

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Ústav umění a designu**

**Bakalářská práce**

**DESIGNOVÁ STUDIE SILNIČNÍHO MOTOCYKLU  
S ELEKTRICKÝM POHONEM**

**Pavel Trajer**

**Plzeň 2012**

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Ústav umění a designu**

**Oddělení designu**

Studijní program: Design

Studijní obor: Design – Průmyslový design

**Bakalářská práce**

**DESIGNOVÁ STUDIE SILNIČNÍHO MOTOCYKLU  
S ELEKTRICKÝM POHONEM**

**Pavel Trajer**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.  
Katedra konstruování strojů  
Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni

Umělecký konzultant: Doc. akad. soch. František Pelikán  
Oddělení designu  
Ústav umění a designu Západočeské univerzity v Plzni

**Plzeň 2012**

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2012

.....

podpis autora

Tímto bych rád poděkoval Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D za cenné rady v oblasti návrhu konstruování motocyklů a implementace elektromotorů.

Neméně velké poděkování patří taktéž Doc. akad. soch. Františku Pelikánovi, jenž kontroloval estetickou a funkční úroveň práce a krom toho mne usměrňoval jako můj vyučující již od počátku studia designu na Západočeské univerzitě.

Rád bych vyjádřil vděk svým rodičům, kteří spatřují perspektivu v mém vzdělávání a aktivně mě při něm podporují.

# OBSAH

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Cíl bakalářské práce.....	2
1.2 Členění práce.....	2
<b>2. SOUČASNÁ ŘEŠENÍ MOTOCYKLŮ A ELEKTROMOTOCYKLŮ</b> .....	<b>4</b>
2.1 Konstrukce motocyklu.....	4
2.2 Jízdní vlastnosti.....	8
2.3 Kategorie motocyklů.....	10
2.4 Design elektromotorek, trendy.....	13
2.5 Průzkum názorů veřejnosti.....	15
<b>3 VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b> .....	<b>18</b>
3.1 Výběr typu motocyklu.....	18
3.2 Varianta rámu A.....	19
3.3 Varianta rámu B.....	19
3.4 Výsledné řešení.....	21
3.5 Umístění baterií.....	21
3.6 Motor a přenos točivého momentu.....	22
<b>4 DESIGN</b> .....	<b>23</b>
4.1 Ergonomie.....	24
4.2 Materiály.....	25
<b>5 TECHNICKÉ VLASTNOSTI, SPECIFIKACE</b> .....	<b>26</b>
5.1 Rozměry, jízdní vlastnosti.....	26
5.2 Baterie.....	27
5.3 Elektromotor.....	29
5.3 Chlazení.....	30
5.4 Výkon motocyklu a dojezdová vzdálenost.....	31
<b>6 Závěr</b> .....	<b>37</b>
<b>RESUMÉ</b> .....	<b>38</b>

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>39</b>
KNIŽNÍ ZDROJE.....	39
ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	39
POUŽITÝ SOFTWARE.....	40
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>41</b>
Příloha 1.a: Současné elektromotorky.....	42
Příloha 1.b: Současné elektromotorky.....	43
Příloha 1.c: Současné elektromotorky.....	44
Příloha 1.d: Současné elektromotorky.....	45
Příloha 1.e: Současné elektromotorky.....	46
Příloha 1.f: Současné elektromotorky.....	47
Příloha 1.g: Současné elektromotorky.....	49
Příloha 1.h: Současné elektromotorky.....	51

# 1 ÚVOD

Naše planeta je naším nejcennějším a se Sluncem de facto jediným zdrojem energie. Energie je nedílným základem a součástí všech oborů lidské činnosti – od výroby přes dopravu po nejběžnější osobní potřeby lidí. Všechny produkty lidské výroby v sobě obsahují energii investovanou do jejich vzniku, ať už pochází odkudkoliv, a žádají další energii pro svou činnost. A právě původ energie a dopad na životní prostředí při jejím využívání je velké téma dnešní společnosti, která si začíná uvědomovat neblahé následky své činnosti na životní prostředí, jehož je sama součástí.

Je to právě doprava, která se největší měrou podílí na znečištění ovzduší (v ČR 49 %) <sup>1</sup>, s nímž souvisí i vyčerpávání neobnovitelných zdrojů energie, přeměněných nejčastěji do ropných produktů. Není proto překvapením, že vlády tlačí výrobce k minimalizaci emisí, následovány zákazníky vyžadujícími co nejnižší spotřebu. Vývoj tak postupuje mílovými kroky a automobilky se rády chlubí svými novými „zelenými“ vozy, v nichž nahrazují benzin či naftu alternativními palivy – částečně a nebo úplně.

Trh s automobily na alternativní pohon, zvláště pak elektrický pohon, je zatím malý (nejvíce se využívá CNG a LPG, dále hybridního pohonu a nakonec čistě elektrického) – neboť například masivnějšímu rozmachu elektromobilů v současnosti brání především malá dojezdnost vozidel, drahé baterie či nevyřešená infrastruktura nabíjecích stanic –, ovšem lze mu do budoucna predikovat velký růst <sup>2</sup>.

---

1 V ČR podílu na znečišťování ovzduší vévodí doprava a domácnosti. *Ministerstvo životního prostředí* [online].

16. 3. 2012 [cit. 6. dubna 2012]. Dostupný na WWW: <[http://www.mzp.cz/cz/news\\_120316\\_MSK](http://www.mzp.cz/cz/news_120316_MSK)>.

2 Za 30 let bude polovina aut alternativních. O pohonu rozhodne zákazník. *Lidovky.cz* [online]. 19. 3. 2012 [cit. 8. dubna 2012]. Dostupný na WWW: <[http://byznys.lidovky.cz/o-alternativnich-autech-rozhodne-zakaznik-fjy-/revoluce-v-doprave.asp?c=A120319\\_115049\\_revoluce-v-doprave\\_apa](http://byznys.lidovky.cz/o-alternativnich-autech-rozhodne-zakaznik-fjy-/revoluce-v-doprave.asp?c=A120319_115049_revoluce-v-doprave_apa)>.

Již nyní však lze zaznamenat reálné prodejní úspěchy na poli elektromotorek a elektroskútrů určených do měst, jejichž pořizovací cena nebývá o moc větší než cena srovnatelné benzinové obdoby a jejichž dojezdová vzdálenost plně vyhovuje potřebám města.<sup>3</sup>

Elektromotocykl se jeví jako ideální prostředek do města a okolo města, kdy okolí ocení jeho nulovou ekologickou zátěž a nízký hluk a majitel peněžní úsporu při provozu.

## **1.1 Cíl bakalářské práce**

Ve své bakalářské práci se pokusím navrhnout elektromotocykl vyšší rychlostní a dojezdové kategorie nežli skútr. Bude se jednat o silniční motocykl určený k pohybu nejen po městě, ale též v rozumném rádiu kolem něj.

Předmětem návrhu bude rám motocyklu (nosná část), kapotáž a další komponenty, které se pokusím spolu sladit v kvalitní esteticky zajímavý design.

Kompromisem mezi hmotností a kapacitou baterií navrhnu motocykl s optimálním výkonem a dojezdovou vzdáleností, jež bude mít ambice zaujmout kromě nových i současné majitele motocyklů a skútrů, z nichž někteří jsou s to uvažovat o pořízení zajímavé alternativy (viz průzkum).

## **1.2 Členění práce**

V první části práce rozeberu současný stav na poli elektromotorek, případně motorek, a to od vnitřní konstrukce po vzhled. V průzkumu veřejnosti zhodnotím povědomí motorkářů i nemotorkářů o dění v „elektrooboru“, jejichž názor mi pomůže diferencovat typ a zaměření navrhovaného motocyklu.

---

3 Strážníci v Táboře dostali nový elektroskútr. *Hybrid.cz* [online]. 18. 2. 2011 [cit. 8. dubna 2012]. Dostupný na WWW: <http://www.hybrid.cz/straznici-v-tabore-dostali-novy-elektroskutr>.



Ve druhé části využiji vědomosti získané v první části práce k praktickému návrhu motocyklu. Z několika konstrukčních a designových variant vyberu tu nejpříhodnější.

Ve třetí části se budu věnovat rozboru designového řešení, ergonomii a vzhledu.

V poslední části práce zhodnotím navržené řešení z hlediska technického a užitného.

## 2. SOUČASNÁ ŘEŠENÍ MOTOCYKLŮ A ELEKTROMOTOCYKLŮ

### 2.1 Konstrukce motocyklu

Typická konstrukce benzinového motocyklu vypadá následovně: Základním nosným prvkem je rám, na němž je fixován motor, převodovka, chladič. Jezdec sedí na sedadle a mezi (nad) kolena svírá palivovou nádrž. V horní přední části rámu, v tzv. hlavě řízení, je čep pro uchycení otočné vidlice předního kola s řídítky; vzadu většinou dva čepy pro uchycení kyvné vidlice zadního kola.

Motocykl může být pro estetiku a aerodynamiku kryt kapotou.

Motocykl obsahuje prvky tlumící nárazy a vibrace, tlumiče. Neodpružené části motocyklu nazýváme neodpružená hmota a odpružené analogicky jako odpružená hmota motocyklu. Při odpružení je cílem minimalizovat hmotnost neodpružených částí motocyklu, tzn. odpružení realizovat co nejbližší kolům. Tlumiče se většinou nacházejí na přední visuté vidlici a zadní kyvné vidlici, případně pod zadním sedadlem.

Elektromotocykly (kromě palivové nádrže) většinou nemají spojku a převodovku, neboť elektromotor svou konstrukcí dokáže poskytovat dostatečný krouticí moment v celém spektru otáček (tedy i při nízkých rozjezdových otáčkách). Tento prostor je využit pro umístění baterií (viz designová řešení).

### 2.1.1 Rám

Dle Vlka<sup>4</sup> dělíme rámy na trubkové, lisované, lité a kombinované (kombinace předchozích technologií). Rámy se skládají z hlavních (někdy profilovaných) trubek a plechových výztuh, umístěných u namáhaných částí rámu, spojených svařováním.

Typ konstrukce:

- uzavřené rámy (samonosný rám)
- otevřené rámy (nosným prvkem je též motor).

Další dělení:

- jednoduché (z hlavy řízení vycházejí jednoduché trubky)
- rozdvojené (trubky jsou v některých místech rozdvojeny)
- dvojité (obsahuje dvě základní trubky paralelně v horní i dolní části rámu)

Hlavní typy rámu:

- jednotrubkové
- lisované
- odlévané
- mostové
- kolébkové
- dvoutrubkové
- mřížové
- páteřové

---

4 VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 447-448. Str. 412.

## 2.1.2 Zavěšení předního kola a odpružení

Uvedme dnes nejrozšířenější typy zavěšení<sup>5</sup>:

- Teleskopická vidlice s kluzáky uchycenými na předním kole  
Kluzáky v sobě obsahují tlumicí pružinu a k zachování komfortu jízdy ještě tlumicí olej pro tlumení prudce reagujících vinutých pružin. Olej též zamezuje propružení nadoraz.
- Teleskopická vidlice „upside down“  
Obrácené provedení teleskopické vidlice (kluzáky uchyceny na hlavě řízení)
- Pružinová vidlice s centrální tlumicí a pružící pružinou  
Takzvaná Springer vidlice, nejčastěji užívaná u chopperů (např. Harley-Davidson's Softail Springer), sestává ze dvou vidlic, zadní nosné (spojené s hlavou řízení) a přední pružící. Odpružení není realizováno uvnitř vidlice, ale externě pomocí pákového přenosu rázů kola přes pružící vidlici nad kolo na pružiny (pružinu) fixované u hlavy řízení. Kolo, nosná a pružící vidlice jsou spojeny tříramenným otočným můstkem.<sup>6</sup>
- Páková vidlice (BMW) a vidlice s otočným čepem (podobně jako u automobilů)

---

5 VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 445.

6 Motorcycle fork. Wikipedie [online]. 14. 3. 2012. Dostupný v anglickém jazyce na WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle\\_fork](http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_fork)>.

