebo distančně. Dotykově pomocí pružinových tykadel s mikropínači na detekci jejich ohnutí. Distančně existuje mnoho způsobů například sonarovou echolokací, laserovými dálkoměry, radionavigací s triangulací, GPS, existují také složitější mechanismy jako užití prosté kamery, stereo kamery, panoramatické kamery či hyperbolického zrcadla.

### 2.1 Stacionární roboti

Stacionární roboti jsou sice vázaní na jedno místo, ale mají určitou možnost interakce a možnost tak své okolí ovlivňovat. Elektrickou energii odebírají z rozvodné sítě pouze ve výjimečných případech z akumulátorů.

**Možné konfigurace** (existují samozřejmě i jiná a komplikovanější uložení):

Descartes - všechna uložení posuvná

PUMA uložení - všechna uložení na otočných kloubech

válcové - dvě posuvná uložení na otočné základně

SCARA - posuvné chapadlo na dvou otočných kloubech[5]



Obr.8 PUMA uložení

### 2.2 Mobilní roboti

Mobilní roboty dělíme na dálkově ovládané (pracují podle pokynu operátora) nebo autonomní. Autonomie je míra vlastní interakce stroje s okolím je dána mírou dynamiky stroje. *Čím dynamičtější stroj je, tím přesnější povědomí o svém okolí potřebuje. A také potřebuje / dovolí o to méně zásahů lidské obsluhy.*

*„Z tohoto pohledu lze mluvit o různé autonomii stroje na člověku:*

***Řízený stroj**, přímé vedení, bez rozhodovací schopnosti, kromě člověka nepotřebuje interakci s okolím (např. výtah jede pouze při stisknutí tlačítka).*

***Ovládaný stroj**, vykonává činnost podle zadaného pokynu, logická rozhodovací schopnost, konečný automat (např. výtah zastaví až v požadovaném patře, inteligence s pamětí jednoho bitu, přídržné tlačítko).*

***Regulovaný stroj**, dosahuje cíle předem určeným způsobem, dosahuje cíle za různých podmínek různými cestami, analogové rozlišení míry intenzity jevu (např. výtah, při náhlé volbě nové cílové stanice těsně před ní, tuto raději přejede a vrátí se, nezastaví hned, takže cestující nepodklesnou v kolenou ani neposkočí s žaludkem v krku).*

***Autonomní stroj**, dosahuje cíle způsobem, který si zvolí (metodologie volby je však stále předepsána). Sice se stále může držet nejpřímější předpokládané cesty, ale nijak jí nepředpokládá, vždy si jí znovu ověřuje, a v případě překážek i sám hledá cestu k dosažení cíle, bez limitu vzdálenosti od původního přímého směru (např. algoritmus A\*).*

***Inteligentní stroj**, sám si volí cíle, člověka nepotřebuje, utopie: Hraniční výsledek oboru umělé inteligence.“[5]*

Mobilní roboti s kolovým či pásovým podvozkem používají k pohybu ve většině případech elektromotory. Tento způsob je pro pohyb robotů nejsnadnější a v mnoha případech nejvhodnější, ovšem hlavně záleží na povrchu, po kterém se robot bude pohybovat. Mobilní koloví roboti jsou ideální na použití v prostorech s rovným nebo mírně hrbolatým povrchem. Pro pohyb na skalnatém, nezpevněném, či jinak stíženém povrchu jsou vhodnější pásoví roboti nebo krácející roboti. Roboti mohou mít velký počet kol, ale pro statickou a dynamickou rovnováhu postačují kola tři. Také můžou mít další kolečka navíc, které ovšem slouží pouze pro zvýšení stability robota. Zdrojem elektrické energie bývají akumulátory.

## 2.3 Dělení podle podvozkové platformy

### **Pásový podvozek**

Pásový podvozek umožňuje překonávat podstatně větší nerovnosti a stoupat do větších převýšení, než kolové podvozky. Další jeho výhodou je otáčení se na místě, otáčení prokluzem ovšem zapláceno řadově vyšší spotřebou než při jízdě vpřed.



Obr.9 Proti teroristický pásový robot

### Kráčející podvozek

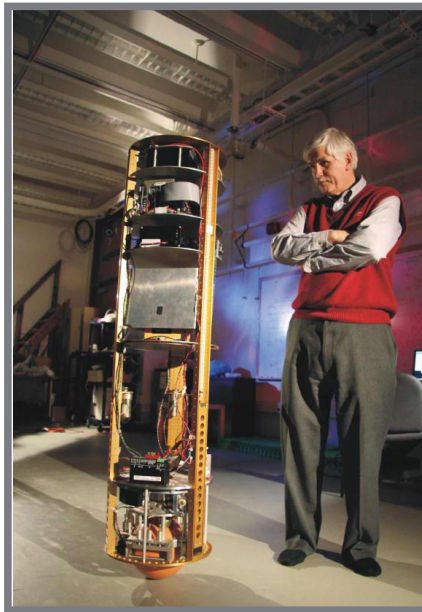
Kráčející roboti využívají elektro pohony, pneumatické pohony, hydraulické pohony a umělé svaly (SMA)[6]. Výhodou umělých svalů je především nízká hmotnost a malé nároky na prostor. Výroba kráčejících robotů klade vysoké nároky na konstruktéry a programátory, jejich konstrukční řešení ovšem umožňuje překonat překážky, které ostatní roboti překonat nemohou. Neděla jim problémy zdolávat schodiště, či pohybovat se po členitém povrchu. Konstrukce mohou být dvounohé (vysoké nároky na stabilitu), šestinohé, ale také osminohé.



Obr.10 Humanoidní robot ASIMO Honda

### Jedno kolový podvozek

Jedno kolového robota je velmi obtížné udržet ve vzpřímené poloze, kvůli jednomu kontaktnímu místu s povrchem. Již dnes existují experimentální návrhy robotů s jedním kolem, ale mnohem snadnější je použití sférického kola, díky tomu se robot může pohybovat libovolným směrem okolo koule. Tato metoda vyžaduje použití gyroskopu, proti-točivé momentové mechanismy, a zejména rotující stabilizační setrvačníky, které jej udrží v poloze kolmé k podkladnímu povrchu.

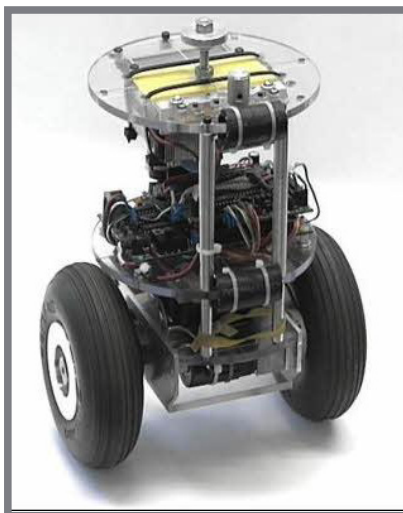


Obr. 11 Jedno kolový robot se sferickým kolem

---

### Diferenciální podvozek

U dvou kolových robotů je obtížné udržet jejich stabilitu, robot se musí být neustále v pohybu, aby udržel svou vzpřímenou polohu. Těžiště musí procházet středem robota, proto se většinou montují těžké komponenty zejména baterie ze spodní strany podvozku robota, aby se těžiště nacházelo co nejnižše. Existují také roboti, kteří mají kola paralelně za sebou, těmto robotům se v anglickém jazyce říká „dicycles“. Také tito roboti se také musí neustále pohybovat, aby si udrželi stabilitu. Robot musí získávat dostatek informací a mohl vyhodnotit svůj další pohyb, jinak by ztratil stabilitu, pro potřebu nejméně dva senzory. Jeden pro určení úhlu náklonu a druhý pro sledování polohy základny a kola.

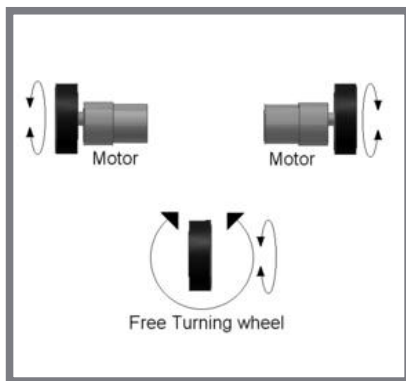


Obr. 12 Diferenciální podvozek

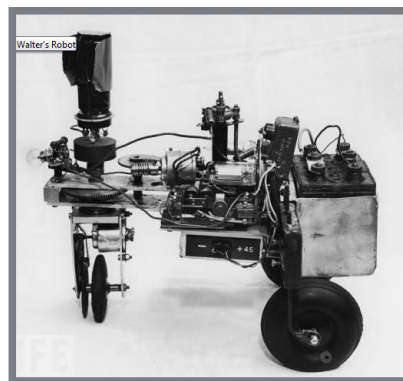


### Synchronní trojkolový podvozek a podvozek s řízeným předním kolem

3-koloví roboti mohou být dvojího typu, 2 kola jsou samostatně poháněná a třetí je volně otočné a slouží pouze k udržení stability nebo 2 kola jsou poháněna jedním motorem a třetí kolo má vlastní zdroj, který se stará o natáčení kola pro změnu směru. V prvním případě robot zatáčí změnou relativní rychlosti rotace každého kola, pokud se oba kola budou točit stejnou rychlostí, robot pojede rovně.



Obr. 13 Synchronní trojkolový podvozek



Obr. 14 trojkolový podvozek s řízeným předním kolem

### Omni podvozek neboli podvozek se všesměrovými koly

Další možností pro usnadnění pohybu kolových robotů, může být použito koly, která nejsou namontována na stejné ose, tak zvaná omni kola. Omni kolo je tvořeno mnoha dalšími menšími koly, které dohromady tvoří velké kolo. Osy menších kol jsou kolmé na základní osu velkého kola. Tento systém umožňuje robotům se pohybovat ve dvou směrech a okamžitě libovolně měnit směr pohybu, na rozdíl od automobilů. Někteří roboti využívají trojúhelníkovou platformu, to znamená, že kola jsou rozmístěna po 60 stupních. Výhoda použití tří kol na místo čtyř je jednoduchá, nižší náklady na konstrukci. Tři body dotyku s podložkou garantují stabilitu a kontakt každého kola se zemí, ale vždy se bude ve směru jízdy otáčet jen jedno kolo. Nevýhodou omni kol je špatná účinnost vzhledem k tomu, že ne všechna kola se otáčejí ve směru pohybu a tím pádem dochází ke zbytečné ztrátě výkonu následkem tření ostatních kol.



Obr. 15 Omni kolo

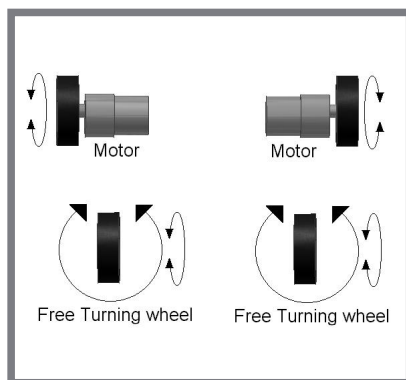


Obr. 16 trojkolový podvozek s omni koly

U čtyř kolových podvozků existuje několik možností řízení:

### Diferenciálně řízený čtyř kolový podvozek

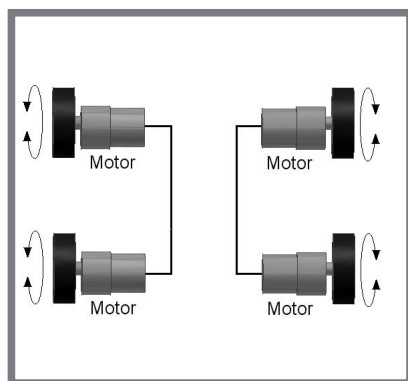
System je stejný jako u diferenciálně řízených tří kolových robotů, s tím rozdílem, že volně otočná jsou dvě kola a ne jedno. Díky tomuto rozvržení má robot mnohem větší stabilitu zejména při ostrém zatáčení či pohybu po nerovném povrchu. Také díky čtyř kolovým rozvržení získáme větší užitečný prostor a snadnější umístění těžiště do středu pro největší stabilitu.



Obr. 17 Diferenciálně řízený 4-kolový podvozek

### Smykem řízený podvozek

Pohyb je podobný pásovému podvozků, tzn. všechna kola jsou poháněna, žádné z kol se nemůže natáčet. Řízení funguje tak, že kola na každé straně se pohybují stejnou rychlostí, pokud jedna strana zrychlí nebo zpomalí vůči druhé robot začne zatáčet. Aby se robot pohyboval rovně musí se všechna kola otáčet stejnou rychlostí.



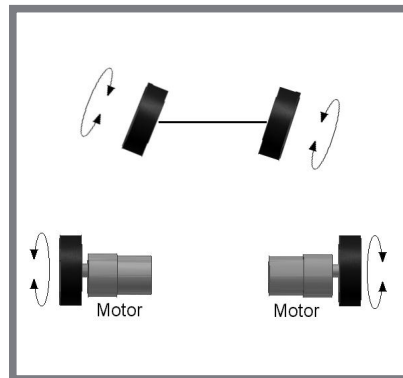
Obr. 18 Smykem řízený podvozek



Obr. 19 Smykem řízený robot

### Ackermanův podvozek

Diferenciální řízení umožňuje robotu zatáčet stejným způsobem jako automobil. Tento typ stavby je mnohem složitější jak pro konstrukci, tak pro výpočty, má ale velkou výhodu oproti předchozím metodám a to, že pokud je robot poháněn spalovacím motorem, stačí pouze jeden motor pro pohon kol směrem dopředu a servo motory pro otáčení koly. Předchozí metody vyžadují buď dva motory, nebo velmi komplikované převodovky (potřebujeme totiž 2 výstupní nápravy s nezávislou rychlostí).



Obr. 20 Ackermanův podvozek

### Více kolový podvozek

Tato konstrukce má využití u větších robotů, není to ovšem vždy praktická metoda, zejména když další kola jsou také poháněna. Konstrukce se stává velmi komplikovanou, když se má robot pohybovat přímo vpřed musí se každé kolo otáčet stejnou rychlostí. Rozdíly rychlosti mezi pravými a levými koly u diferenciálně řízených robotů způsobí pohyb na stranu místo dopředu. Také rozdíl rychlosti mezi koly na stejné straně způsobí, že dojde k prokluzování nejpomalejších kol.[4][7]



Obr. 21 Riotbot

## 2.4 Závěr

Čtyř kolová konstrukce se jeví jako nejvhodnější pro většinu mobilních robotů. Zaručuje dostatečnou stabilitu a dobrou průjezdnost terénem. Pásový podvozek má také určité výhody jako snadnější průjezdnost terénem, možnost zdolávání složitějších překážek či lepší manévrovatelnost otáčet se na místě poskytuje, tyto výhody jsou ovšem vykoupeny vyšší spotřebou energie. Kráčející mobilní roboti jsou budoucnost, jejich schopnosti pohybu jsou téměř neomezené a žádná překážka jim nečiní velké problémy. V současné době jsou ovšem tito humanoidi na začátku svého vývoje, jejich složitá konstrukce, složité programování a v neposlední řadě hmotnost je odsouvají na druhou kolej.

## 3 DESIGNÉSKÁ ANALÝZA

Design robotů je velmi mladý obor, poměrně neprobádaný a nevyčerpaný. Je zde mnoho směrů, kterými se může design ubírat. Není zde zažitá konvence jako například v automobilovém průmyslu, v kterém se design posunuje kupředu velmi pomalu. Jedná se zejména o kolové roboty nebo humanoidy, design kuchyňských a průmyslových robotů veřejnosti již tak cizí není.

### 3.1 Ergonomie

Potřeba vhodné ergonomie a designu vznikla v robotice narozdíl od jiných průmyslových odvětví poměrně pozdě (koncem 80. počátkem 90.). V tomto období se první produkty robotiky stávají na trhu běžně dostupné. Tento fakt souvisel především s rychlým rozvojem elektroniky a snižováním výrobních nákladů v robotice. Do té doby se robotika omezovala především na průmyslovou výrobu a důraz byl kladen především na jejich účel, praktičnost a nízké výrobní náklady. V momentě, kdy se trh s robotikou rozšířil o oblast zaměřenou na domácnosti, a doplňky interiéru vznikla potřeba dát těmto robotům vhodný design. Trh ukazuje, že u mnohých zákazníků představuje vzhled výrobku při výběru mnohdy větší význam než jeho samotná funkčnost.

### 3.2 Rozvoj designu

V minulosti existovalo mnoho uměleckých směrů, které ovlivnily dobový design. A začátkem 20. století se začaly paralelně rozvíjet další umělecké směry a styly. Architektúra, design a umění obecně se pomalu v průběhu století zbavily všech konvencí a schémat. Dnes jsou jedinými prvky omezujícím designéra v práci funkčnost a účel produktu.

### 3.3 Roboti v praxi

Těžiskem využití kolových robotů v praxi jsou dnes především armádní projekty (spol. Darpa[8] vyvíjející robotické systémy pro USA jako pyrotechničtí roboti, autonomní bojovní roboti (Talon Sword [9] vybaveny kulomety či raketometem obr.22), a také roboti pro využití v extrémních oblastech (roboti pro záchranné a průzkumné práce). V těchto oblastech hraje design pochopitelně vedlejší roli.



Obr.22 Talon Sword

Proto se v oboru mobilních robotů design specializuje především na samočinné domácí elektro-spotřebiče například automatických vysavačů či sekaček na trávu. Zvláštní kategorií je tvorba designu pro prototypy auto-robotů světových automobilek, jedná se spíše o automobily než roboty, jejich design se ovšem podobá více robotům nežli autům. V tomto případě hraje design zásadní roli a věnují se mu přední světoví designéři[10][11].



Obr. 24 vysavač Samsung SR8855



Obr. 23 Automatická sekačka Husqvarna

### 3.4 Kritéria

Zásadním kritériem je především funkčnost a praktičnost daného produktu. Je třeba zajistit dostatečnou agilitu a vhodné prostorové uspořádání výrobku, zejména omezit převisy a výstupky z karosérie, které mohou způsobit nechtěné kolize s prostředím. Při návrhu tvaru je důležité brát ohled na bezpečnost osob pohybujících se v pracovním prostředí robota (omezení ostrých hran atd.). Designér by rovněž měl brát v úvahu viditelnost a dobrou rozlišitelnost v pracovním prostředí. U potenciálně nebezpečných výrobků by se designér měl vyhnout tvarům a barvám atraktivním pro malé děti. Další omezení vyplývají z celkového technického a konstrukčního uspořádání, například musí být splněny požadavky na světlou výšku, rozmístění čidel, kamer, nárazníků apod. Ze samotného designu kolového robota by mělo být zřejmé, že se nejedná o automobil, k jehož napodobování kolové řešení podvozku často svádí. Nezasvěcený uživatel by měl na první pohled poznat, že se jedná o robot. Přes tyto snahy, trendy v automobilovém průmyslu značně ovlivňují design v jiných oblastech designu.



Obr. 25 mobilní robot

Proto se projevuje i při návrhu robotů současný trend užití výrazných ostrých křivek a agresivního vzhledu. Kvalitní design musí být vhodnou kombinací požadavků na funkčnost, bezpečnost, praktičnost a vzhled výrobku.

### 3.5 Roboti ve filmu

Současná doba ovšem neumožňuje střízlivý odhad budoucích trendů na poli designu. Inspirací moderního designu jsou jak tvary z minulosti, které se staly klasikou, tak tvary ze současných sci-fi filmů. Ve filmu „Já, robot“ se objevila karosářská verze Audi R8 obr.26, v seriálu „KITT“ se zase objevily různé verze Fordu Mustang, Shelby a Cobra[12]. a v neposlední řadě pro průzkumné akce využívali vojáci ze seriálu „Star-gate“ mobilní robot MALP, který se velmi podobá dnešním průzkumným robotům. Designerské směry dnešní doby jsou do značné míry ovlivněny reklamou a estetické cítění společnosti je často odrazem představ významných světových firem a jejich designérů. Reklama se stala nezanedbatelnou součástí designerské praxe.



Obr.26 Audi RSQ

### 3.6 Závěr

Závěrem lze říci, že jednotícím prvkem současného designu je snad jen všudy přítomná dravost a dynamicky tvarované linie. Výjimku tvoří roboti určené pro soužití s člověkem jako Robot IBO nebo Asimo. Odhadnout trend není úkolem předních světových designérů, jež trendy sami určují, nýbrž začínajících designérů menších firem. V oblasti kolových robotů může rozhodující roli hrát samotné prostředí, jež mnohdy svým vlivem přinutí konstruktéry uchýlit se k zajímavým a často povedeným tvarům, viz vývoj letadel jako například Lockheed F-117A Nighthawk[13] kde vzhled podléhá čistě matematickým výpočtům, fyzice a aerodynamice.