### 2.1.3 Zavěšení zadního kola a odpružení

- Konvenční dvouramenná vidlice  
„Vidlice sestává ze dvou ramen, která jsou odpružena šikmo uchycenými tlumiči uchycenými vzadu na bocích rámu.“<sup>7</sup>
- Konzolová vidlice  
Dvouramenná vidlice obsahuje spojnicí ramen (často konzolovou), na níž je připojena jediná centrální tlumící pružina. Výhodou jediné pružiny je zajištění rovnoměrného propružení obou ramen, nevýhodou pak větší prostorové nároky.  
Variantou je též tlumení tažné pružiny umístěné pod motorem.
- Vidlice s pákovým mechanismem a centrální pružící a tlumící jednotkou
- Jednoramenná vidlice (pouze na jedné straně motocyklu, kolo uchyceno jako u automobilu)

### 2.1.4 Převod točivého momentu na hnací kolo

- Řetězem  
Pastorek na výstupní hřídeli převodovky (motoru) řetězem pohání poháněné řetězové kolo (rozetu) zadního kola, poměr počtu zubů kol udává převodový poměr  
Řetěz je umístěn blízko čepů kyvné vidlice, aby docházelo k co nejmenšímu natahování řetězu při pružení zadního kola
- Ozubeným řemenem (namísto řetězu)
- Kardanovým převodem  
Točivý moment hřídele uvnitř jedné strany kyvné vidlice je převeden na kolo kuželovým soukolím

---

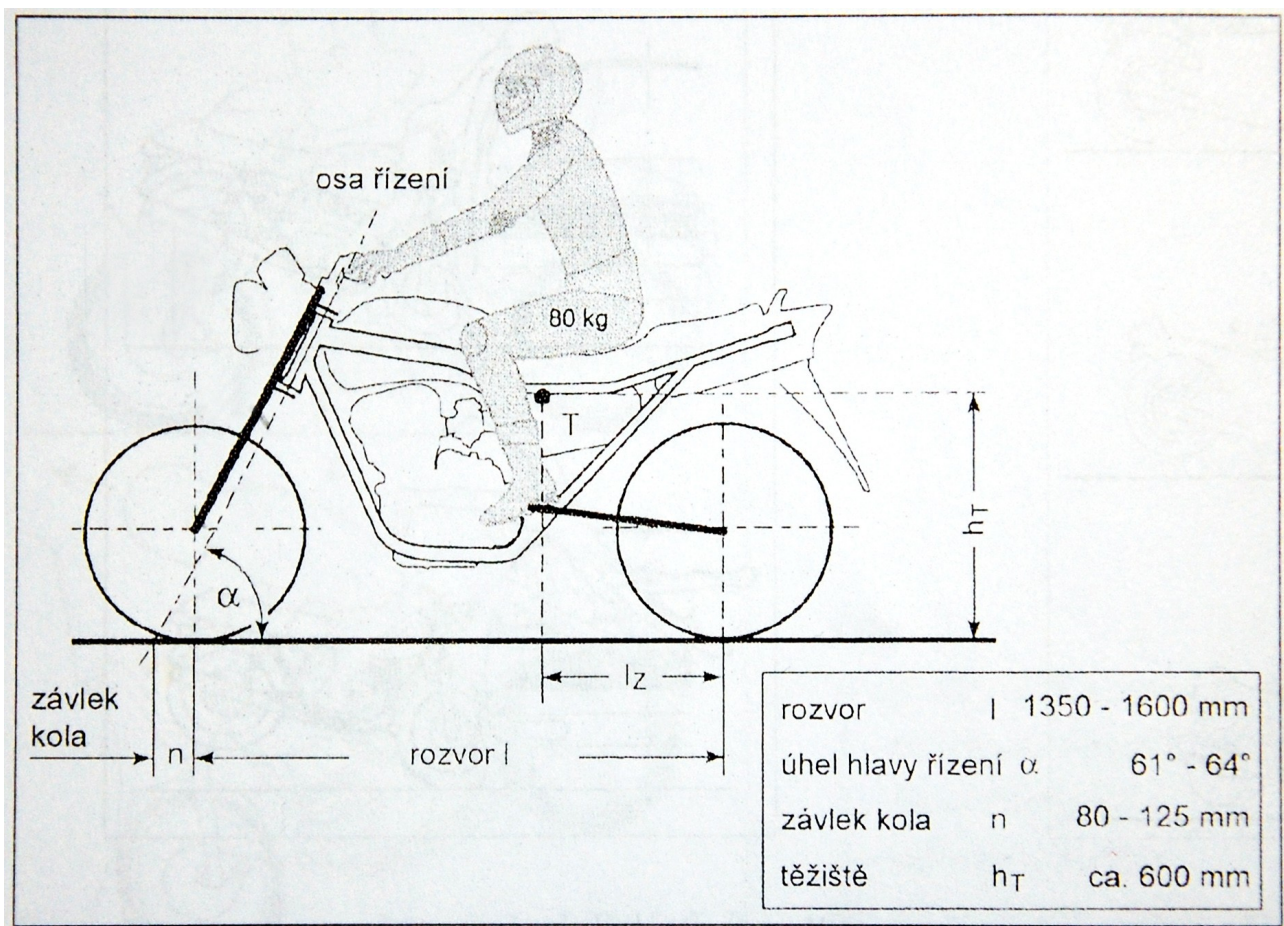
<sup>7</sup> VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 458.

## 2.2 Jízdní vlastnosti

### 2.2.1 Geometrie motocyklu

Jízdní vlastnosti (ovladatelnost, stabilita) jsou dány zejména těmito parametry<sup>8</sup>:

- úhel sklonu přední vidlice (osy řízení)
- závlek předního kola
- rozvor kol
- poloha těžiště



(obr 2.1) Rozměry motocyklu<sup>9</sup>

8 VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 8-10.

9 Tamtéž. Str. 8.

### ***Úhel sklonu přední vidlice***

Definujme úhel sklonu přední vidlice jako úhel mezi osou otáčení hlavy řídítek a svislou osou kola. Tento nabývá průměrně hodnot  $26^\circ$  až  $29^\circ$ . Větší úhel sklonu vidlice (kolo je více předsunuté dopředu) poskytne lepší stabilitu při přímé jízdě vysokou rychlostí a naopak ztěžuje manipulaci při ostřejším zatáčení.

### ***Závlek předního kola***

Aby nedocházelo při jízdě rovně k samovolnému natáčení předního kola, je osa otáčení kola v podstatě předsunuta před kolo. To má za následek, že kolo je taženo a v případě zatáčení motocyklu má tendenci se vracet zpět do vodorovné polohy.

Závleku je docíleno natočením osy otáčení (většinou rovnoběžně s vidlicí) a případně posunem kola směr vpřed nebo vzad. Jak ukazuje obrázek (), je průmět osy otáčení na vozovku de facto místem otáčení celého kola a místem, odkud je kolo (s těžištěm nad bodem dotyku kola) taženo.

Záporný závlek by znamenal, že by bylo kolo tlačeno před motocyklem – mělo by tedy tendenci samo zatáčet a řidič by místo vyvinutí síly pro zatáčení musel vyvíjet sílu pro držení rovného směru.

### ***Rozvor kol***

Větší rozvor kol zhoršuje ovladatelnost motocyklu a ztěžuje prudké zatáčení. Naopak zlepšuje jízdní vlastnosti ve vysokých rychlostech.

Pro představu uveďme rozvor supersportů Honda CBR1000RR Fireblade (1407 mm) a chopperu Honda VT1300CX (1805 mm).

### ***Poloha těžiště***

Poloha těžiště je dána návrhem motocyklu (rozložením hmotnosti hmot) a též postojem jezdce (rozložení váhy jezdce – záklon/předklon, polohy nohou atp.). Posunutí těžiště co nejnižší zlepšuje stabilitu stroje hlavně při nízkých rychlostech. Odlehčení předního kola pak vede k lepší ovladatelnosti, opět za nízkých rychlostí.

## 2.2.2 Hnací síla

„Pohon každého vozidla, tedy i motocyklu, musí překonat jízdní odpory. Jízdní odpory jsou síly, které působí proti pohybu vozidla...“<sup>10</sup>

Mezi jízdní odpory patří:

- Odpor valivý  
Vzniká deformací pneumatiky při styku s vozovkou.
- Odpor vzdušný  
Vzniká při obtékání jezdce vzduchem.
- Odpor stoupání  
Záporná či kladná síla při stoupání či klesání vozovky.
- Odpor zrychlení posuvných částí motocyklu  
Setrvačná síla ve směru jízdy motocyklu (udržuje motocykl v rovnoměrném pohybu).

## 2.3 Kategorie motocyklů

Rozdělení motocyklů dle Vlka<sup>11</sup> si dovolím záměrně rozšířit o typy „café racer“ (viz kapitola 4.1. Mé řešení.) a „cruiser“. Vybrané kategorie budou níže popsány.

- moped, motokolo
- skútr
- cestovní motocykl
- cruiser
- chopper
- naked bike (naháč)
- café racer
- enduro
- silniční závodní (sportovní) motocykl
- terénní motocykly, terénní sportovní motocykly

---

<sup>10</sup> VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 19.

<sup>11</sup> Tamtéž. Str. 3-5.



- motokrosová motocykly, trial motocykly
- super bike
- fun bike (funbike)
- speciální motocykly

## **Cestovní motocykl**

Jedná se o velký motocykl s velkou nádrží, často s kapotáží, chránící posádku proti větru, a nabízející velký jízdní komfort, neboť jeho určením jsou dlouhé vzdálenosti. Některé mohou mít postranní vozík – pak se jedná o sajdkáry.<sup>12</sup>

## **Cruiser**

„Mohutný motocykl ve stylu amerických strojů ze 30. - 50. let 20. století. Typicky je vybaven příčně uloženým vidlicovým dvouválcem se vzduchovým chlazením (výrazné žebrování) o zdvihovém objemu od 1 000 cm<sup>3</sup> výše. Ctí tradici koncepce motocyklu se shodnými rozměry předního a zadního kola, designově se od vzhledu původních motocyklů příliš neodlišuje. V současnosti mají tyto motocykly spoustu chromovaných součástí, motory laděné do nízkých otáček a jsou ve většině uzpůsobeny pro pohodlné a stylové cestování na dlouhé trasy ve dvou.“<sup>13</sup>

## **Chopper**

Chopper je motocykl zaměřený spíše na stylovost (vzhled) než jízdní vlastnosti. Velký rozvor daný extrémním položením přední vidlice však poskytuje výbornou stabilitu při jízdě ve vysokých rychlostech a o to horší manipulovatelnost při rychlostech nižších. Jezdec sedí více vzadu než na silničním motocyklu a nohy má naopak vpředu, většinou zešíroka roztažené. Motorka bývá opatřena různými ozdobami, ke kterým se váže i oblečení jezdce.

---

12 *Motocykl*. Wikipedie [online]. 30. 3. 2012. Dostupný na WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Motocykl>>.

13 Tamtéž.

## **Naked bike (naháč)**

Motocykl bez nebo s minimem kapotáže.

## **Café racer**

Dvořáček<sup>14</sup> popisuje café racer jako evropský protipól zámořských chopperů. Vyznačují se sportovním posedem jezdce, který by měl být oblečený, „...jako byste si vyjeli do kavárny, ne na dobytí Marsu...“, a jednoduchou přehlednou konstrukcí, taktéž s důrazem na eleganci či minimalismus (žádné přebytečné prvky, např. výrazné kapotování). U café racerů nenalezneme šikmo položenou přední vidlici, neboť jejich zaměřením je především vysoká manipulovatelnost.

Jak vidno, kategorie cruiser, chopper a café racer jsou si velice blízké. Café racer s chopperem spojuje zaměření pro výhradně jediného jezdce (cruiser má místo spolujezdce), chopper a cruiser se hodí spíše na delší (v prvním případě rovinaté) trasy a café racer na hbité kratší přesunování z místa na místo. Všechny stroje mají společný důraz na estetiku a stylovost, jež jde v ruku v ruce s osobností jezdce.

Zajímavé srovnání nabízí pohled na design zádi motorek: Chopper se snaží se sedadlem a blatníkem jít co nejvýše a dozadu, cruiser mívá často splývavý nenápadný blatník, jež obaluje celé kolo, zatímco zadní kolo café raceru dalece přesahuje jeho malé zadní sedadlo.

---

14 DVOŘÁČEK, Jakub. *Café racer*. Motocykl online [online]. 6. 3. 2009. Dostupný na WWW: <[http://www.motocykl-online.cz/clanky/CAFE\\_RACER](http://www.motocykl-online.cz/clanky/CAFE_RACER) >.

## **2.4 Design elektromotorek, trendy**

### **2.4.1 Vnější tvar**

V tvarovém pojetí elektromotorek lze nalézt dva trendy. První se snaží překvapit, šokovat, zaujmout, být efektní. Často se jedná o koncepty. Ty v sobě samo sebou často obsahují touhu odlišit se od konvenčních motorek a ukázat: „Jsem jiná, jezdím na elektřinu.“ (obr. 2.4.12) Někdy tomu může být snad až na škodu (obr. 2.4.6) nebo design může vypadat z přehršle touhy až příliš překomplikovaně (obr. 2.4.15). V podobě konceptů lze samozřejmě tolerovat okázalost fantazie designérů, jejíž uplatnění je mnohdy opravdu zajímavé.

Druhým tvarovým trendem, typicky u modelů určených k výrobě, je tvarová čistota a elegance (obr. 2.4.16), střídmost – na druhou stranu, žádná z motorek se nesnaží o to, aby popírala svůj pravý pohon – elektromotor (třebaže to u obr. 2.4.3 může být vidět až na druhý pohled).

Většina motorek působí, kostrbatě řečeno, „hranatějším“ dojmem vycházejícím z tvaru baterií, ačkoliv lze nalézt pokusy o organické tvary. Aplikace organických tvarů však není jednoduchá (v mnoha případech motocyklům nesluší) a vyžaduje velkou pozornost designéra.

### **2.4.2 Umístění baterií, technické řešení**

Z rešerší lze vyčíst čtyři způsoby uchycení baterií:

- Baterie zavěšené pod nosným rámem
- Baterie položené dovnitř dutého rámu (obr. 2.4.4)
- Baterie zavěšené mezi dva paralelní nosníky (obr. 2.4.7)
- Nosné baterie (obal baterií) (obr. 2.4.14)

Na některých obrázcích si dále můžeme všimnout velkých rozet zadních kol (pro realizaci převodového poměru mezi pastorkem a řetězovým kolem zadního kola, viz obr. 2.4.7, 2.4.10) a pohon pastorek co nejbližší kyvné ose zadní vidlice.

Zajímavým konceptem je Voltra (obr 2.4.14), kde motor leží v pouzdře zadní vidlice – při kývání je tedy osa řetězu přímo v ose kyvu.

### **2.4.3 Rozměry motocyklů**

Pro představu uveďme výšku sedadel supersportů Honda CBR1000RR Fireblade (820 mm) a chopperu Honda VT1300CX (678 mm).

## 2.5 Průzkum názorů veřejnosti

Průzkum, provedený mezi motorkáři i nemotorkáři, si kladl za cíl objasnit názory respondentů na budoucí roli elektromotocyklů v dopravě, zhodnotit současné pocity motorkářů z jízdy na benzinovém stroji a dát je do souvislosti s pocity a potřebami, jež by měli na motocyklu elektrickém.

Dotazník se tázal na pozitiva a negativa, jež respondent cítí v uplatnění elektromotocyklů v praxi, a na preference, jež by respondent měl v případě nákupu nového elektromotocyklu. Výsledky se pokusím zhodnotit nejen prostým sečtením všech hlasů, ale i porovnáním a zhodnocením rozdílů mezi motorkáři a nemotorkáři.

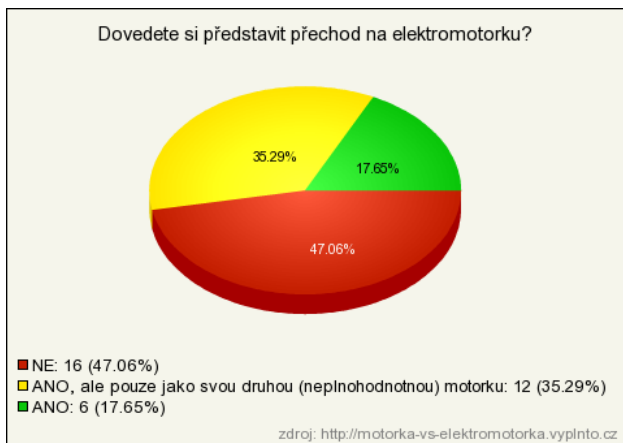
Dotazník vyplnilo 79 respondentů (68 % mužů, 32 % žen), z toho 34 motorkářů (43 %) a 45 lidí na motorce nejezdících (57 %).

### 2.5.1 Ochota pořídit si elektromotorku

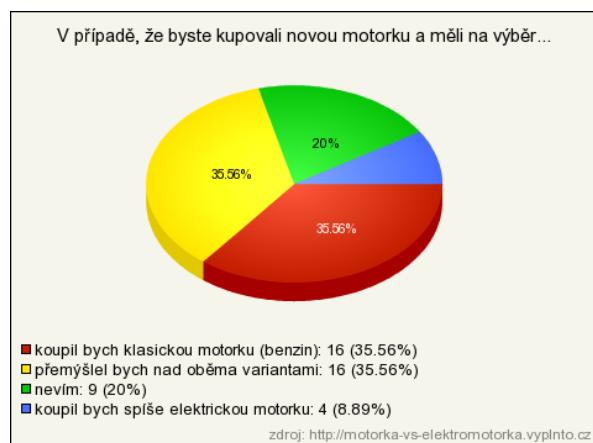
Z výsledků průzkumu (i obecného povědomí) vyplývá, že motocyklisté jsou konzervativní, ba zarputilou komunitou milující rychlost, svobodu a zvuk motoru, a především milující své stroje se spalovacím motorem, pro niž je nepříjemné vyměnit svůj motocykl za motocykl s alternativním pohonem (nepředstavitelné pro 47 % motorkářů).

Přesto, a velmi překvapivě, až pětina (18 %) motorkářů by o výměně motoru přemýšlela a necelé dvě pětiny z nich by zvolili elektromotor jako pohon svého druhého motocyklu. Z motorkářů se tak diferencuje poměrně početná skupina toužící po nižších provozních nákladech, možná i ekologii, nového **praktického** motocyklu (viz dále).

To ukazuje na velký potenciál v uplatnění elektromotocyklů v praxi, které sice nemohou nabídnout až takovou rychlost a líbivý zvuk motoru, avšak pro zmíněnou skupinu jsou dostatečnou alternativou.



(obr 2.5.1) Průzkum: Přechod na elektromotorku

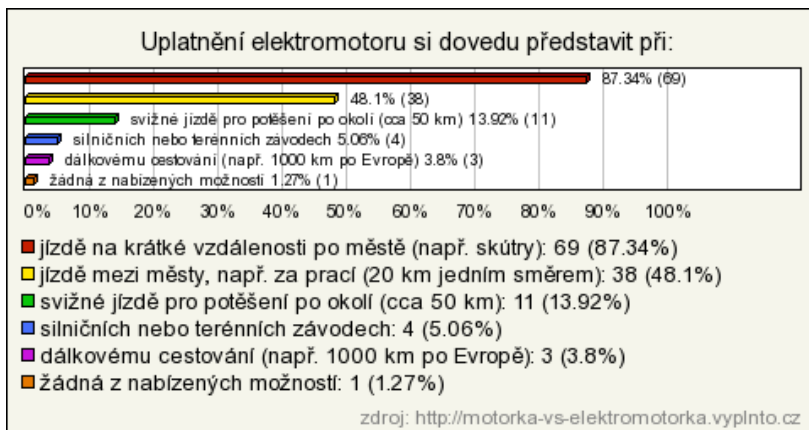


(obr 2.5.2) Průzkum: Nová elektromotorka<sup>15</sup>

Průzkum mezi nemotorkáři (kteří většinou ani nebudou budoucími majiteli žádných motocyklů) pak jen ilustruje předchozí výsledky.

## 2.5.2 Uplatnění elektromotocyklů

Lidé ukazují na elektromotor jako na vhodného kandidáta pro pohyb po městě, případně pro kratší cesty mezi městy. Nutno poznamenat, že majitelé motorek jsou v této oblasti daleko skeptičtější než lidé, kteří motocykl nevlastní, a ke svižné jízdě pro potěšení si elektromotorku představit nedovedou.



(obr 2.5.3) Průzkum: Uplatnění elektromotorek<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Zdroj: Vlastní průzkum, Realizace průzkumu: [www.vyplnto.cz](http://www.vyplnto.cz)

<sup>16</sup> Zdroj: Vlastní průzkum, Realizace průzkumu: [www.vyplnto.cz](http://www.vyplnto.cz)

### 2.5.3 Negativa a pozitiva elektromotorek

Jako největší negativum lidé volí kromě velké doby nabíjení baterií (několik textových připomínek v závěru ankety) malou dojezdovou vzdálenost (48 %, motorkáři 35 %). Lidé se bojí, a motorkáři především, nízkého výkonu (30 %, resp. 32 %), následovaného nepatřičným zvukovým projevem (19 %, resp. 23 %).

V preferencích, proč koupit elektromotor místo benzinového, figuruje na prvním místě ekonomika. Lidé se těší na nízké provozní náklady, případnou nižší pořizovací cenu a též ušetřené peníze a starosti v případě, že by elektromotorka byla méně poruchová.

Překvapivě až na 4. místě stojí ekologický provoz, který zvláště motorkáře vůbec nezajímá, a dále design.



(obr. 2.5.4) Průzkum: Vzhled vs. praktičnost<sup>17</sup>

Výsledky průzkumu naznačují, že lidé vyžadují po elektromotorce především praktičnost. Méně si dovedou motocykl představit jako věc, která podléhá módním trendům a kterou by si pořídili pro své zviditelnění nebo jen proto, že se jim líbí (ačkoliv 9 % tázaných je i dostatečně velkou skupinou zákazníků).

---

<sup>17</sup> Zdroj: Vlastní průzkum, Realizace průzkumu: [www.vyplnto.cz](http://www.vyplnto.cz)

## 3 VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

### 3.1 Výběr typu motocyklu

Jak vyplynulo z průzkumu (ale i z mého vlastního názoru), elektromotor se ideálně hodí na krátké pojížděky ve městě a jeho okolí.

Mým záměrem tedy bude vytvořit praktický, esteticky zajímavý motocykl k jízdám do práce nebo po městě a kratším výletům o nedělním odpoledni, rozumným tempem a s příjemným jízdním zážitkem.

Tomuto konceptu vyhovuje tzv. typ café racer (jemuž se budu svým návrhem přibližovat). Lehký motocykl pro jednoho jezdce (nízká hmotnost zvýší dojezdnost) by měl být především dobře ovladatelný a měl by zvládat krátké tratě.

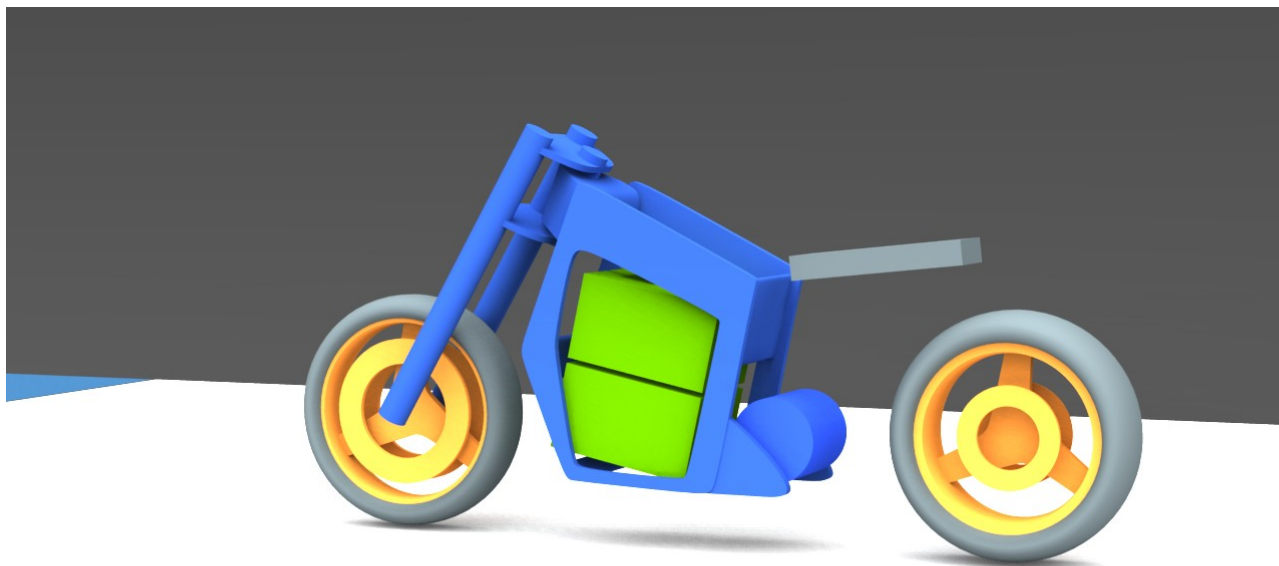
Po sérii úvah a základních skic se dostávám k náčrtu budoucího motocyklu. Základním prvkem bude rám, jehož provedení se bude zásadním způsobem podílet na celkovém vzhledu motocyklu. Rozhodl jsem se pro samonosný typ rámu (baterie samy o sobě nemohou být nosným prvkem), jež pro baterie nabízí dostatečný prostor pod páteří rámu, případně uvnitř mezi trubkami rámu.

Varianty provedení rámu tedy posuzuji hned od začátku jak z pohledu konstrukčního, tak estetického.



### 3.2 Varianta rámu A

Varianta A obsahuje kolébkový dvoutrubkový rám (z profilových trubek). Rám obkrouží na každé straně motocyklu blok baterií. Pro tuhost rámu jsou strany rámu spojeny na několika místech můstky.



Obr 3.1 Schema varianty A, kolébkový rám<sup>18</sup>

Baterie se (de)instalují z boku motocyklu.

Přední kolo je uchyceno pomocí Springer vidlice s jedinou pružinou.