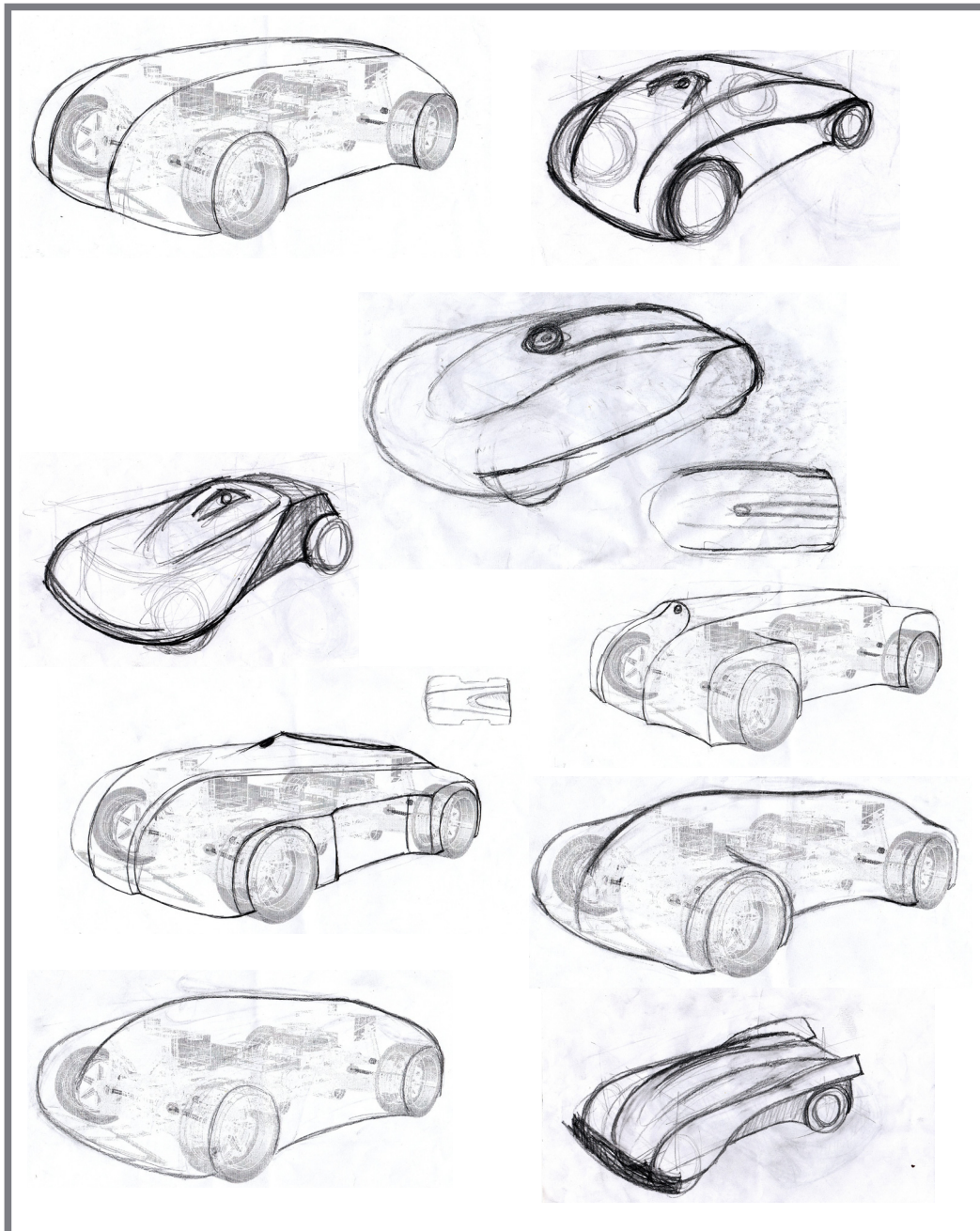




## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

### 4.1 Varianty, skici.

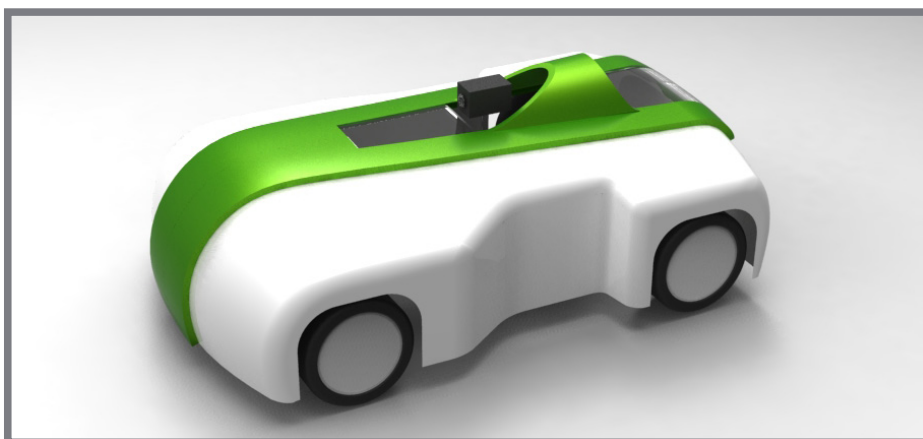
Zde jsou zobrazeny variantní návrhy, které předcházely finálnímu designerskému a konstrukčnímu řešení, z nich jsou vybrány 3 nejvhodnější návrhy. Čtvrté finální variantě se věnuje průvodní zpráva



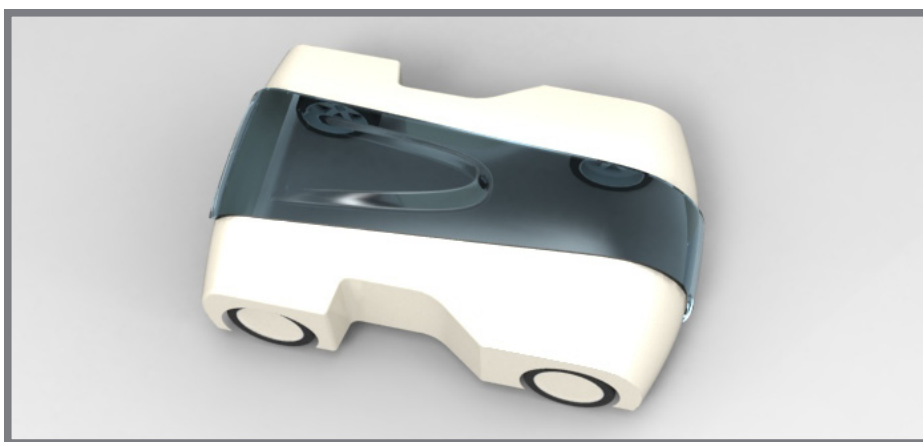
Obr.27 Skici

## 4.2 Varianta 1

První model vybraný z nepřeberného množství skic, které předcházely virtuální podobě. Stěžejní myšlenkou bylo vytvořit poměrně čistě tvarovanou, účelnou a především pokud možno snadno vyrobitelnou karoserii. Karoserii protíná hlavní barevný nebo čirý lexanový pruh jak je patrné na vizualizacích obr.29, který zpestřuje a doplňuje tvarování. Přední část je hmotově masivnější než zadní, umocňuje tím pocit mohutné deformační zóny předního nárazníku, který chrání důležité součásti podvozku a elektroniky jako jsou IR čidla, akcelerometry atd. U varianty s barevným pruhem na obrázku 28. je kamera umístěna v centrální části robota a uložena do kompaktní obdélníkové krabičky připevněné nad karosérii, servomotor a kloubový mechanismus umožňující kameře natáčení cca o 30° je skryty za obloukem, oblouk v zadní části karoserie dotváří dynamický ráz robota a hmotově tak vyvažuje robustní přední část. Druhá varianta obr.29 s transparentní střední částí a zajímavým vnějším prolisem, rozčleňuje čistou linii plochy. Díky transparentnímu materiálu lze kameru umístit v přední části karoserie. Toto umístění dokonale chrání kameru proti poškození, snižuje však možnosti jejího pohybu a omezuje zorného pole.



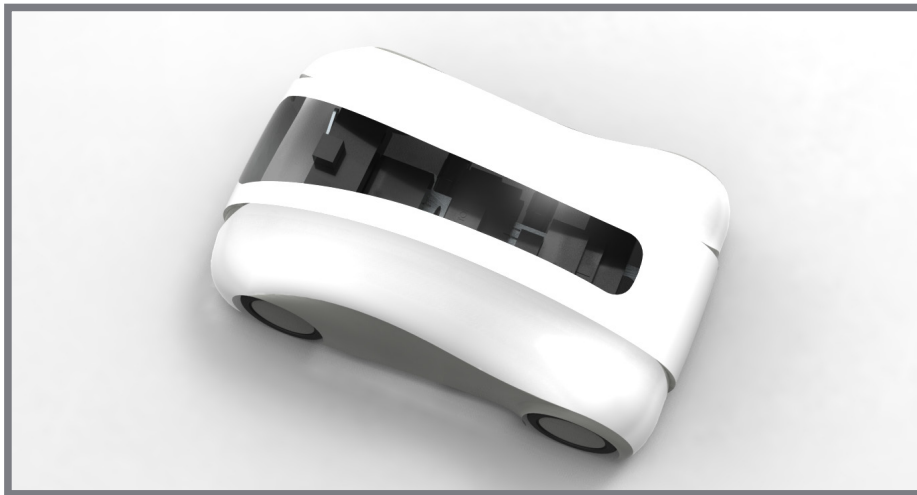
Obr.28 Varianta 1 s barevným pruhem



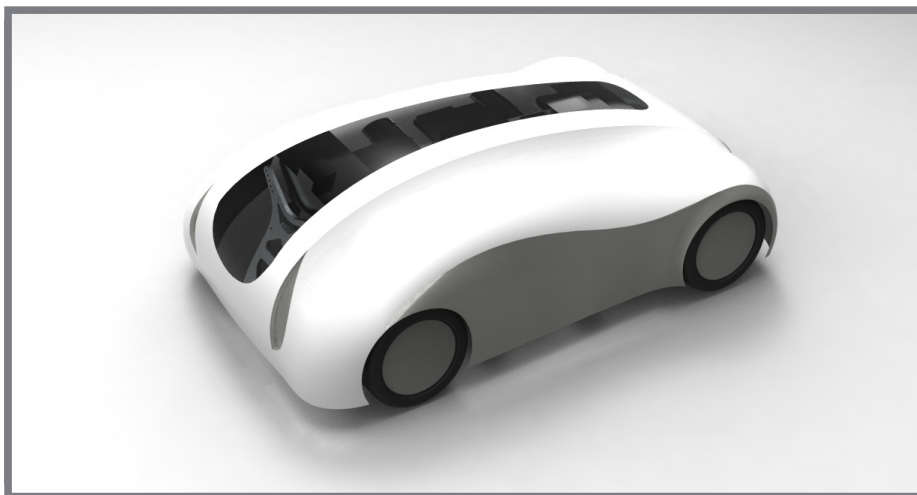
Obr.29 Varianta 1 s transparentní střední částí

### 4.3 Varianta 2

Hlavní myšlenkou druhého návrhu je co možná z největší části zprůhlednit karosérii robota, umožnit tak náhled na veškerou elektroniku a pohyblivé části podvozku jako jsou lichoběžníkové zavěšení kol, či odpružení, a tím doznat, že se nejedná o futuristický automobil či hračku, nýbrž o experimentální mobilní robot. Druhá varianta se drží poměrně čistých a oblých tvarů, podtržených jemnou hranou po celé délce robota. Kamera určená pro navádění a snímání okolí je skrytá za tímto čirým překrytem. Celkový design doplňují šedé „nasávací otvory“ a šedé důmyslně tvarované boční linie, jenž v zadní části plynule přecházejí v lemy blatníků. V nasávacích otvorech jsou uložena infra-červená čidla kontrolující vzdálenost robota od překážek. Tato varianta ovšem mírně připomíná prototyp futuristického automobilu což pro projekt experimentálního mobilního robota není žádoucí.



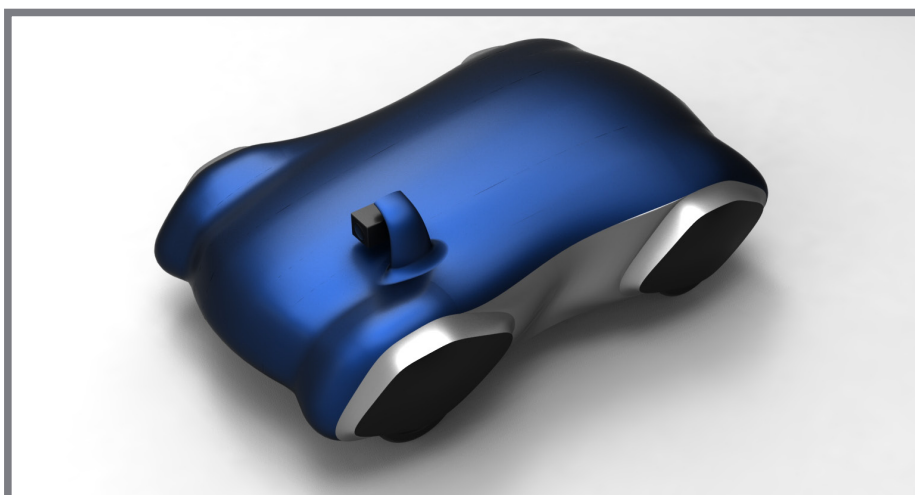
Obr.30 Varianta 2



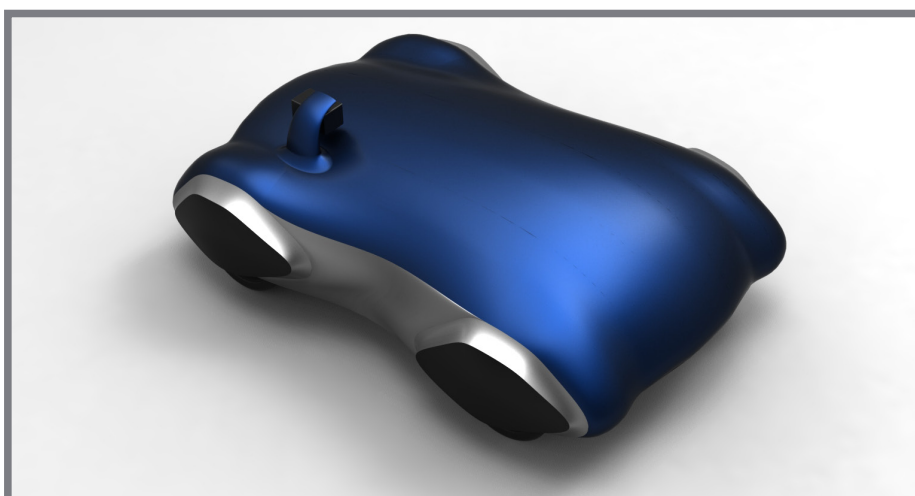
Obr.31 Varianta 2

### 4.4 Varianta 3

V této třetí organicky tvarované variantě připomínající hmyz, či oboživelníka se podařilo potlačit tvary připomínající futuristické automobily. Celková koncepce působí čistým dojmem bez zbytečných výčnělků, či hran. Hlavní modrá část karosérie je aerodynamicky hladká až na jeden rozčleňující prvek, a to excentricky umístěnou kameru na levé straně, čímž rozbíjí tyto hladké křivky a navozuje určitý pocit nejistoty. Směrová orientace je dána umístěním kamery a náznakem tlapy zvířete útočícího na svou kořist. Tlapy jsou zaobaleny do čistých linií draperie. Všechna kola jsou zakryta částí komplexně tvarované karosérie, která vytváří nejzajímavější část robota. Tento tvar je tvořen několika prolínajícími se křivkami a hranami, které opisují průměr kol po zaoblených pětiúhelnících. Tento tvar je velice funkční a má v první radě za úkol ochranu kola proti nárazu či zablokování a následnému poškození elektromotorů. Jedná se o stejnosměrné kartáčové elektromotory vybavené reduktory. Točivý moment z reduktorů na poháněné kolo je realizován prostřednictvím zubových řemenů. Jak již bylo napsáno kamera je umístěna nad karosérii, což umožňuje jak vertikální, tak horizontální pohyb kamery. Díky tomu má operátor lepší představu o situaci v okolí robota, například o slepých úhlech apod.



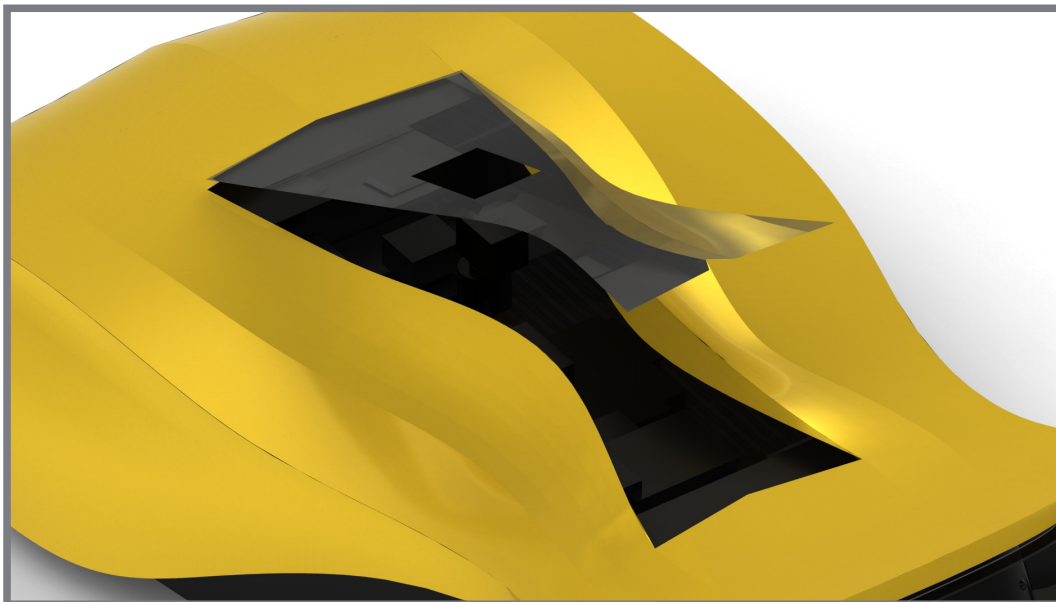
Obr.32 Varianta 3



Obr.33 Varianta 3

## 5 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Mobilní Robot Car4 není v bezprostředním kontaktu s člověkem, veškerá manipulace s robotem je omezena pouze na jeho zapínání, vypínání, přístup k elektronice, bateriím a připojení k PC. Robot je ovládán operátorem, který jej řídí pomocí bezdrátové konzole. Zde je potřeba umožnit operátorovi/technikovi bezproblémový přístup k hlavnímu vypínači, resetovacím tlačítkům a možnost napojení diagnostiky bez nutnosti demontáže celé kapotáže. Tento přístup je vyřešen odklopným transparentním krytem v horní části karosérie, tento kryt šetří technikům čas a námahu, kterou by vyžadovala demontáž celé karosérie. Kryt má v zadní části trojúhelníkový výřez pro snadnější uchopení a odklopení. Karosérie je upevněna v těsných pouzdrech, která jsou připevněna na duralových konzolách. V případě nutného odstranění karosérie by tedy nemělo dojít k problémům.



**Obr. 34** Odklopený transparentní kryt lze úplně demontovat



## 6 TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ

### 6.1 Hlavní myšlenka

Mou bakalářskou prací je návrh čtyř kolového experimentálního robotu, určené pro vývoj řídicích systémů, systémů kontroly trakce a algoritmů autonomního řízení.

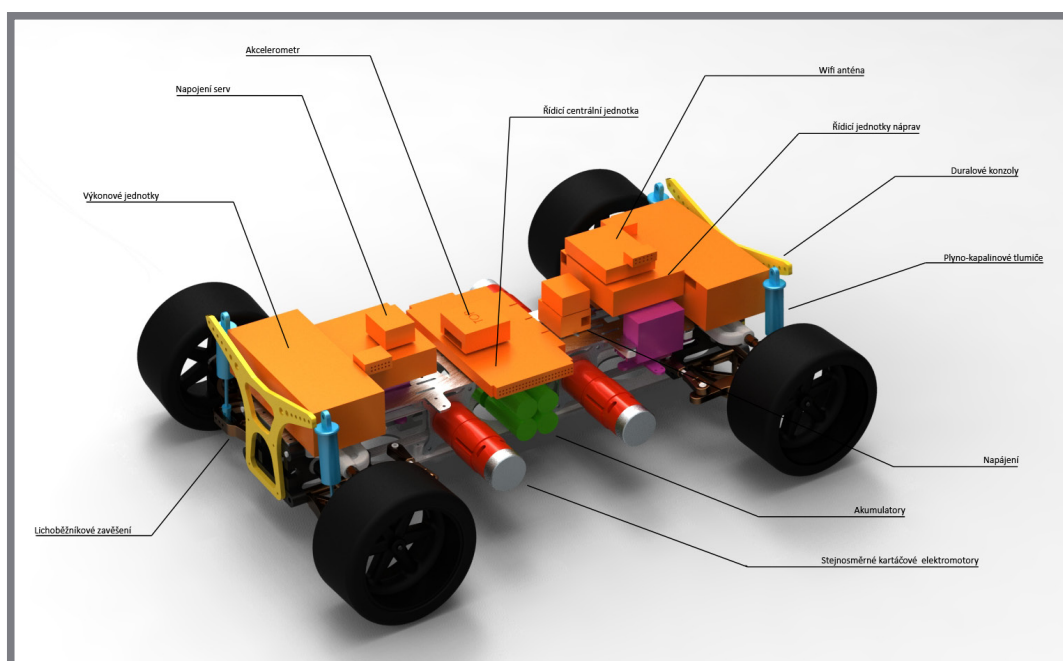
### 6.2 Návrh finálního řešení

Design a celková koncepce poměrně agresivního a netradičního návrhu vychází z dynamických linií připomínající rejnoka. Vzhled byl také ovlivněn na základě požadavků konstruktérů na funkčnost, prostorové uspořádání a uložení jednotlivých komponentů.

### 6.3 Vývoj designu

Návrh mobilního čtyřkolového robotu s pracovní názvem Car4 má mnoho limitujících faktorů jako rozvor, délku, světlou výšku, velikost podběhů, vnitřní nosný rám osazený elektronikou, rozmístění sensorů atd.

Experimentální mobilní robot využívá podvozkové platformy vyvinuté ve spolupráci ÚK OPD (Ústav konstruování, Odbor průmyslového designu) a ÚMTMB (Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky)



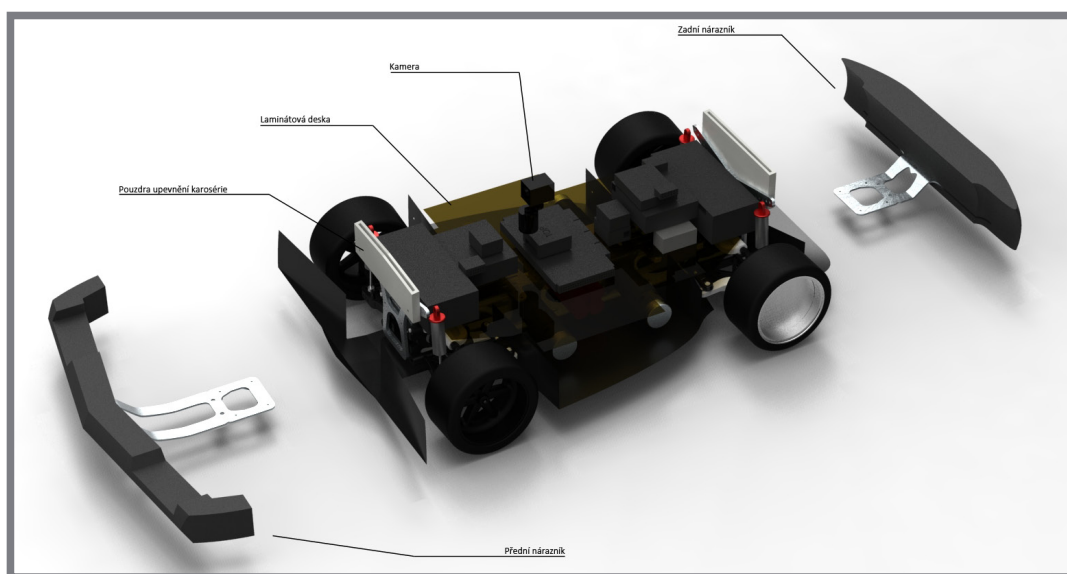
Obr.35 Podvozková platforma experimentálního mobilního robotu Car4

Jedná se o sendvičový podvozek s nezávislým zavěšením, natáčením a pohonem všech kol. Kola do pohybu uvádí čtveřice elektromotorů uložených v centrální části podvozku, krouticí moment je přenášěn pomocí klínových řemenů. Natáčení obstarává čtveřice servomotorů s maximálním vytočením o 30°. Vzhledem k nezávislému natá-

čení všech kol, disponuje robot vynikající manévrovací schopností, jak v terénu, tak i ve stísněných prostorech. Zavěšení kol je realizováno lichoběžníkovými závěsy, toto řešení umožňuje vysokou stabilitu jízdy a čistý průjezd zatáčkami, protože zatížené kolo si k rovině povrchu udržuje vždy optimální úhel. Odpružení je řešeno vinutými pružinami s plyno-kapalinovými tlumiči připevněnými na duralové konzoly, neboli „parohy“. Díky této koncepci podvozek disponuje plně nastavitelnou geometrií. Světlá výška podvozku je cca 35mm, což byl jeden z limitujících faktorů, které návrh karoserie musel respektovat, to znamená, že žádný díl karoserie nesmí zasahovat do volného prostoru pod podvozkem a snižovat tak hodnotu světlé výšky podvozku, což by v konečném důsledku vedlo ke snížení průjezdnosti robota.

Při maximálním propružení podvozku by tak mohlo dojít ke kontaktu podvozku s terémem a poškození karoserie.