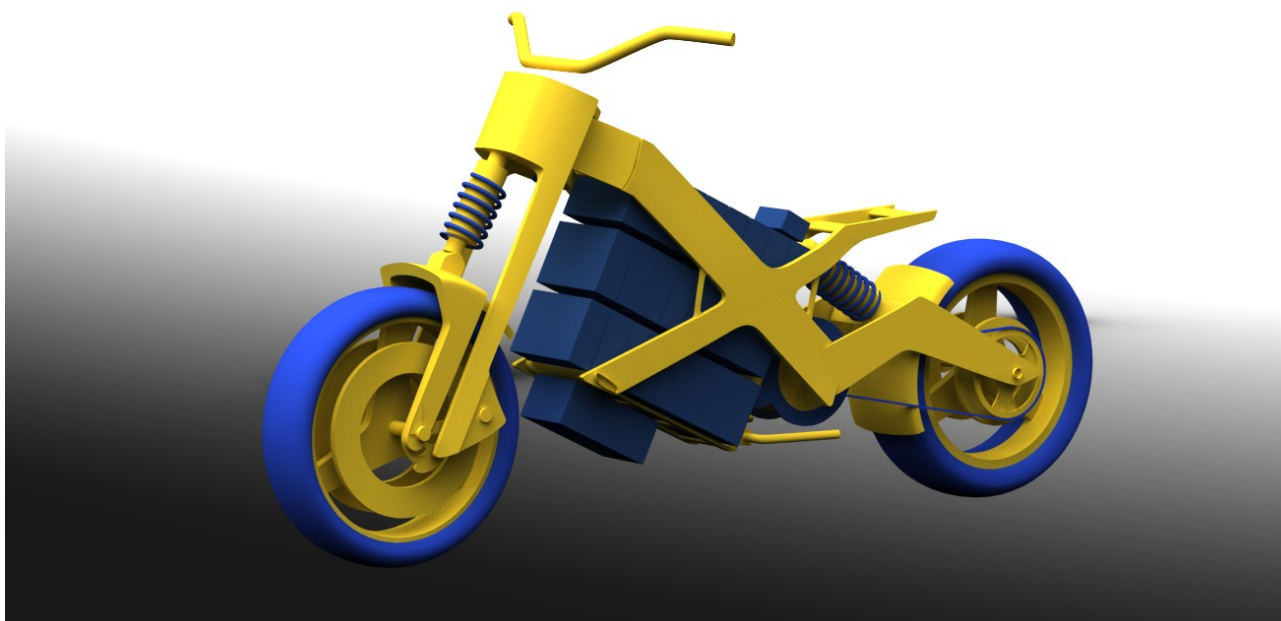
Zadní konvenční odpružení by připadalo v úvahu, pokud by nebylo místo pro centrální pružinu nad elektromotorem, a v případě záměru dát motocyklu nádech retro vzhledu, neboť tento typ je často viděn u starších motocyklů, ale i motocyklů typu chopper. Jinak je možno užít konzolové vidlice.

---

<sup>18</sup> Zdroj: Vlastní počítačová vizualizace

### 3.3 Varianta rámu B

Varianta B obsahuje kolébkový dvoutrubkový rám lisovaný. Hlavní nosnou část rámu tvoří spojení hlavy řízení a kyvné vidlice dvěma paralelními nosníky, mezi nimiž je místo pro baterie. Nosníky jsou vpředu a vzadu spojeny můstky, jež zajišťují potřebnou pevnost.



Obr. 3.2 Schema varianty B se Springer vidlicí vpředu<sup>19</sup>

Sekundárními nosníky, umístěnými vůči primárním nosníkům ve tvaru písmene X, je zajištěna ochrana baterií (např. při položení motocyklu), upevnění sedadla, stupaček a zpevnění konstrukce.

Baterie se (de)instalují svrchu motocyklu.

Přední kolo je uchyceno buď vzhledově zajímavou Springer vidlicí, nebo klasickou teleskopickou vidlicí.

---

<sup>19</sup> Zdroj: Vlastní počítačová vizualizace

### **3.4 Výsledné řešení**

Jako desigově nejzajímavější byla pro další postup vybrána varianta B.

Ta obsahuje klasickou osvědčenou teleskopickou vidlici ve verzi upside down, jež vyniká nižší hmotností neodpružené hmoty a subjektivně lepším vzhledem.

Zadní kolo je uchyceno pomocí konzolové kyvné vidlice. Konzola je v tomto případě nahrazena prostým mostovým spojením, na něž dosedá konec centrální tlumicí pružiny.



Obr 3.3 Výsledné řešení<sup>20</sup>

### **3.5 Umístění baterií**

Samostatnou kapitolu si zaslouží umístění baterií, neboť jejich objem a rozměry jsou zásadní a místem uložení budou velkou měrou ovlivňovat finální design motocyklu.

---

<sup>20</sup> Zdroj: Vlastní počítačová vizualizace

Umístění baterií je výsledkem mnoha pokusů o ideální rozložení hmotnosti mezi přední a zadní kolo a posunutí těžiště co nejnižší

Rozhodl jsem jít cestou jediného bateriového bloku (pro snazší manipulaci). Způsob rozložení článků v bloku vznikl natáčením a spojováním článků v různých směrech jako optimum mezi šířkou, délkou a výškou výsledného bloku.

Natočení bateriového bloku je kompromisem mezi místem pro přední kolo a horizontální polohou těžiště, neboť baterie svou vahou polohu těžiště významně ovlivňují.

### **3.6 Motor a přenos točivého momentu**

Motor se nachází na dolní části rámu v ose otáčení čepů zadní kyvné vidlice. Je přišroubován k lůžku přivařenému na spodní (zadní) část rámu.

Přenos pohonu je zajištěn řetězem, spojením mezi ozubeným kolečkem na hřídeli motoru (pastorkem) a rozetou (řetězovým kolem) zadního kola. Díky umístění v ose otáčení zadní kyvné vidlice není třeba řetěz natahovat, jako tomu musí být u většiny motocyklů.

Vzhledem k použití elektromotoru – mezi jehož výhody patří dostatečný krouticí moment v celém spektru otáček, tedy již při rozjezdu – je možno užít konstantního převodu (bez převodovky a spojky), jež je realizován rozdílným počtem zubů pastorku a rozety. Díky tomu je průměr rozety relativně veliký, viz výpočet průměru rozety při počtu zubů pastorku rovném 10 a převodovému poměru rovnému 9:

- řetěz typu 1/2" = 12,7 mm
- pastorek motoru:  $z_1=10$  zubů, roztečný průměr:

$$D_{\text{pastorek}} = p / \sin(180^\circ / z_1) = 12,7 \text{ mm} / \sin(180^\circ / 10) = 41 \text{ mm}$$

- rozeta zadního kola:  $z_2=90$  zubů, roztečný průměr:

$$D_{\text{rozeta}} = p / \sin(180^\circ / z_2) = 12,7 \text{ mm} / \sin(180^\circ / 90) = 363 \text{ mm}$$

## 4 DESIGN

Základní idea designového řešení byla nastíněna již v předchozí kapitole, neboť design se s konstrukcí velmi úzce prolíná. Nyní se zaměříme více na vzhled a také užitnou funkci navrženého stroje

Vzhledově rozhodně nechci zamlčovat, že se jedná o elektromotocykl – takže se pokouším vytvořit esteticky lehce nevšední model. Přítomnost elektromotoru by tak mohly připomenout nápadně ostré linie. Navržený design by měl být čistý, ne však úplně puristický, zbavený však zbytečných nefunkčních a pouze stylistických prvků.

Stěžejním prvkem vzhledu je odhalený rám motocyklu, tvořící pomyslené písmeno „X“. Hlavní linie rámu vede šikmo dolů od hlavy řízení přes tělo stroje, aby se zlomila v uchycení kyvné vidlice a pokračovala přes ni k zadnímu kolu (viz Příloha 4 Skici). Vidlice obsahuje jemné profilování pro další zdůraznění tvaru.

Motocykl je v místě nasedání jezdce zúžen, tvar se pak směrem dopředu pomalu rozšiřuje, aby se pak dynamicky opět zúžil v napojení visuté vidlice.

Z profilu motocykl budí dravý dojem a směrem dopředu má tendenci se zvedat do nebes. Pro potlačení přílišného zvedání a tvarovou rovnováhu je zadek motocyklu přizvednut profilem zvedajícím se v opačném směru (dozadu a nahoru) a předek „zatížen“ světlem, které leží níže, než je u motorek obvyklé a je nasměrované mírně dolů. Níže položené světlo svým rozšiřujícím tvarem navíc pomáhá lepším proporcím z pohledu zepředu (opticky rozšiřuje motocykl na úkor jeho výšky).

Pro uchycení řidítek bylo zvoleno místo přímo v hlavě řízení – a to díky volnému prostoru, který zde vznikl po posunutém předním světle.

Spodní kryt pomáhá opticky zatěžovat motorku, má však taktéž ochrannou funkci – proti případným nárazům chrání motor a řetěz.

Baterie a tělo motocyklu jsou kapotovány, kapotáž je mírně zanořena dovnitř oproti rámu. Linie a tvarování kapoty, stejně jako světel a dalších prvků, dynamicky reaguje na tvar nosného rámu a jsou vyvedeny v příbuzném tvarosloví.

Sedadlo svým profilováním umožňuje jezdcí poposednout si dále dle toho, jak potřebuje.

Horní část motocyklu obsahuje prostor pro uložení osobních potřeb jezdce.

Vpředu na kapotě před řídítky se nachází zásuvka pro připojení konektoru nabíjení baterií.

## 4.1 Ergonomie

Příloha 4 Ergonomie obsahuje dokumentaci polohy jezdce při jízdě. Jako referenční jezdec slouží muž velikosti 180 cm.

Výška sedadla umožňuje pohodlný nástup a výstup i menším postavám. Sedadlo je ergonomicky tvarované, vpředu mírně zúžené pro snazší nástup/výstup a vzadu rozšířené pro pohodlné sezení. Zároveň je nakloněné v úhlu držícím jezdce při rozjezdu a ze stejného důvodu zakončené jemným vytažením nahoru.

Řídítka jsou výškově a úhlově stavitelná, v místě držení potažena protiskluzovým materiálem.

### 4.1.1 Montáž a demontáž baterií

Baterie jsou rozděleny na 4 bloky, každý obsahující 6 článků o celkové hmotnosti 18 kg. Z norem z tabulky níže vyplývá, že demontovat baterie z motocyklu může i žena, ač to bude spíše neobvyklé.

Normy pro manipulaci s břemeny: Tabulka maximální zátěže

	Muži	Ženy
Občasné zvedání	50 kg	20 kg
Časté zvedání	30 kg	15 kg

Tabulka 4.1 Normy pro manipulaci s břemeny: Tabulka maximální zátěže<sup>21</sup>

21 *Fyzická zátěž, pracovní poloha, psychická a smyslová zátěž*. Technický portál. [online]18. 12. 2011. Dostupné na WWW: <<http://www.techportal.cz/1/1/fyzicka-zatez-pracovni-poloha-psychicka-a-smyslova-zatez-cid272029/>>

## **4.2 Materiály**

Vzhledem k tomu, že elektromotocykl považujeme obecně za ekologicky šetrný dopravní prostředek, bylo by vhodné užít taktéž ekologických, recyklovatelných materiálů.

### **4.2.1 Rám**

Rám je vyroben ze svařovaných dutých profilů slitiny hliníku a hořčíku používaných v leteckém průmyslu.

### **4.2.2 Tvarové části – kapotáž**

Kapota je vyrobena z tvarovaných plastů. Díky uchycení v rámu nejsou na materiál kladeny tak vysoké pevnostní nároky a není třeba využívat špatně recyklovatelných kompozitních materiálů (například sklolaminátu). Postačovat bude dostatečná pružnost, u krytu zavazadlového prostoru pak i tuhost zvýšená například vnitřními výztuhami.

### **4.2.3 Sedadlo**

Vnitřek sedadla je vyroben z měkké polyuretanové pěny. Na vnější potah navrhuji barevnou kombinaci syntetické nepromokavé kůže a protiskluzového pogumování.

Gumy je využito též na řidítkách.

## 5 TECHNICKÉ VLASTNOSTI, SPECIFIKACE

### 5.1 Rozměry, jízdní vlastnosti

#### 5.1.1 Rozměry, těžiště

Veškeré rozměrové charakteristiky jsou dány vybraným typem motocyklu.

Motocykl má rozvor 1640 mm, což je hodnota odpovídající pomezí mezi silničním motocyklem a chopperem. Další rozměry viz Příloha 5.1 Rozměrový výkres.

Z rozměrového výkresu lze číst optimální hodnoty závleku předního kola a rozložení těžiště, které díky zvolenému umístění baterií zůstává (se sedícím jezdcem) nízko rozloženo mezi předním a zadním kolem. To se odráží v jízdních vlastnostech, například dobré manipulaci v nižších rychlostech (tu může jezdec ovlivňovat svou polohou – předklonem či narovnáním).

Nad koly je počítáno s místem pro propružení, zdvih propružení byl stanoven jako střední hodnota propružení u chopperů<sup>22</sup>: 129 mm vpředu a 103 mm vzadu.

#### 5.1.2 Pneumatiky

Motocykl stojí na esteticky a technicky vyhovujících pneumatikách:

- ✦ Vpředu: průměr ráfku 18"; nízkoprofilová pneu, šíře 130 mm, poměr výšky a šířky 50 %
- ✦ Vzadu: průměr ráfku 17"; nízkoprofilová pneu, šíře 200 mm, poměr výšky a šířky 50 %

#### 5.1.3 Brzdná soustava

Motocykl obsahuje hydraulický brzdový systém s dvěma předními brzdovými kotouči (o průměru 300 mm) a jedním zadním (o průměru 242 mm). Nádržka brzdové kapaliny je uložena vpředu pod transformátorem motocyklu.

---

<sup>22</sup> VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. 2004. Str. 440.



### 5.1.4 Elektroinstalace

Elektroinstalace se nachází v prostoru pod kapotáží a rámem.

Vepředu před bateriovými bloky je prostor pro umístění měniče proudu, transformátoru a řídicí jednotky elektromotoru.