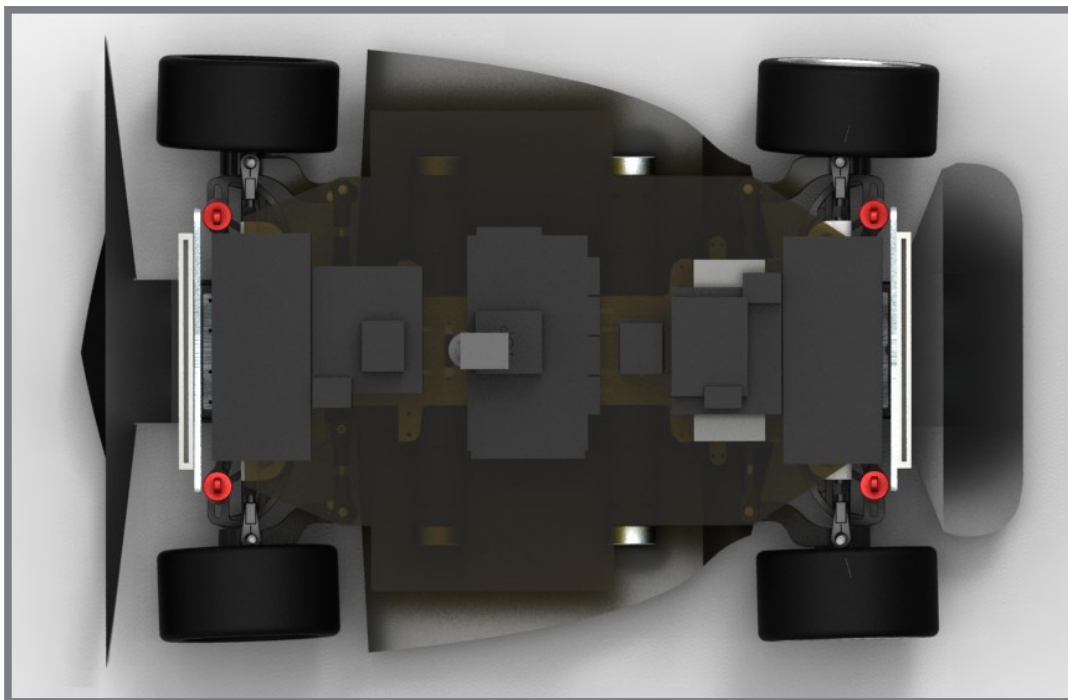
Rozmístění jednotlivých komponent a elektronických systémů (např. rozmístění akumulátorů, výkonových jednotek, akcelerometru, řídicí jednotky, čidel, kamery apod.) plně respektuje všechny funkční a provozní požadavky. Převážná většina elektronických součástí je připevněna k laminátové desce ležící na horní části podvozku kromě akcelerometru, který je pro přesnější údaje umístěn ve spodní části podvozku, stejně jako akumulátory a elektromotory. Vzhledem k požadovanému vertikálnímu a horizontálnímu pohybu kamery v rozsahu  $30^\circ$  a nerušeného zorného pole, je kamera včetně kloubového mechanismu umístěna lehce nad karosérií robota. Kamera není krytá karosérií a tak přiznává svůj smysl a účel.



Obr.36 Podvozková platforma s laminátovou deskou, nárazníky, kamerou a pouzdry

Jedním z důležitých požadavků na konstrukci kapotáže robota je možnost snadného přístupu k hlavním ovládacím funkcím a systémům. Základní ovládací prvky jsou však v praxi redukovány na hlavní vypínač, resetovací tlačítka a možnost napojení diagnostiky bez nutnosti demontáže celé karoserie. Z výše zmíněných důvodů bylo využito transparentního překrytu. Tento odklopný průhledný kryt, který usnadní manipulaci s elektronikou a zároveň díky průhlednosti nám umožní vidět veškerou elektroniku, čímž podtrhne a zvýrazní technologický i koncepční výraz robota.





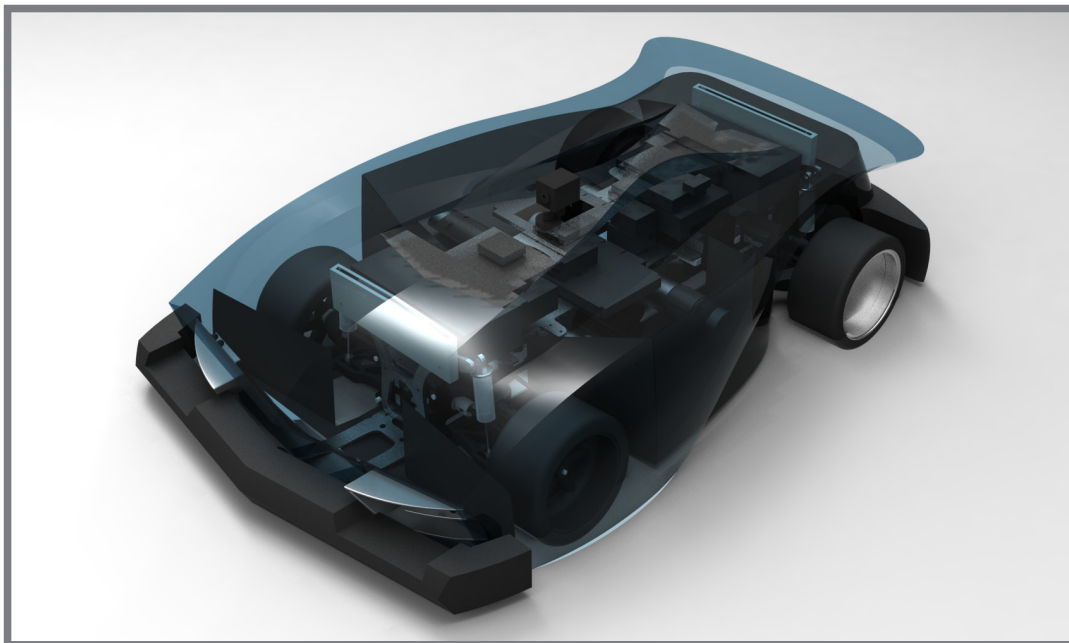
Obr.37 Podvozková platforma pohled shora

Další důležitou částí při návrhu tvarování byla nutnost vybavit karoserii robota robustními nárazníky, které jsou nutné pro potřeby testování řídicích algoritmů, jež mohou selhat a jednoduše tak způsobit náraz do překážky. Musejí být mohutné a tvarované tak, aby při nárazu nemohlo dojít k porušení karoserie, částí podvozku a obzvláště kol, kde by při blokaci mohlo dojít k poškození elektromotorů.

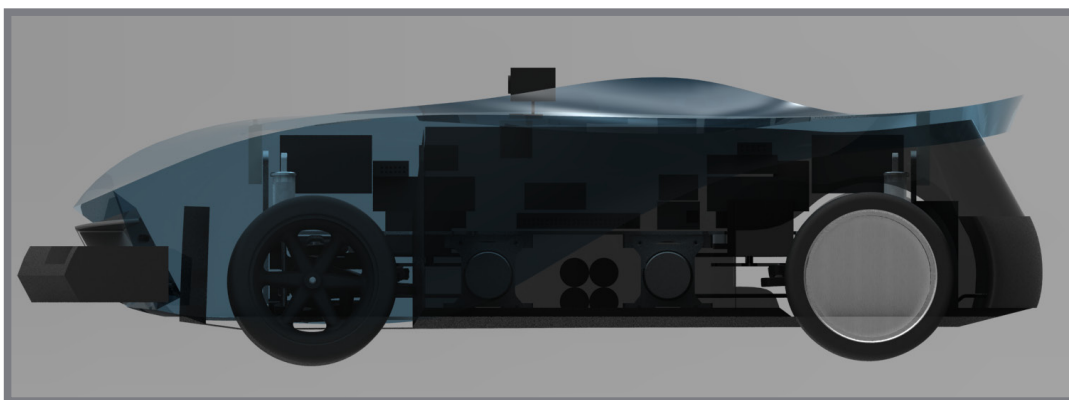


Obr.38 Rozložená karosérie

Maximální navržená provozní rychlost robota dosahuje 30km/h, nárazníky jsou určeny zejména pro fázi testování, tudíž jsou dimenzovány na případný náraz do pevné překážky v rychlosti do 6-7 km/h, kdy by nemělo dojít k žádnému poškození konstrukce. Sendvičová konstrukce nárazníků je však schopna ochránit podvozkovou platformu i vnitřní elektronické systémy do mnohem vyšších rychlostí, avšak při takovémto nárazu se již počítá s trvalou deformací nárazníkových výztuh a řízeným rozdrčením nárazníkových bloků, případně i části přední karoserie. Integrované nárazníkové bloky navržené z pěnového materiálu mají za úkol pohltit maximum kinetické energii robota a rovnoměrně přenést namáhání na robustní centrální nosnou strukturu.

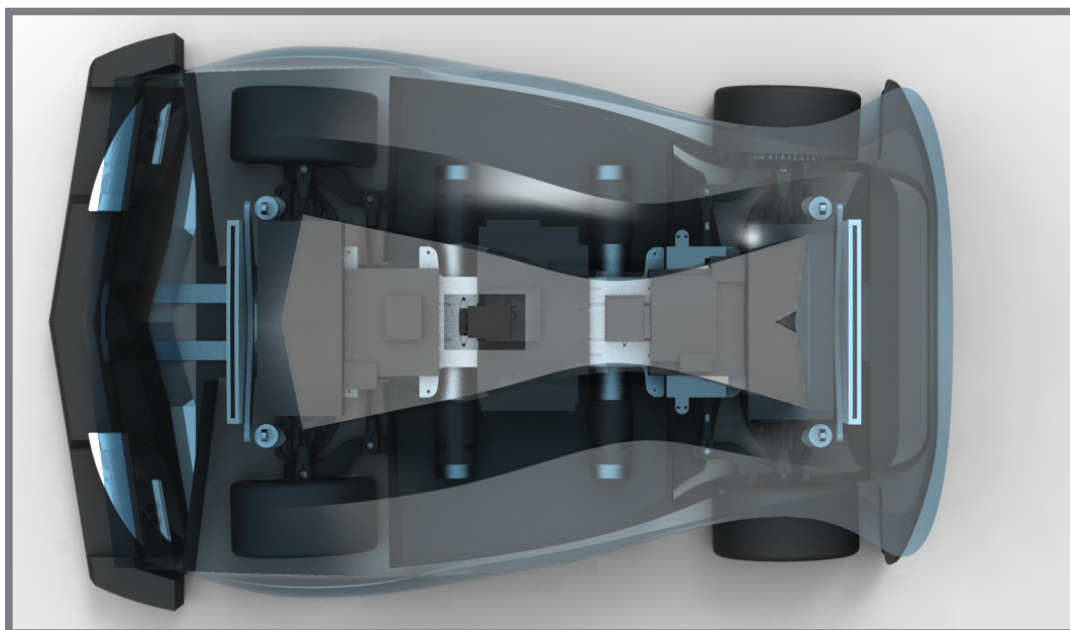


Obr.39 Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie



Obr.40 Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie z boku

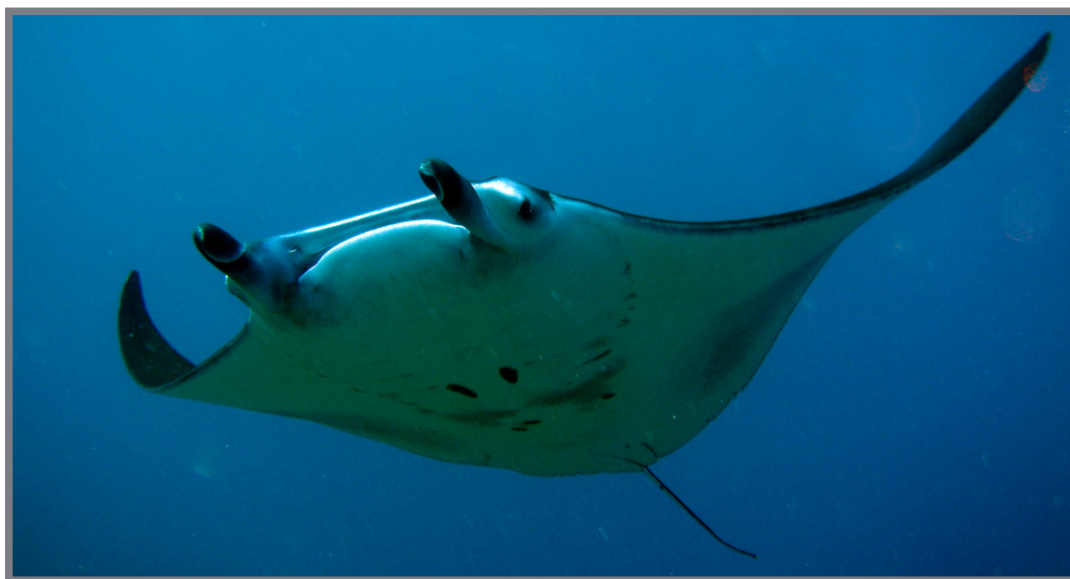
Nárazníky jsou tvořeny skladbou 2 materiálů, vnitřní duralová výztuha z 2mm plechu je obalena vrstvou pěnového materiálu, který zajišťuje absorpci menších nárazů. Duralová výztuha dále pokračuje ven z nárazníků, s ohledem na možné poškození a následnou snadnou výměnu je nárazník k podvozku připevněn 4-mi šrouby. Nárazníky jsou tedy pevně přichyceny pouze k nosnému rámu, tudíž samotná karoserie při případné lehké kolizi nepřenáší žádné zatížení, nehrozí tedy její poškození.