Nad bateriemi pod sedadlem se nachází další 12V baterie pro obsluhu elektrozařízení, jako světel, blinkrů apod.

### 5.2 Baterie

Motocykl obsahuje 24 článků baterií typu WB-LYP90AHA LiFeYPO4 (3.2V/90Ah), sériově zapojených, specifikace bateriového článku:

Modelové jméno	WB-LYP90AHA LiFeYPO4
Složení	Lithium, železo, fosfát
Nominální napětí ( $U_{\text{článek}}$ )	3,2 V (3,0 až 3,3 V)
Nominální kapacita ( $E_{\text{článek}}$ )	90 Ah ~ 288 Wh (90 Ah * 3,2 V)
Maximální pracovní proud (kontinuálně)	3 C ~ 270 A (3 * 90 A)
Maximální pracovní proud (nárazově)	20 C ~ 1 800 A (20 * 90 A)
Maximální nabíjecí napětí	4 V
Maximální nabíjecí proud	0,5 C ~ 45 A (0,5 * 90 A)
Počet cyklů nabití/vybití (do stavu 80 % kapacity)	3 000
Počet cyklů (do stavu 70 % kapacity)	5 000
Rozměry	143 mm × 218 mm × 61mm
Hmotnost	3,0 kg

### **Kapacita baterií:**

$$E = 24 \text{ (počet článků)} * 288 \text{ Wh} = 6912 \text{ Wh}$$

Maximální možný příkon dodávaný bateriemi (kontinuálně, proudem 3 C) je:

$$P'_{akumulátor,max} = 24 * P'_{článek} = 24 * (3 \text{ C} * U_{článek}) = 270 * 3,2 = 24 * 864 \text{ W} = 20,7 \text{ kW}$$

Tato hodnota je dostatečná, vzhledem k potřebnému příkonu motoru (viz níže):

$$P'_{motor,max} = 19 \text{ kW} \leq 20,7 \text{ kW} = P'_{akumulátor,max}$$

Baterie jsou též plně schopny (hodnota 20 C) dodat nárazový proud pro maximální nárazový výkon motoru 30 kW.

Napětí dodávané 24 články:

$$U = 24 * U_{článek} = 24 * 3,2 = 76,8 \text{ V}$$

Pro zajímavost uvedme dobu nabíjení jednoho článku, a tím pádem i všech článků najednou (společným napětím). (Uvažujeme maxima: proud 45 A (0,5 C) a nabíjecí napětí 4 V na baterii):

$$E = 288 \text{ Wh} = 45 \text{ A} * 4 \text{ V} * t \text{ [h]}$$
$$t = 1,6 \text{ h}$$

Tedy každých ujetých 144 km (viz nadcházející kapitola) znamená nabíjení baterií po dobu 1,6 hodiny.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Jedná se o hrubý výpočet: Ve výpočtu je zanedbána účinnost, nemožnost úplně vybití baterie a ideální podmínky.

### 5.3 Elektromotor

Motocykl je osazen elektromotorem Agnis Motors, typ 95-R.

#### Specifikace motorů:

Modelové jméno	95-R	119-R
RPM/U (poměr otáček a napětí)	$71 \text{ min}^{-1} * \text{V}^{-1}$	$58 \text{ min}^{-1} * \text{V}^{-1}$
$U_{\text{max}}$ (maximální napětí)	84 V	100 V
$I_{U=48\text{V}}$ (odebíraný proud při napětí 48 V)	220 A	170 A
$P'_{U=48\text{V}}$ (výstupní výkon při napětí 48 V)	9,5 kW	7,3 kW
$\text{RPM}_{\text{max}}$ (maximální otáčky)	6 000	6 000
$P'$ (výstupní výkon za daného napětí)	16 kW @ 78 V	16 kW @ 90 V
$P'_{\text{max, 5 s}}$ (maximální výkon po dobu 5 s)	cca 30 kW	cca 30 kW
$\eta$ (účinnost motoru)	90,0 %	89,5 %

Tabulka 5.1 Specifikace motorů <sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Performance. Agnimotors.com – Manufacturer of high efficiency D.C. motors [online]. [cit. 6. dubna 2012]. Dostupný v anglickém jazyce na WWW:

[http://www.agnimotors.com/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5&Itemid=60](http://www.agnimotors.com/home/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=60)

Lze ověřit účinnost motorů při hodnotě  $U=48\text{ V}$ :

Motor 95-R:

$$\begin{aligned} \text{příkon} & \dots\dots\dots P = U * I = 48\text{ V} * 220\text{ A} = 10,56\text{ kW} \\ \text{účinnost} & \dots\dots\dots \eta = P' / P = 9,5\text{ kW} / 10,56\text{ kW} = 90,0\% \end{aligned}$$

Motor 119-R:

$$\begin{aligned} \text{příkon} & \dots\dots\dots P = U * I = 48\text{ V} * 170\text{ A} = 8,16\text{ kW} \\ \text{účinnost} & \dots\dots\dots \eta = P' / P = 7,3\text{ kW} / 8,16\text{ kW} = 89,5\% \end{aligned}$$

Vzhledem k příznivým výkonnostním charakteristikám volím motor typu 95-R.

Maximální kontinuální výkon motoru (výkon, který může motor držet po dlouhý časový interval):

Pokud platí, že výkon motoru  $P_{U=78\text{V}} = 16\text{ kW}$ ,  
pak maximální výkon motoru (při  $U=84\text{V}$ ) je přímou úměrou:

$$P_{\text{motor, max}} = ( 16\text{ kW} * (84/78) ) = 17\text{ kW}$$

Při uvažované účinnosti 90 % (účinnost kolísá vzhledem k napětí, proudu a otáčkám) je nutné zajistit příkon motoru o minimální velikosti:

$$P'_{\text{motor, max}} = P_{\text{motor, max}} / \eta = 17\text{ kW} / 0,9 = 19\text{ kW}$$

### 5.3 Chlazení

Motor a baterie jsou vzduchem chlazené. Nasávání je umístěno v přední části motocyklu za předním kolem. Zde se nachází filtr vzduchových nečistot. Vzduch je pak vlastní dynamikou vháněn dovnitř a dostatečnými průduchy mezi bateriemi a pod kapotáží je hnán na motor a ven.

## 5.4 Výkon motocyklu a dojezdová vzdálenost

### 5.4.1 Maximální rychlost motocyklu

Pro potřeby výpočtu počítáme s hmotností motocyklu i s jezdcem 250 kg.

Při výpočtu využijeme vzorců pro výpočet jízdních odporů:

#### Odpor valivý

$$O_f = f * G \quad , \text{ kde:}$$

$f$  .....součinitel valivého odporu povrchu vozovky ( $f_{\text{asfalt}} = 0,02$ )

$G = m * g$  .....celková tíha motocyklu (zahrnuje i tíhu jezdce)

#### Odpor vzdušný

$$O_v = 0,5 * c_x * \rho * S_x * v_r^2 \quad , \text{ kde:}$$

$c_x$  ..... součinitel vzdušného odporu

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  ..... měrná hmotnost vzduchu

$S_x$  ..... čelní součinitel vzdušného odporu

$v_r = v$  ..... náporová rychlost větru = rychlost motocyklu (bezvětrí)

Pro potřeby orientačních výpočtů postačí přibližná hodnota  $C_D A$ , v anglické literatuře označující součin  $c_x * S_x$ . Uvažujme (mj. nejhorší možný) odpor vzduchu pro motocykl bez kapotáže s jezdcem sedícím v napřímené poloze<sup>25</sup>:

$$(c_x * S_x) = 0,7 \text{ m}^2.$$

---

25 COSSALTER, Vittore. *Motorcycle Dynamics*. 2006. „The value of the product  $C_D A$  can vary from 0.18 m<sup>2</sup> for speed record contenders that are completely faired to 0.7 m<sup>2</sup> for motorcycles with no fairing and the rider in an erect position.“ on page. 75

### **Odpor zrychlení posuvných částí motocyklu**

$$O_{zp} = m \cdot x'' \quad , \text{ kde:}$$

$m$  ..... celková hmotnost motocyklu (zahrnuje i hmotnost jezdce)

$x'' = a$  ..... druhá derivace dráhy podle času (zrychlení)

### **Odpor zrychlení rotačních částí**

$$O_{zr} = \rho \cdot m \cdot x'' \quad , \text{ kde:}$$

$\rho$  ..... součinitel vlivu rotačních částí

Vypočtěme rychlost motocyklu při maximálních otáčkách motoru, víme-li pro maximální otáčky výkon motoru:

Maximální (kontinuální) výkon motoru,  $P_{\text{motor}_{\max}} = 17 \text{ kW}$

Maximální otáčky motoru,  $\text{RPM}_{\max} = 6\,000 \text{ ot/min}$

Krouticí moment při  $\text{RPM}_{\max}$ :

$$M_{\text{RPM}_{\max}} = \frac{P_{\text{motor}_{\max}}}{\text{RPM}_{\max} [\text{ot/min}] \cdot \frac{2\pi}{60}} = \frac{17000 \cdot 60}{6000 \cdot 2\pi} = 27 \text{ Nm}$$

Krouticí moment motoru je převeden na zadní kolo převodem  $i$ :

$$M_K = M_{\text{RPM}_{\max}} \cdot i = 27 \cdot i \text{ Nm}$$

Aby jel motocykl rovnoměrnou rychlostí, musí jeho motor vyvinout sílu rovnou sumě jízdních odporů. Pakliže vyvine sílu větší, motocykl zrychluje, a kvůli síle nižší naopak zpomaluje.

V případě dosažení maximální rychlosti dosáhl motor svého maximálního výkonu a

pohybuje se konstantní (maximální) rychlostí, tedy rovnoměrným pohybem, kdy jsou odporové a tažné síly motoru v rovnováze:

$$F_k = O_f + O_v + O_{z_p} + O_{z_r}$$

Uvažujeme jízdu po rovině, proto zanedbáváme odpor stoupání. Vzhledem k tomu, že se motocykl pohybuje rovnoměrně rychle a tím pádem zrychlení  $a=0$ , z rovnice vypadnou oba členy odporu zrychlení (posuvných částí a rotačních částí):

$$F_k = f \cdot G + 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_x \cdot v^2 + m \cdot a + \vartheta \cdot m \cdot a$$

$$F_k = f \cdot G + 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_x \cdot v^2$$

Výsledná rychlost v motocyklu je nepřímo úměrná převodovému poměru  $i$  a přímo úměrná otáčkám motoru a obvodu hnacího kola:

$$v = \frac{2 \pi r_d}{i} \cdot RPM_{max}$$

$$i = \frac{2 \pi r_d}{v} \cdot RPM_{max}, \text{ kde } r_d = 0,31^{26} \dots \text{ dynamický poloměr pneumatiky}$$

---

26 Dynamický poloměr pneumatiky je stanovován empiricky, pro potřeby výpočtu postačí převodní tabulka se zadanými hodnotami 17" 50% 200mm z:

<[http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro\\_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm](http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm)>  
(hodnota odpovídá i mému kontrolnímu výpočtu)

Dosadíme do vzorce pro výpočet potřebný hnacího výkonu zadního kola  $P_K$  a dále za  $i$ :

$$P_K = F_k \cdot v = \frac{M_k}{r_d} \cdot v$$

$$P_K = (f \cdot G + 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_X \cdot v^2) \cdot v = \frac{M_{RPM_{max}} \cdot i}{r_d} \cdot v \quad | v, v \neq 0$$

$$f \cdot G + 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_X \cdot v^2 = \frac{M_{RPM_{max}} \cdot \frac{2\pi r_d}{v} \cdot RPM_{max}}{r_d} \cdot v, r_d \text{ se zkrátí}$$

$$f \cdot G \cdot v + 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot S_X \cdot v^3 = 2\pi \cdot M_{RPM_{max}} \cdot RPM_{max}$$

$$0,02 \cdot 250 \cdot 9,81 \cdot v + 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot v^3 = 2\pi \cdot 27 \cdot \frac{6000}{60}$$

$$49,05 v + 0,4375 v^3 - 5400 \pi = 0$$

$$v = 32,74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 117,9 \text{ km/h}$$

Převodový poměr pro tuto rychlost je roven:

$$i = \frac{2\pi r_d}{v} \cdot RPM_{max} = \frac{2\pi \cdot 0,31}{32,74} \cdot \frac{6000}{60} = 6$$

Nižším převodovým poměrem vyšší rychlosti (za daných podmínek) logicky nedosáhneme, neboť tomu neodpovídá výkon motoru. Zároveň se v praxi budeme rychlosti  $v_{max}$  velmi pomalu přibližovat, neboť se stoupající rychlostí bude geometricky klesat zrychlení. Má tedy smysl zvolit větší převodový poměr, jehož výhodou budou nižší nároky na krouticí moment motoru při stejných rychlostech a tím pádem důležitá výkonová rezerva (pro akceleraci (rozjezd), stoupání, protivítr apod.).

Přímou úměrou lze vypočítat maximální rychlosti odpovídající převodovým stupňům:

$i$	6	7	8	9	10
$v_{max}$ [km/h]	117	101	88	78	70

Tabulka 5.2 Maximální rychlost při různých převodových poměrech



Jako rozumné optimum volíme  $i=7$ , jenž odpovídá maximální rychlosti 101 km/h. Převodový poměr lze samozřejmě kdykoliv upravit výměnou ozubeného kola pohonu řetězu.

### 5.4.2 Dojezdová vzdálenost

Spočtíme nyní dojezdovou vzdálenost při konstantní rychlosti  $v = 50 \text{ km/h}$  ( $13,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , odpovídající otáčky motoru:  $\text{RPM} = 3400 \text{ ot}/\text{min}$ ), analogicky začneme potřebným výkonem na zadním kole a potřebným krouticím výkonem motoru:

$$P_K = F_k \cdot v = \frac{M_k}{r_d} \cdot v$$

$$P_K = 0,02 \cdot 250 \cdot 9,81 \cdot v + 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot v^3 = 49,05 \cdot 13,9 + 0,4375 \cdot 13,9^3 = 1857 \text{ W}$$

$$M_k = \frac{P_K \cdot r_d}{v} = \frac{1857 \cdot 0,31}{13,9} = 41,4 \text{ Nm}$$

$$\text{potřebný krouticímoment motoru: } M_{\text{motor}} = \frac{M_k}{i} = \frac{41,4}{8} = 5,2 \text{ Nm}$$

Z charakteristiky motoru 95-R, str. 5, 71RPM/VOLT AT 48V, vyplývá, že danému momentu a otáčkám odpovídá napětí a proud o hodnotách:  $U = 48 \text{ V}$ ,  $I = 50 \text{ A}$ . Tím pádem:

$$P' = U \cdot I = 48 \cdot 50 = 2400 \text{ W}$$

$$\text{spotřebovaná energie... } E[\text{Wh}] = P' \cdot t[\text{h}]$$

$$6912 \text{ Wh} = 2400 \text{ W} \cdot t[\text{h}]$$

$$t = 2,88 \text{ h} \approx 2 \text{ h } 50 \text{ min}$$

Elektromobil tedy pojedou rychlostí 50 km/h 2 hodiny 50 minut.

To znamená teoretickou dojezdovou vzdálenost 144 km<sup>27</sup>:

$$s = v \cdot t = 50 \cdot 2,88 = 144 \text{ km}$$

### 5.4.3 Ekonomika provozu

Motocykl s plně nabitými bateriemi (o kapacitě 6,9 kWh) ujede 144 km.

---

<sup>27</sup> Hodnoty dojezdnosti a dojezdová doba jsou teoretickými, neboť ve výpočtu není zahrnuta účinnost řetězového převodu a elektrosoustavy.

Při ceně elektřiny 4,50 Kč / 1 kWh<sup>28</sup> stojí jedno nabití baterie:

$$cena = 4,50 \text{ Kč/kWh} * 6,9 \text{ kWh} = 31,10 \text{ Kč}$$

Nabití akumulátorů (s dojezdností 144 km) tedy stojí 31,10 Kč. Cena 100 kilometrů na elektromotocyklu tedy vyjde na 21,60 Kč.

Pro srovnání uveďme cenu 100 kilometrů na benzinovém silničním motocyklu do 10 kW výkonu. Ta vychází při uvažované průměrné spotřebě 3,4 l/100 km<sup>29</sup> a ceně benzínu 37 Kč/l<sup>30</sup> na 126,- Kč.

Elektromotocykl tak na každém kilometru šetří 80 % nákladů, které by spotřeboval benzin.

---

28 *Ceny elektřiny 2012: ČEZ a PRE zdraží, E.ON zlevní.* Ceny energie. [online]. 14.12.2011. Dostupný na WWW: <<http://www.cenyenergie.cz/nejnovejsi-clanky/ceny-elektřiny-2012-cez-a-pre-zdrazi-e-on-zlevni.aspx>>

29 *MPG and Cost Calculator and Tracker.* Spritmonitor.de, komunitní server. [online]. [cit. 6. dubna 2012]. Dostupný na WWW: <[http://www.spritmonitor.de/en/overview/0-All\\_manufactures/0-All\\_models.html?fueltype=2&vehicletype=2&constyear\\_s=2000&power\\_e=10](http://www.spritmonitor.de/en/overview/0-All_manufactures/0-All_models.html?fueltype=2&vehicletype=2&constyear_s=2000&power_e=10)>.

30 *Cena benzínu se vyšplhala na další rekord: 37,45 korun za litr.* Deník.cz [online]. 5.4.2012. Dostupný na WWW: <<http://www.denik.cz/ekonomika/cena-benzinu-se-vysplhala-na-dalsi-rekord-37-45-korun-za-litr-20120405.html>>

## 6 Závěr

V průběhu navrhování motocyklu jsem prakticky využil znalosti získané během svého studia oboru průmyslový design, obohatil je souvislostmi získanými z literatury a dalších pramenů a, dle mého názoru, jsem správným způsobem propojil mezioborově vztahy jak mezi jednotlivými technickými předměty, tak mezi designem a konstruováním vůbec.

Navrhování motocyklu, jak jsem se osobně přesvědčil, a vůbec navrhování, je v praxi náročnou široce komplexní prací, jež dalece převyšuje možnosti a kapacity jediného návrháře. I proto je práce označena jako designová studie, od které by k prototypu či dokonce výrobě vedla ještě dlouhá a náročná cesta.

Uvědomuji si, že má práce by byla svým rozsahem de facto pouhým začátkem v procesu přípravy výroby, avšak začátkem velmi důležitým.

Vyjma vysokého osobního přínosu, jež mi práce dala, bych rád zmínil i zajímavá fakta, jež jsem při práci odhalil či zjistil; a totiž že lidé jsou ve velké míře ochotni přejít na ekologicky šetrný provoz, pokud bude vše fungovat bez problémů a významně to nezatíží rodinný rozpočet.

Přitom technická část bakalářské práce dokládá, že provoz je ekonomicky výhodný a výkon motocyklu není zásadně nízký. Věřím, že výhody elektromotocyklů či elektromobilů v budoucnu zastíní jejich nevýhody.

Velmi rád užívám slovo design v kontextu spojení krásného s užitečným. Pevně doufám, že se mi podařilo navrhnout funkční motocykl se správnými proporcemi a vysokou užitnou hodnotou. Vnímání designu, ve smyslu vzhledu, je do jisté míry subjektivní záležitostí a je tak na každém, aby si udělal vlastní názor.

## **RESUMÉ**

The aim the thesis is to propose a design proposal with regard electric motorcycle (emphasis) on the effectiveness, design solutions and integrability of electric propulsion.

The thesis is divided into research and practical part. The next part is evaluation.

In the research part is concerned with studying the issue of motorcycle design and evaluation of the current situation in the design and construction of electric motorcycles. In the questionnaire carried out among the general public on the internet was found what motorcyclists and others discouraged or encouraged the purchase of electric motors and which application of electro motorcycles they would imagine for transportation, rides or races.

In the practical part I am dealing with design options and design solutions, one of which I choose to implement. Implementation includes the method of structural design, proces design and ergonomic studies.

Evaluation sumarizes results of my work and technical data such as maximum speed, commuting time or type of battery and motor.

The output of work is designed motorcycle - motorcycle description and computer visualization.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## **KNIŽNÍ ZDROJE**

1. VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů. 1. vyd.* Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 661 s. ISBN 80-239-1601-7.
2. Vittore Cossalter. *Motorcycle Dynamics. 2nd English edition.* Lulu.com, 2006. 360 pages. ISBN 978-1-4303-0861-4

## **ELEKTRONICKÉ ZDROJE**

1. *Motorcycle fork.* Wikipedie [online]. 14. 3. 2012. Dostupný v anglickém jazyce na WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle\\_fork](http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_fork)>.
2. *Motocykl.* Wikipedie [online]. 30. 3. 2012. Dostupný na WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Motocykl>>.
3. DVOŘÁČEK, Jakub. *Café racer.* Motocykl online [online]. 6. 3. 2009. Dostupný na WWW: <[http://www.motocykl-online.cz/clanky/CAFE\\_RACER](http://www.motocykl-online.cz/clanky/CAFE_RACER) >.
4. *Fyzická zátěž, pracovní poloha, psychická a smyslová zátěž.* Technický portál. [online]18. 12. 2011. Dostupné na WWW: <<http://www.techportal.cz/1/1/fyzicka-zatez-pracovni-poloha-psychicka-a-smyslova-zatez-cid272029/>>
5. *Performance. Agnimotors.com – Manufacturer of high efficiency D.C. motors* [online]. [cit. 6. dubna 2012]. Dostupný v anglickém jazyce na WWW: <[http://www.agnimotors.com/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5&Itemid=60](http://www.agnimotors.com/home/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=60)>
6. *TRC Calculator* [online].[cit. 6. dubna 2012] Dostupný na WWW: <[http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro\\_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm](http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm)>

## ***POUŽITÝ SOFTWARE***

1. Adobe Photoshop CS 5.1
2. Adobe Illustrator CS 5.1
3. Rhinoceros 4.0
4. Keyshot 2.0
5. LibreOffice Writer 3
6. LibreOffice Calc 3
7. Wolfram Alpha

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Rešerše
2. Vývojové skici
3. Rozměrový výkres
4. Konstrukční schema
5. Rám motocyklu
6. Ergonomická studie
7. Vizualizace
8. Charakteristika motoru
9. CD-ROM s digitální verzí teoretické části bakalářské práce a dokumentací praktické části

## **Příloha 1.a: Současné elektromotorky**

### **E-Carver (USA) (prototyp)**



(obr 2.4.1) Páteřový nosný rám motocyklu E-Carver.<sup>31</sup>

### **Shavit (koncept)**



(obr 2.4.2) Shavit.<sup>32</sup>

---

31 Dostupné na WWW:

<<http://www.motorcycle-usa.com/360/4137/Motorcycle-Article/E-Carver-Electric-Racebike-Concept.aspx>>

32 Dostupné na WWW: <<http://www.thenumber4.com/blog/2011/07/shavit-by-eyal-melnick-2/>>



## ***Příloha 1.b: Současné elektromotorky***

### **Modern Electric Motorcycle Concept By Paolo De Giusti (koncept)**



(obr 2.4.3)<sup>33</sup>



(obr 2.4.4) Systém vkládání baterií.<sup>34</sup>

---

33 Dostupné na WWW: <<http://www.healthycycle.com/tag/electric-motor/>>

34 Tamtéž

## ***Příloha 1.c: Současné elektromotorky***

### **CAF-E Hybrid SuperCharged Motorcycle by Tim Cameron (koncept)**



(obr 2.4.5)<sup>35</sup>

### **Mission One (koncept)**



(obr 2.4.6)<sup>36</sup>

---

35 Dostupné na WWW:

<<http://gliving.com/caf-e-hybrid-supercharged-motorcycle-by-tim-cameron/>>

36 Dostupné na WWW: <<http://www.engadget.com/2009/02/04/mission-one-ev-electric-motorcycle-boasts-150-mph-top-speed-ext/>>

## **Příloha 1.d: Současné elektromotorky**

### **Brammo Empulse (ve výrobě)**



(obr 2.4.7) Baterie uchycena na dvou paralelních trubkách rámu.<sup>37</sup>

### **MOTOREpublic Beta Electric Bike (koncept)**



(obr 2.4.8)<sup>38</sup>

---

37 Dostupné na WWW: <<http://www.brammo.com/empulse/>>

38 Dostupné na WWW:

<[http://www.likecool.com/MOTOREpublic\\_Beta\\_Electric\\_Bike--Motorcycle--Car.html](http://www.likecool.com/MOTOREpublic_Beta_Electric_Bike--Motorcycle--Car.html)>

## **Příloha 1.e: Současné elektromotorky**

### **R MOTO (prototyp)**



(obr 2.4.9)<sup>39</sup>

### **Brammo Enertia (ve výrobě)**



(obr 2.4.10)<sup>40</sup>

---

39 Dostupné na WWW: <<http://silentfunblog.blogspot.com/2010/10/r-moto-one-of-kind-all-electric.html>>

40 Dostupné na WWW: <<http://uncrate.com/stuff/brammo-enertia-electric-motorcycle/>>

## Příloha 1.f: Současné elektromotorky

### MotoCzysz TTXGP entry, uložení baterií na pod páteří rámu (koncept)



(Obr 2.4.11)<sup>41</sup>



(obr 2.4.12)<sup>42</sup>

### Blue Shift (příprava k výrobě), tažná pružina zadního tlumiče



(Obr 2.4.13)<sup>43</sup>

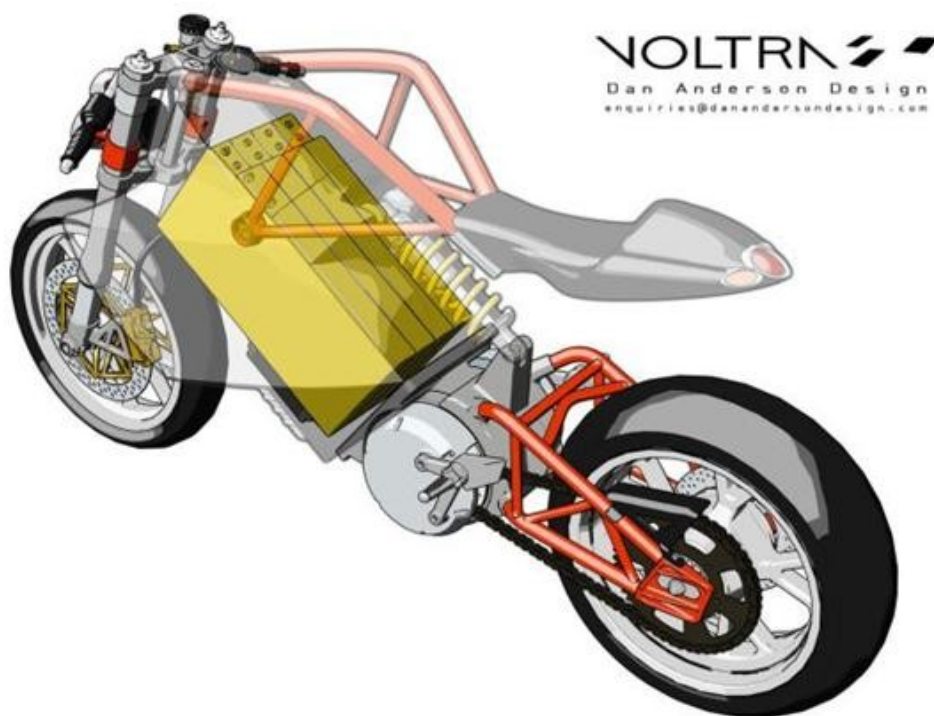
41 Dostupné na WWW: <<http://plugbike.com/2010/03/03/motoczysz-introduces-electric-d1g1tal-dr1ve/>>