Obr. 41 Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie shora

#### 6.4 Finální návrh

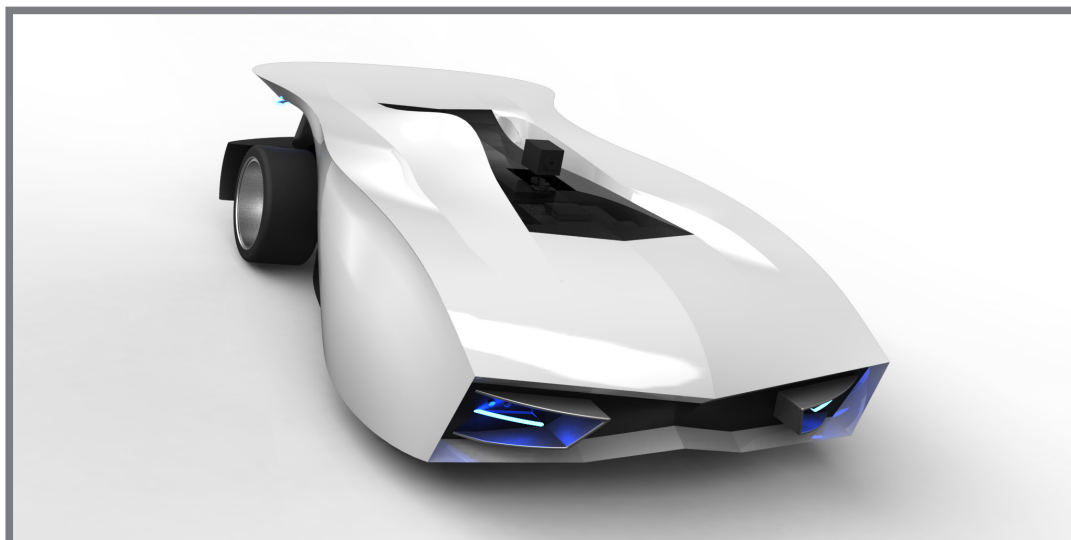
Při návrhu finální verze robota jsem zvolil koncept s kapotáží přetaženou přes přední kola. Zadní kola zůstávají zcela odkrytá, až na jejich zavěšení. Proti nárazu jsou chráněna masivní deformační zónou nárazníku. Hlavní myšlenkou bylo vytvořit agresivního avšak elegantního robota. Inspiraci pro výsledný tvar jsem tedy hledal pod hladinou oceánů, má volba padla parybu manta ray neboli nám též jinak známou jako rejnok obr.41. Tvary paryby mi byly inspirací a velmi pomohly ve výsledném návrhu.



Obr. 42 Manta Ray

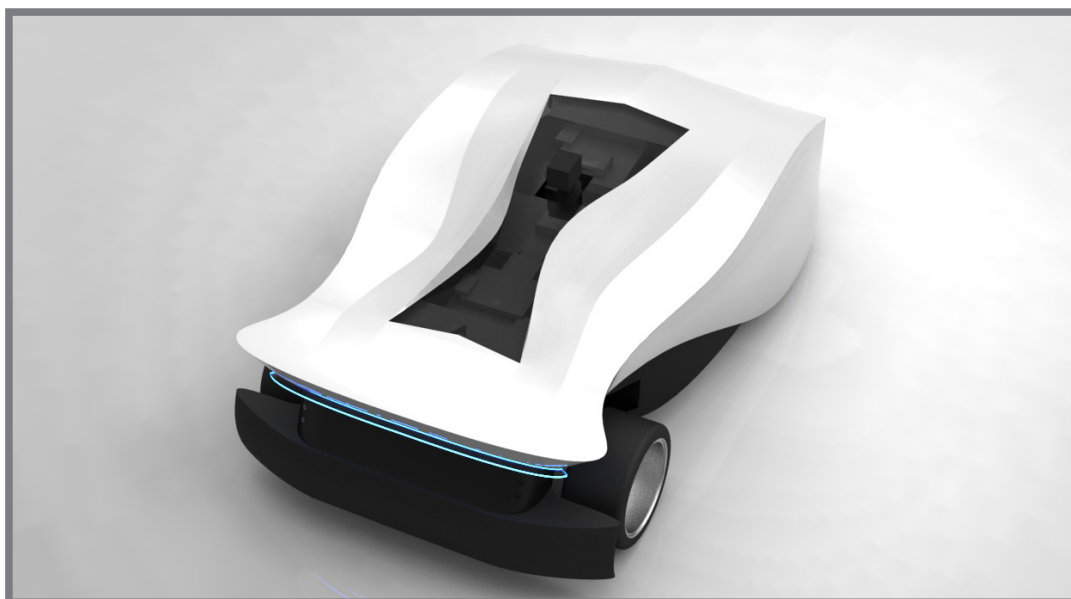
Její široké, avšak ploché elegantní linie zakončeny dlouhým špičatým ostnem nemohly zůstat bez povšimnutí, ale zejména její agresivní výraz jako například obří ústa, která vypadají jako nasávací otvor se staly důležitou částí inspirací.

Stejně tak její obrana je poměrně agresivního ražení, je schopná vytvářet opravdu silné elektrické výboje a zároveň také útočit jedovým ostnem. Elektrický výboj mě přivedl



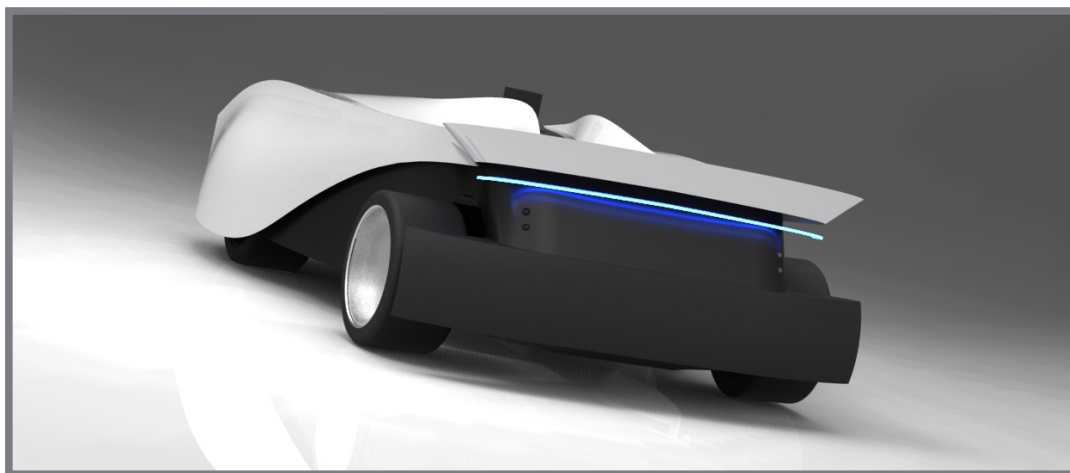
Obr. 43 Finální návrh Car4 pohled zepředu

na myšlenku modře podsvícených lexanových pásků, které navozují dynamický pocit i v klidovém stavu. Jinými slovy vyvolávají pocit, že robot je stále ve střehu a připraven k akci, i když pouze stojí. Základní tvarování karoserie využívá dynamických linií, které dotváří pocit rychlosti, a lehkosti pohybu robota. Odlehčení zadní části odkrytím zadních kol je vyváženo mohutným nárazníkem zapracovaným do vnitřní karosérie a pomyslným křídlem, které plynule vychází vnější karosérie.



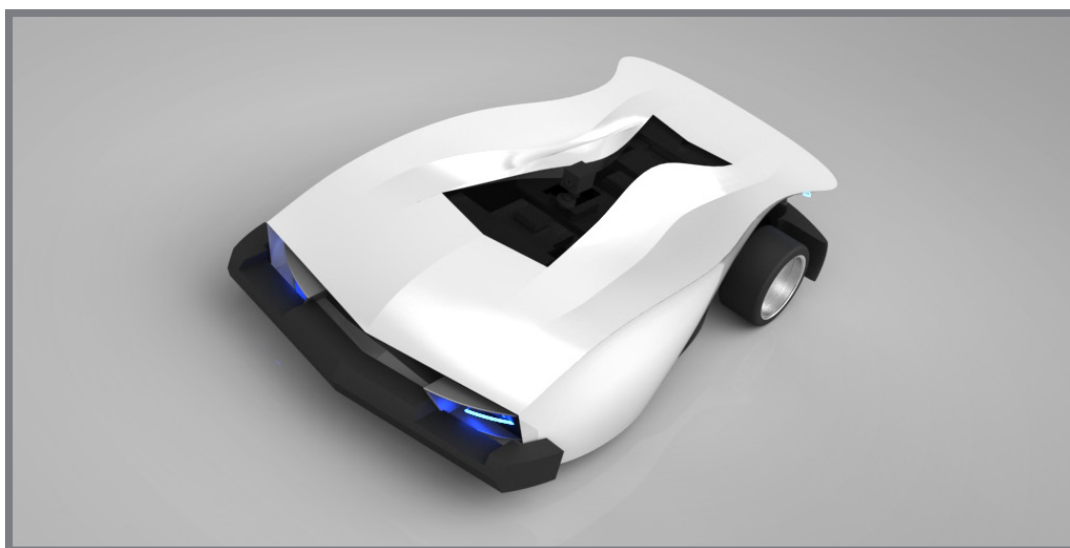
Obr. 44 Pohled na zadní partii robota

Karosérie je tvořena vnějším překrytím a vnitřním jádrem, které z vnější karosérie vychází cca 100mm za předním kolem. Vlny vystupující z vnějšího krytu člení hladké linie karosérie a oddělují ji od transparentního krytu, jejich umístění a hmotové rozvržení nenápadně maskuje kameru a její pohybové součásti. V přední části se nachází mohutný otvor, který je ovšem pouze fiktivní a skrývá v sobě infra-červená čidla. Ta jsou elegantně zamaskována nasávacími otvory lemovanými stříbrnými rámečky zapadajícími se plynule do karosérie. Rámečky jsou také doplněny již zmíněnými podsvícenými transparentní pásky, které dodávají robotu osobnost. V zadní části jsou čidla umístěna v rozích vnitřní části karosérie a vzhledem k malé velikosti čidel jsem je nijak neskrýval a nechal je volně vystupovat z karosérie. Podsvícený pásek, který se táhne přes celou zadní partii napomáhá odpoutat pozornost od IR čidel.



Obr. 45 Pohled na umístění zadních sensoru a LED pásek

Přední nárazník lze demontovat, je určen především pro testovací účely, doplňuje již tak agresivní výraz, ovšem původní design je navržen čistě bez předního nárazníku, který svou nutnou velikostí anulují čistě organicky tvarované linie.

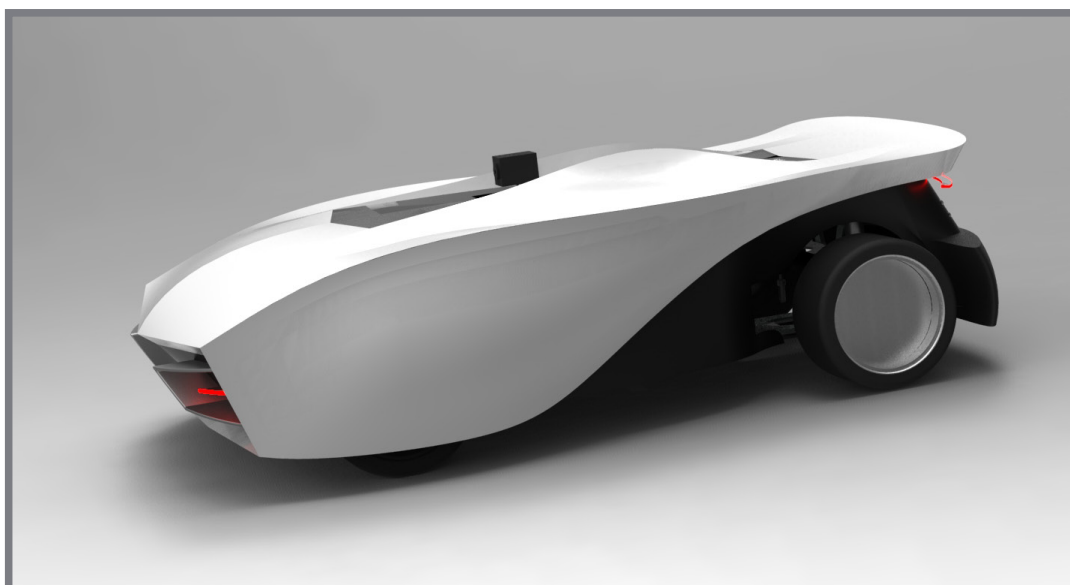


Obr. 46 Verze s připevněným nárazníkem a červenými LED diodami



## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

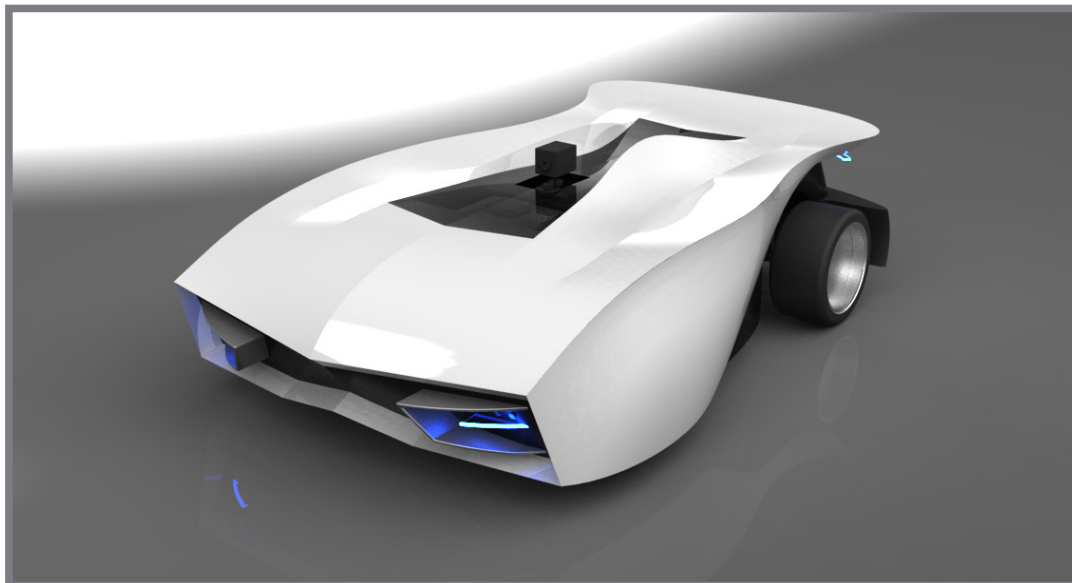
Použité materiály jsou poměrně dostupné, k výrobě karosérie jsem zvolil karbonová a skelné vlákna, protože jejich vlastnosti splňují požadovanou funkčnost. Další díly jako transparentní odklopný kryt, či podsvícené pásy jsou vyrobeny z lexanu (transparentní polykarbonát). Barevné rozvržení vzhledem k tomu, že se jedná o experimentální robot, je voleno čistě. Hlavní překryt je v bílé lesklé barvě, doplněn matným černým vnitřním krytem. Barva podsvícení již není tak zásadní, ale z navrhovaných variant se k tomuto designu jeví jako nejvhodnější modrá, červená a zelená, které kontrastují s liliově bílou barvou.



Obr. 47 Verze bez nárazníku s dravým červenými podsvícením



Obr. 48 Verze bez nárazníku s limetkovým podsvícením



Obr. 49 Verze bez nárazníku s chladně modrým podsvícením



Obr. 50 Jednotlivé fáze vývoje



## 8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

---

Vnitřní konstrukce a rozmístění jednotlivých komponent návrhu robota je z části podobná s RC (radio control) modely. Podvozek a některé z jeho součástí (např. kola, tlumiče) totiž původně pochází z RC modelu v měřítku 1:5. Konstrukci základní podvozkové platformy bylo nutné dále lehce upravit. Byly navrženy nové duralové konzoly upevnění tlumičů, které jsou doplněny o patky upevnění karoserie a nárazníků. Elektronické komponenty jsou připevněny na navrženou laminátovou desku, která je uchycena k základní platformě.

### 8.1 Technické informace

---

Délka podvozku: 794 mm

Šířka podvozku: 482 mm

Rozvor: 405mm

Rozchod: 496mm

Světlá výška podvozku: 35mm

Pohon: 4x stejnosměrný kartáčový elektromotor 24V/0.1kW - 0.4kW

Servo motor: 4x SSV 9960MG

Maximální úhel natočení kola: 30°

Maximální rychlost: 30km/h

Hmotnost: cca 15 kg

Hmotnost karoserie: 1500 - 2000g

Délka karoserie: 863 mm(včetně předního nárazníku 913 mm)

Šířka karoserie: 565 mm

Výška karoserie: 265 mm



## 9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU

### 9.1 Psychologická funkce

Agresivní organické tvarování doplněno moderními prvky, může vzbuzovat strach a nejistotu k čemu je vlastně Car4 určen a odkud pochází. Jeho futuristické agresivní tvarování by mohlo působit, že pochází z blízké budoucnosti či jiné planety, uklidnit obavy by však měla průhledná část karosérie, která dovolí každému nehlédnout do útrob Car4 a ujistit se, že se zde nacházejí známé komponenty. Také zvolená barevná kombinace by měla přesvědčit každého, že se nejedná o armádní projekt určený k likvidaci nepřátel, ale experimentálního testovacího robota. Podsvícení dodává charakter, díky čemuž působí Car4 výraznějším dojmem. Jeho tvar je velmi dobře rozlišitelný a činí Car4 dobře zapamatovatelný.

### 9.2 Ekonomická funkce

Vzhledem ke skutečnosti, že výsledkem mé práce měla být funkční karosérie prototypu robota Car4, která musela splňovat veškeré funkční požadavky na hmotnost, odolnost a vyrobiteľnosť, náklady na výrobu nebyly nejnižší. 3D tisk vzhledem k hmotnosti a vysokým nákladům (cca 20kč/cm<sup>3</sup>) nebyl možný a jedinou metodou splňující výše uvedené požadavky byla metoda výroby z kompozitních materiálů (výroba laminátové skořepiny v negativní formě). Při výrobě by muselo být použito pozitivní kopyto obrobene na trojosé fréze z polyuretanu. Po vybroušení a vytmelení karosářským tmelem, by se s použitím gelcoatu, epoxidové pryskyřice, a skelné tkaniny vytvořila negativní forma. Po jemném přebroušení, by se vytvořila s využitím karbonové tkaniny finální karosérie. Po vytmelení vad na karosérii, by následovalo lakování karosérie. Lakování zahrnuje plnicí tmel, barevný lak a transparentní lak. Nesmí se také zapomenout na části vyrobené z lexanu, doplňkové ambientní osvětlení využívající LED diody[14], duralové konzoly a výztuhy nárazníků, ty jsou navíc obaleny vrstvou pěnového materiálu, který se vsťikuje do formy. Také se musí brát zřetel na cenu pracovních hodin strojů, které by byly využity při výrobě karosérie jako laserový plotter, trojosá frézka a řezání vodním paprskem.

#### 9.2.1 Seznam položek spotřebovaných při výrobě robota Car4

Položka a cena	množství/čas	konečná cena
3D fréza 100 Kč/h	48 hodin	4800 Kč
laser 300 Kč/h(6kc/min)	1 hodina	100 Kč
řezání vodním paprskem		400 Kč
dural		150 Kč

polyuretan 20 Kč/dm <sup>3</sup>	300dm <sup>3</sup>	6000kč
tmel 210 Kč/kg	1kg	210 Kč
lexan 500 Kč/m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	250 Kč
pryskyřice L285 490 Kč / kg	9Kg	4410 Kč
tužidlo 286 700 Kč /kg	3,6Kg	2520Kč
gelcoat F200 + tuzidlo F250 610 Kč /kg	2,5Kg	1525 Kč
mikrobalony 400 Kč /kg	0,2Kg	80 Kč
sekané sklo 610 Kč /kg	0,5Kg	305 Kč
separacní vosk 324 Kč /kg	2,5Kg	810 Kč
separator PVA 1kg 240 Kč /kg	1Kg	240 Kč
technický líh 120 Kč /l	1l	120 Kč
aceton 34 Kč /l	2l	68 Kč
plastové misky 6 Kč /ks	10ks	60 Kč
štetce 14 Kč /ks	15ks	210 Kč
dřevěné míchátko 2 Kč /ks	20ks	40 Kč
rukavice jednorázové PE 4 Kč /pár	60ks	240 Kč
smirkový papír		300 Kč
vteřinové lepidlo 50ml 50Kč/ks	3ks	150 Kč
aktivátor 150ml		99 Kč

injekční stříkačky	10ks	20 Kč
jehly	10ks	20 Kč
EPP expandovaný polypropylen 30g/cm <sup>3</sup> blok	600x900x150mm	1500 Kč
48g/m <sup>2</sup> aeroglass 60kc/m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	150 Kč
280g aeroglass 50kc/m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	400 Kč
390g aeroglass kepr 64kc/m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	512 Kč
390g aeroglass platno 64kc/m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>	128 Kč
200g diolen 354kc/m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	1239 Kč
200g uhlíková tkanina 750kc/m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	3375 Kč
-----	-----	-----
	Celkem:	28731 Kč

### 9.3 Sociální funkce

Přínos mobilního robota Car4 je pro společnost bezesporu významný, umožňuje testování řídicích systémů, systémů kontroly trakce a algoritmů autonomního řízení. Tyto systémy aktivně ovlivňují ovladatelnost vozidel v kritických situacích a významně napomáhají snižovat nehodovost na silnicích. Vývoj Car4 je teprve na začátku, jeho autonomní systém chráníci jej před nárazem by mohl být využit v automobilovém průmyslu, například při detekci kolize a následnému kroku, který by kolizi předešel. Možnosti uplatnění Car4 jsou opravdu široké, značný přínos má pro studenty VUT, kteří se mohou zdokonalit v programování řídicích algoritmů robota a testovat chování bezpečnostních systémů v reálných podmínkách na zmenšeném modelu.



## ZÁVĚR

---

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout karosérii experimentálního mobilního robotu. Snažil jsem se navrhnout robota futuristického a originálního vzhledu, který bude splňovat veškeré funkční požadavky a zákonitosti. Čím hlouběji jsem se ovšem problematikou konstrukce zabýval, o to více se začaly objevovat nové komplikace. I přes různé překážky, které se během vývoje objevily, si myslím, že v konečné fázi projektu vznikla karosérie vcelku zajímavého tvaru a konstrukce, využívající dostupné technologické možnosti výroby. Velkým přínosem pro mě osobně byla možnost pracovat na reálném projektu a bez kompromisů brát zřetel na veškeré konstrukční a funkční požadavky. Dalším přínosem byla příležitost vyzkoušet si práci s touto technologií výroby, kterou jistě v budoucnu využiji. Myslím, že reálný přínos tohoto robotu, není zanedbatelný a v budoucnu by mohl pomoci k vyvinutí či zdokonalení automatických bezpečnostních a řídicích systémů.