42 Dostupné na WWW: <<http://thekneeslider.com/archives/2009/04/08/motoczysz-enters-ttxgp/>>

43 Dostupné na WWW: <<http://www.blueshiftmotorcycles.com/press.html>>

## Příloha 1.g: Současné elektromotorky

### Voltra (koncept)



(obr 2.4.14)<sup>44</sup>

### Dacoit (Nitin Khosa) (koncept)



(obr 2.4.15)<sup>45</sup>

44 Dostupné na WWW: <<http://vunblog.blogspot.com/2009/11/more-on-electric-bikes.html>>

45 Dostupné na WWW: <<http://www.theyellowcommunity.com/index.php?threads/new-prototype-racebike.11669/>>

## Příloha 1.h: Současné elektromotorky

### Volta (prototyp, příprava výroby)

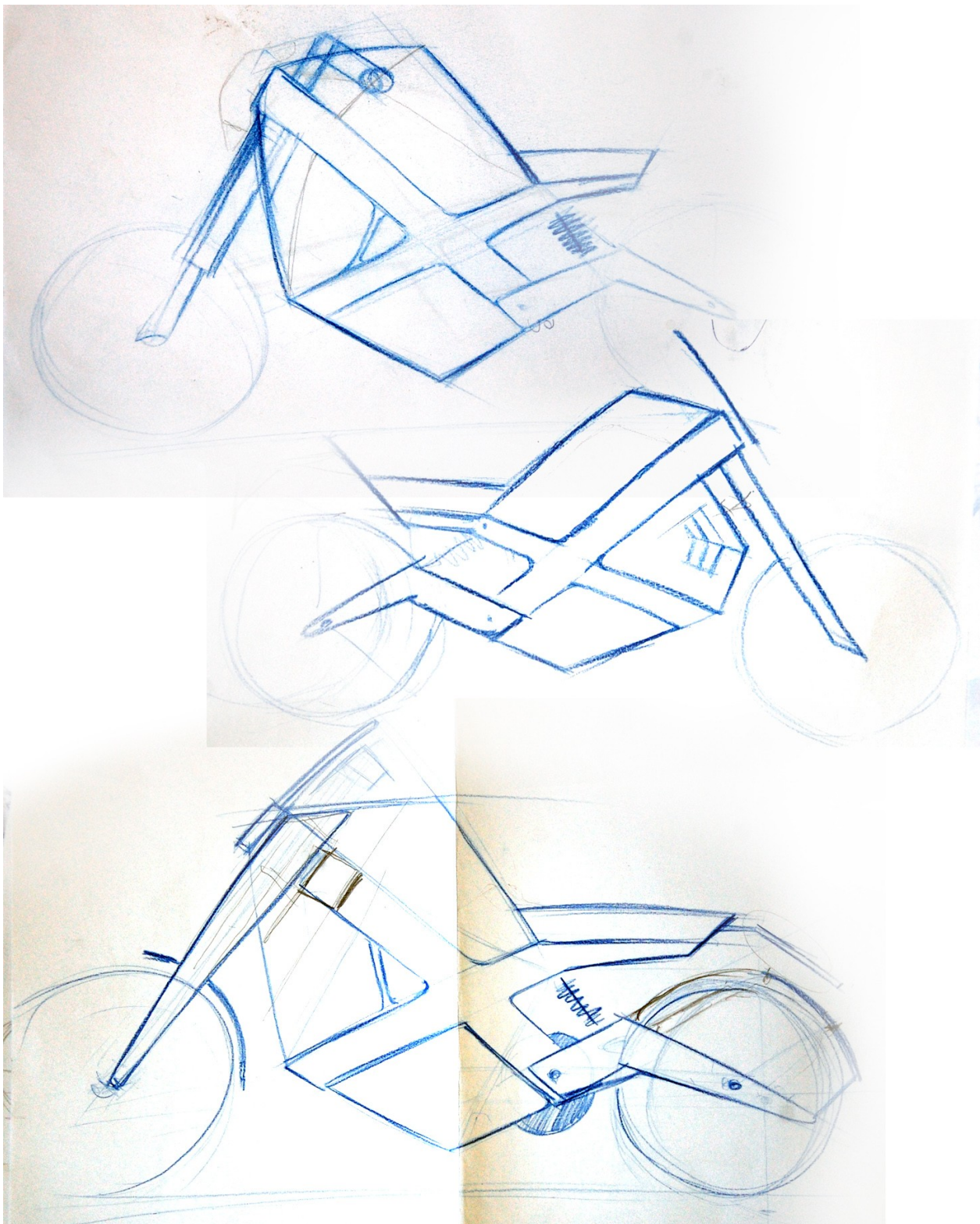


(Obrázky 2.4.14 a 2.4.3.15)<sup>46</sup>

---

46 Dostupné na WWW: <<http://www.technologicvehicles.com/en/actualite-mobilite-verte/818/video-volta-motorbikes-presente-une-moto-elec>>