---

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

---

- [1] SVOBODA, P. aj. *Základy konstruování*. Výběr z norem pro konstrukční cvičení. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 288 s. ISBN: 80-7204-214-9
- [2] RUBÍNOVÁ, D. *Ergonomie*. 1. vydání. CERM, s.r.o., 2006. 62 s. ISBN: 80-214-3313-2
- [3] CHIJIWA, H. *Color Harmony: A Guide to Creative Color Combinations*, Rockport Publishers, 1987 160 s., ISBN 0-935603-06-9.
- [4] Wikipedia.org [online]. 01.03.2011 [cit. 2011-03-06]. Robotics. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>>
- [5] Wikipedia.org [online]. 29. 3. 2011 [cit. 2011-05-16]. Robot. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Robot#Stacion.C3.A1rn.C3.AD\\_roboty](http://cs.wikipedia.org/wiki/Robot#Stacion.C3.A1rn.C3.AD_roboty)>.
- [6] robot2.vsb.cz [online]. Rok neznámý [cit. 2011-05-16]. Krácející roboty s umělými svaly. Dostupné z WWW: <[http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni\\_roboty/interest13122111.htm](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/interest13122111.htm)>.
- [7] Wikibooks.org [online]. 09.14.2010 [cit. 2011-03-05]. Robotics/Types of Robots/Wheeled. Dostupné z WWW: <[http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types\\_of\\_Robots/Wheeled](http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled)>
- [8] Darpa [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. TTO. Dostupné z WWW: <<http://www.darpa.mil>>
- [9] Wikipedia.org [online]. 30.1.2011 [cit. 2011-05-20]. Talon sword. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Foster-Miller\\_TALON](http://en.wikipedia.org/wiki/Foster-Miller_TALON)>.
- [10] MOMO design [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Mainsite. Dostupné z WWW: <<http://www.momodesign.com/MainSite/MD/it>>.
- [11] Pininfarina [online]. 20.5.2011 [cit. 2011-05-20]. StoriaModelli. Dostupné z WWW: <<http://www.pininfarina.com/index.html>>..
- [12] Popularmechnics [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Technology. Dostupné z WWW: <<http://www.popularmechnics.com/technology/gadgets/news/4275094>>.
- [13] Military [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. F117. Dostupné z WWW: <[http://www.military.cz/usa/air/in\\_service/aircraft/f117/f117.htm](http://www.military.cz/usa/air/in_service/aircraft/f117/f117.htm)>.

- [14] Wikipedia.org [online]. 2011 [cit. 2011-05-22]. LED. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>>
- [15] Army-technology.com [online]. rok neznámy [cit. 2011-03-06]. TechnoRobot. Dostupné z WWW: <[http://www.army-technology.com/contractors/unmanned\\_vehicles/technorobot/technorobot4.html](http://www.army-technology.com/contractors/unmanned_vehicles/technorobot/technorobot4.html)>

**SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ**

- Obr. 1 URL:<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Robotika#Pr.C5.AFmyslov.C3.A1\\_robota](http://cs.wikipedia.org/wiki/Robotika#Pr.C5.AFmyslov.C3.A1_robota)> [cit. 2011-03-03] 17
- Obr. 2 URL:<<http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2006022101-robotika-i>> [cit.2011-03-03] 18
- Obr. 3 URL:<<http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2006022101-robotika-i>> [cit.2011-03-03]. 18
- Obr. 4 URL:<<http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2006022101-robotika-i>> [cit.2011-03-03] 19
- Obr. 5 URL:<<http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2006022101-robotika-i>> [cit.2011-03-03] 19
- Obr. 6 URL:<<http://support.dce.felk.cvut.cz/lab26/index.php?page=photogallery&dir=./photogallery/images/ModelsAndReality/Pendulum/>> [cit.2011-03-06] 19
- Obr. 7 URL:<<http://technabob.com/blog/2008/04/25/the-uno-motorcyle-meets-segway/>> [cit. 2011-03-06] 19
- Obr. 8 URL:<[http://wreckord.net/edwin/projects/cu/puma\\_560/puma\\_560valii\\_1.jpg](http://wreckord.net/edwin/projects/cu/puma_560/puma_560valii_1.jpg)> [cit. 2011-05-16] 21
- Obr. 9 URL:<[http://wreckord.net/edwin/projects/cu/puma\\_560/puma\\_560valii\\_1.jpg](http://wreckord.net/edwin/projects/cu/puma_560/puma_560valii_1.jpg)> [cit. 2011-05-16] 23
- Obr. 10 URL:<<http://www.hondauk-media.co.uk/uploads/visualmedia/22647e79b8f5208b76d9d0a911018eafcbd9ee27/ASIMO-84.jpg>> [cit. 2011-05-16] 23
- Obr. 11 URL: <<http://www.msl.ri.cmu.edu/projects/ballbot/>> [cit. 2011-05-16] 24
- Obr. 12 URL:<<http://www.telovation.com/articles/balancing-robot.html>> [cit. 2011-05-16] 24
- Obr. 13 URL:<[http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types\\_of\\_Robots/Wheeled](http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled)> [cit. 2011-05-16] 25
- Obr. 14 URL: <<http://www.kornylak.com/news/2006/omniwheel.html>> [cit. 2011-05-16] 25
- Obr. 15 URL: <<http://www.life.com/image/88452903>> [cit. 2011-05-16] 25

Obr. 16	URL:< <a href="http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-software/ces_virtual_presence_is_the_na">http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-software/ces_virtual_presence_is_the_na</a> > [cit. 2011-05-16]	25
Obr. 17	URL:< <a href="http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled">http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled</a> >[cit. 2011-05-16]	26
Obr. 18	URL:< <a href="http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled">http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled</a> >[cit. 2011-05-16]	26
Obr. 19	URL:< <a href="http://www.wheelchairdriver.com/off-road-powerchair-2.htm">http://www.wheelchairdriver.com/off-road-powerchair-2.htm</a> >	27
Obr. 20	URL:< <a href="http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled">http://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Types_of_Robots/Wheeled</a> >[cit. 2011-05-16]	27
Obr. 21	URL:< <a href="http://www.army-technology.com/contractors/unmanned_vehicles/technorobot/technorobot4.html">http://www.army-technology.com/contractors/unmanned_vehicles/technorobot/technorobot4.html</a> > [cit. 2011-05-16]	27
Obr. 22	URL:< <a href="http://www.qinetiq.com/home/newsroom/news_releases_home_page/2007/3rd_quarter/swords_at_dsei.html">http://www.qinetiq.com/home/newsroom/news_releases_home_page/2007/3rd_quarter/swords_at_dsei.html</a> > [cit. 2011-05-19]	29
Obr. 23	URL: < <a href="http://www.lawngrassjournal.com/">http://www.lawngrassjournal.com/</a> > [cit. 2011-05-19]	30
Obr. 24	URL: < <a href="http://www.elektromaryska.cz/files/samsung-sr8855.jpg">http://www.elektromaryska.cz/files/samsung-sr8855.jpg</a> > [cit. 2011-05-19]	30
Obr. 25	< <a href="http://cdn.wn.com/pd/a7/8f/815e0f7b1ba40b8d19e0f3136be1_grande.jpg">http://cdn.wn.com/pd/a7/8f/815e0f7b1ba40b8d19e0f3136be1_grande.jpg</a> > [cit. 2011-05-19]	30
Obr. 26	URL: < <a href="http://www.dobryfilm.cz/ja-robot-i-robot-132">http://www.dobryfilm.cz/ja-robot-i-robot-132</a> >[cit. 2011-05-19]	31
Obr. 27	Skici (autor)	33
Obr. 28	Varianta 1 s barevným pruhem (autor)	34
Obr. 29	Varianta 1 s transparentní střední částí (autor)	34
Obr. 30	Varianta 2 (autor)	35
Obr. 31	Varianta 2 (autor)	35
Obr. 32	Varianta 3 (autor)	36
Obr. 33	Varianta 3 (autor)	36
Obr. 34	Odklopený transparentní kryt lze úplně demontovat (autor)	37
Obr. 35	Podvozková platforma experimentálního mobilního robotu (autor)	39

---

Obr. 36	Podvozková platforma s laminatovou deskou, nárazníky, kamerou a pouzdry (autor)	40
Obr. 37	Podvozková platforma pohled shora (autor)	41
Obr. 38	Rozložená karosérie (autor)	41
Obr. 39	Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie (autor)	42
Obr. 40	Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie z boku (autor)	42
Obr. 41	Pohled na rozložení komponentů uvnitř karosérie shora (autor)	43
Obr. 42	URL:< <a href="http://www.mermaid-liveboards.com/images/PJ/MMI0907/DSC04458%20-%20Mantas4.jpg">http://www.mermaid-liveboards.com/images/PJ/MMI0907/DSC04458%20-%20Mantas4.jpg</a> > [cit. 2011-05-19]	43
Obr. 44	Pohled na zadní partie robotu (autor)	44
Obr. 43	Finální návrh Car4 pohled zepředu (autor)	44
Obr. 45	Pohled na umístění zadních sensoru a LED pásek (autor)	45
Obr. 46	Verze s připevněným nárazníkem a červenými LED diodami (autor)	45
Obr. 47	Verze bez nárazníku s dravým červenými podsvícením (autor)	47
Obr. 48	Verze bez nárazníku s limetkovým podsvícením (autor)	47
Obr. 49	Verze bez nárazníku s chladně modrým podsvícením (autor)	48
Obr. 50	Poster A1(841x594 mm) (autor)	64



## SEZNAM PŘÍLOH

---

zmenšené postery (A4)  
fotografie modelu (A4)  
postery A1  
model

# Design experimentálního mobilního robota

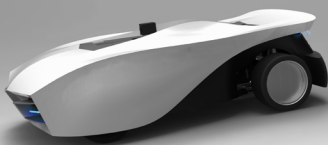
## Jan Blatoň



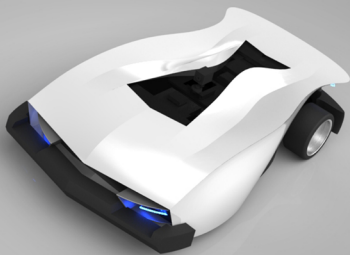
ústav  
konstruování



Pohled na zadní partii robota



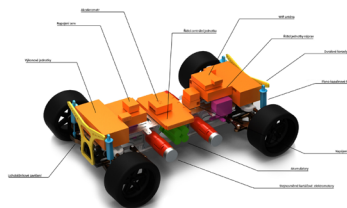
Pohled na boční linii



Verze s přípevněným nárazníkem

Dnešní doba je plná shonu a stresu, který na nás často vyvíjí vysoký nátlak. Tento nátlak nás často nutí jednat iracionálně a bez rozmyslu, dostáváme se tak mnohdy do nezáviděníhodných situací. V nezáviděníhodných dopravních situacích nám pomáhají nejrůznější bezpečnostní systémy jako kontrola trakce, protiblokovací systém, elektronický stabilizační program.

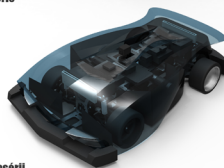
Mou bakalářskou prací je návrh čtyř kolového experimentálního robota, určeného pro vývoj řídicích systémů, systémů kontroly trakce a algoritmů autonomního řízení. Robota je navržen s agresivní elegancí. Eleganci tvoří organicky a dynamicky tvarované linie procházející přes celou karosérii. Inspiraci pro výsledný tvar jsem hledal pod hladinou oceánů, má volba padla parybů manta nebohů rejnok. Sensory autonomního řízení jsou umístěny v nasávacích otvorech v přední části a rozích zadní části karosérie maskované podsvícenými lexanovými páskami. Jelikož robot není v přímém kontaktu s člověkem, jeho jedinou ergonomicky řešenou částí je odklopný transparentní kryt, který po odklopení umožní operátorovi přístup ke všem důležitým tlačítkům a napojení k PC.



Rozvržení elektronických komponentů

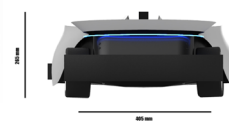
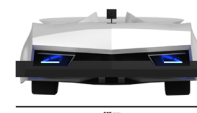
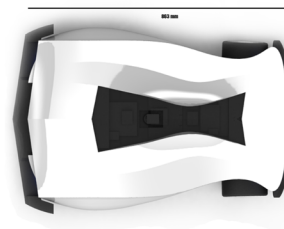
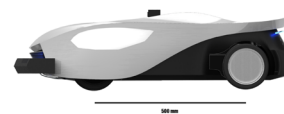


Rozložená karosérie



Pohled skrze karosérii

Základní ohledy a rozměry:



Jan Blatoň, vedoucí b.p.: Ing. Pavel Coupek  
Datum SSZ: 14. 6. 2011 Akce rok: 2010/2011  
Škola: Vysoké učení technické v Brně,  
Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování,  
odbor Průmyslový design