## Příloha 2.a: Vývojové skici



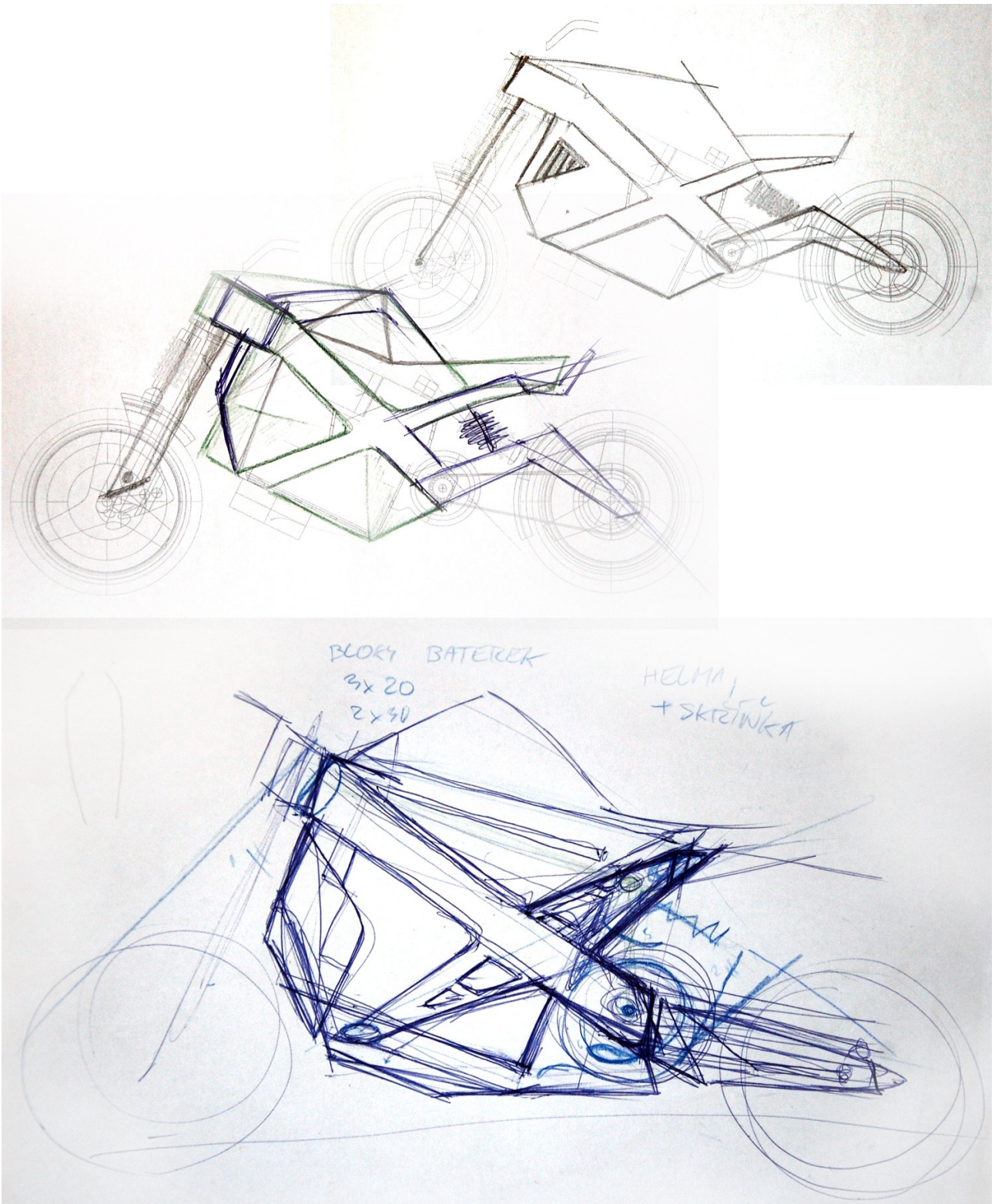
47

---

47 Zdroj: Vlastní skici



## Příloha 2.b: Vývojové skici

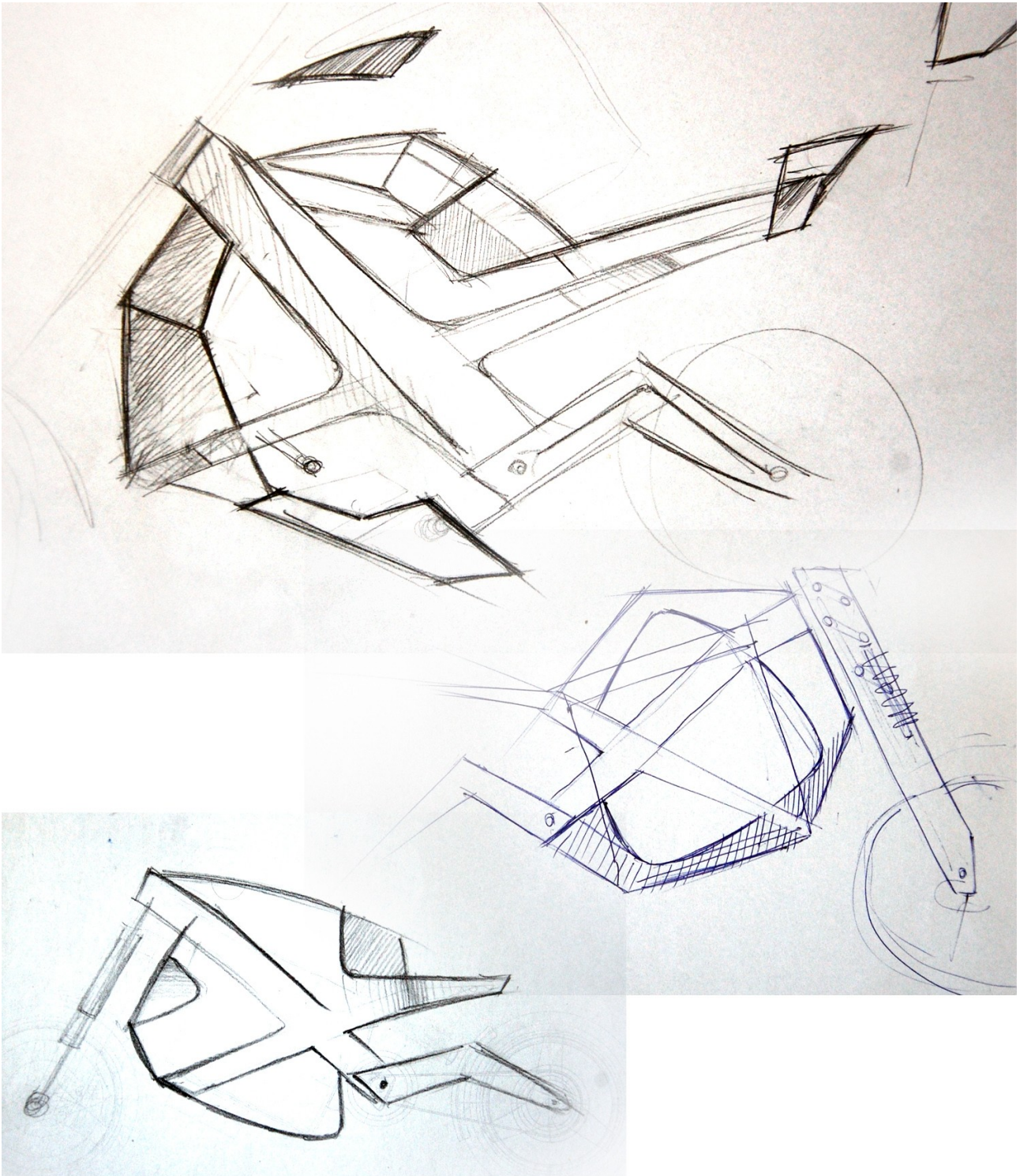


48

---

48 Zdroj: Vlastní skici

## Příloha 2.c: Vývojové skici

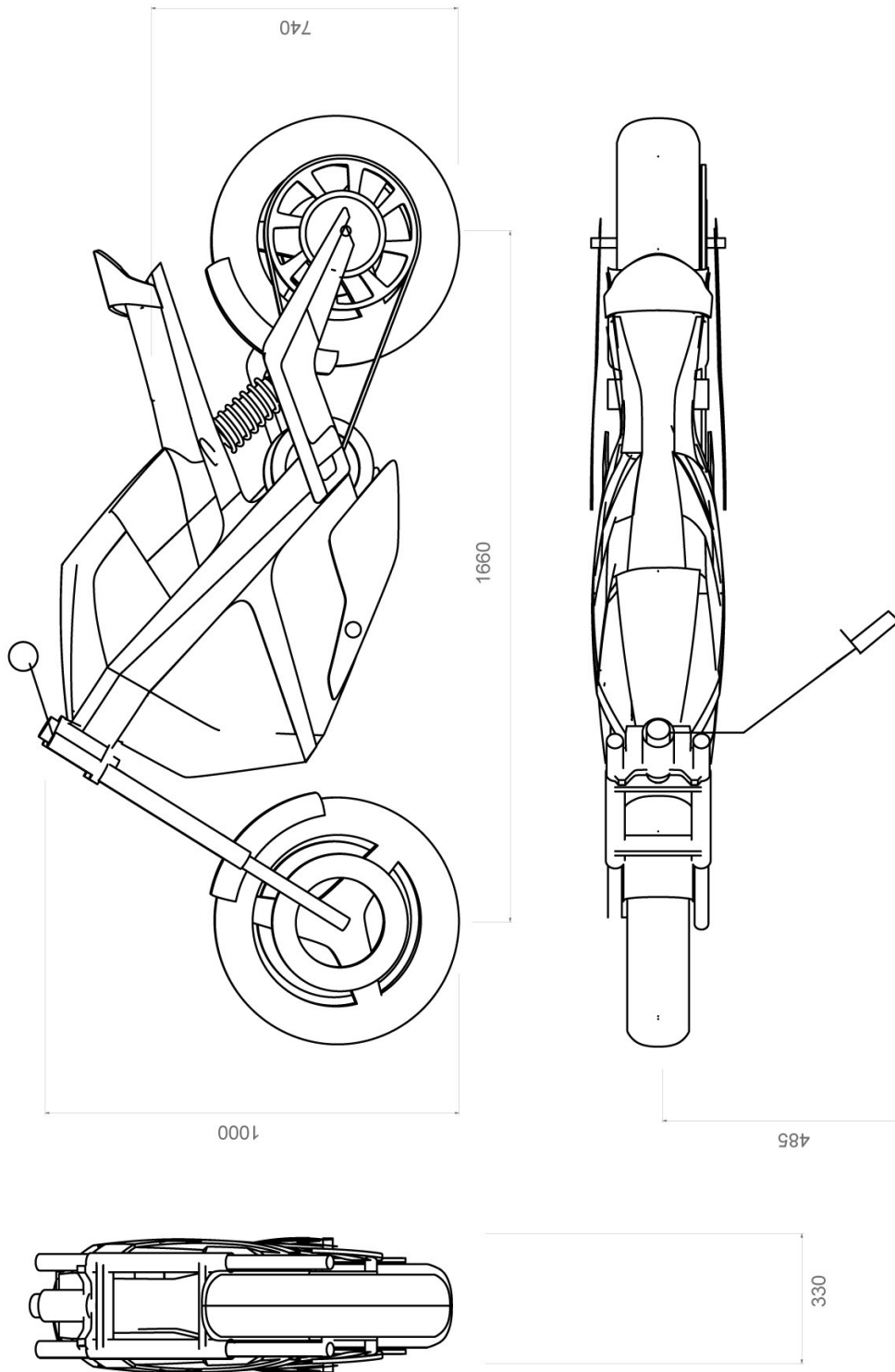


49

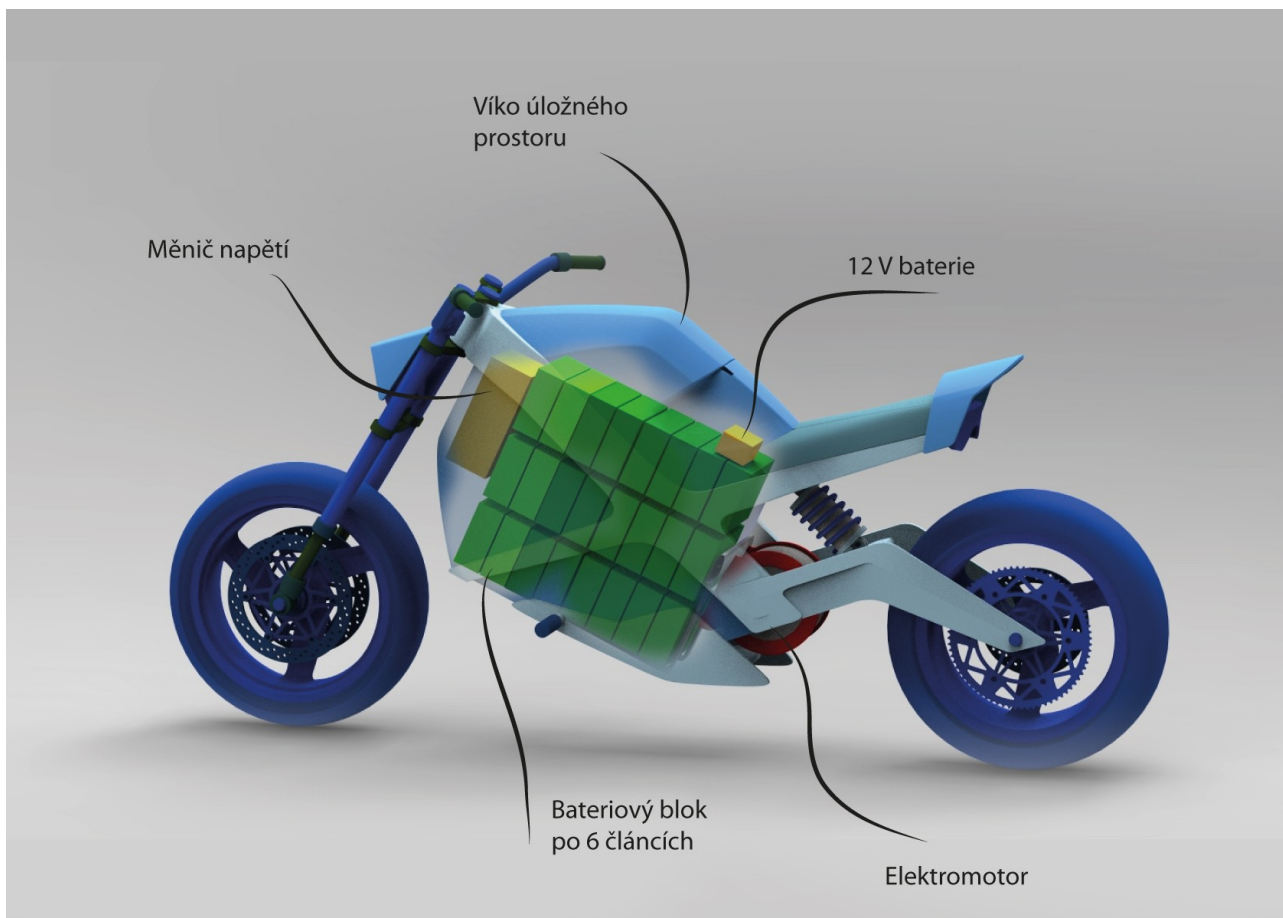
---

49 Zdroj: Vlastní skici

### Příloha 3: Rozměrový výkres



## Příloha 4: Konstrukční schema

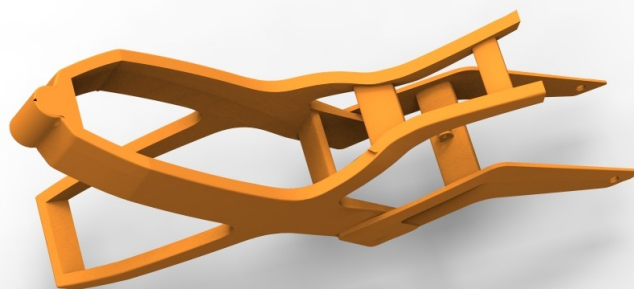
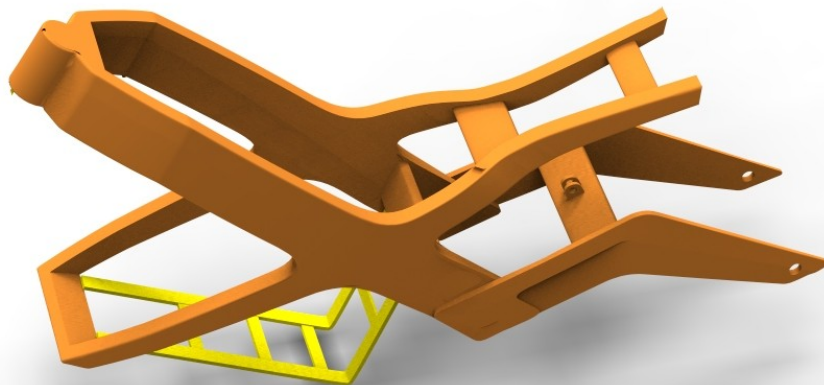


50

---

50 Zdroj: Vlastní 3D vizualizace

## ***Příloha 5: Rám motocyklu***

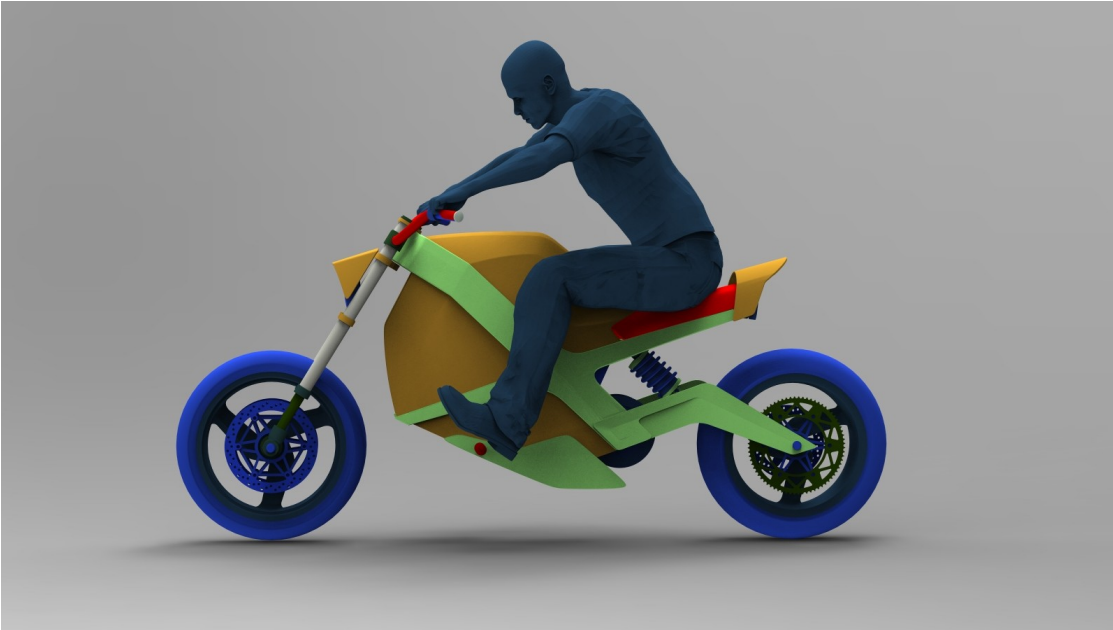


51

---

51 Zdroj: Vlastní 3D vizualizace

## Příloha 6.a: Ergonomická studie



52

---

52 Zdroj: Vlastní 3D vizualizace

## ***Příloha 6.b: Ergonomická studie***



53

---

53 Zdroj: Vlastní 3D vizualizace

## Příloha 7: Vizualizace



54

---

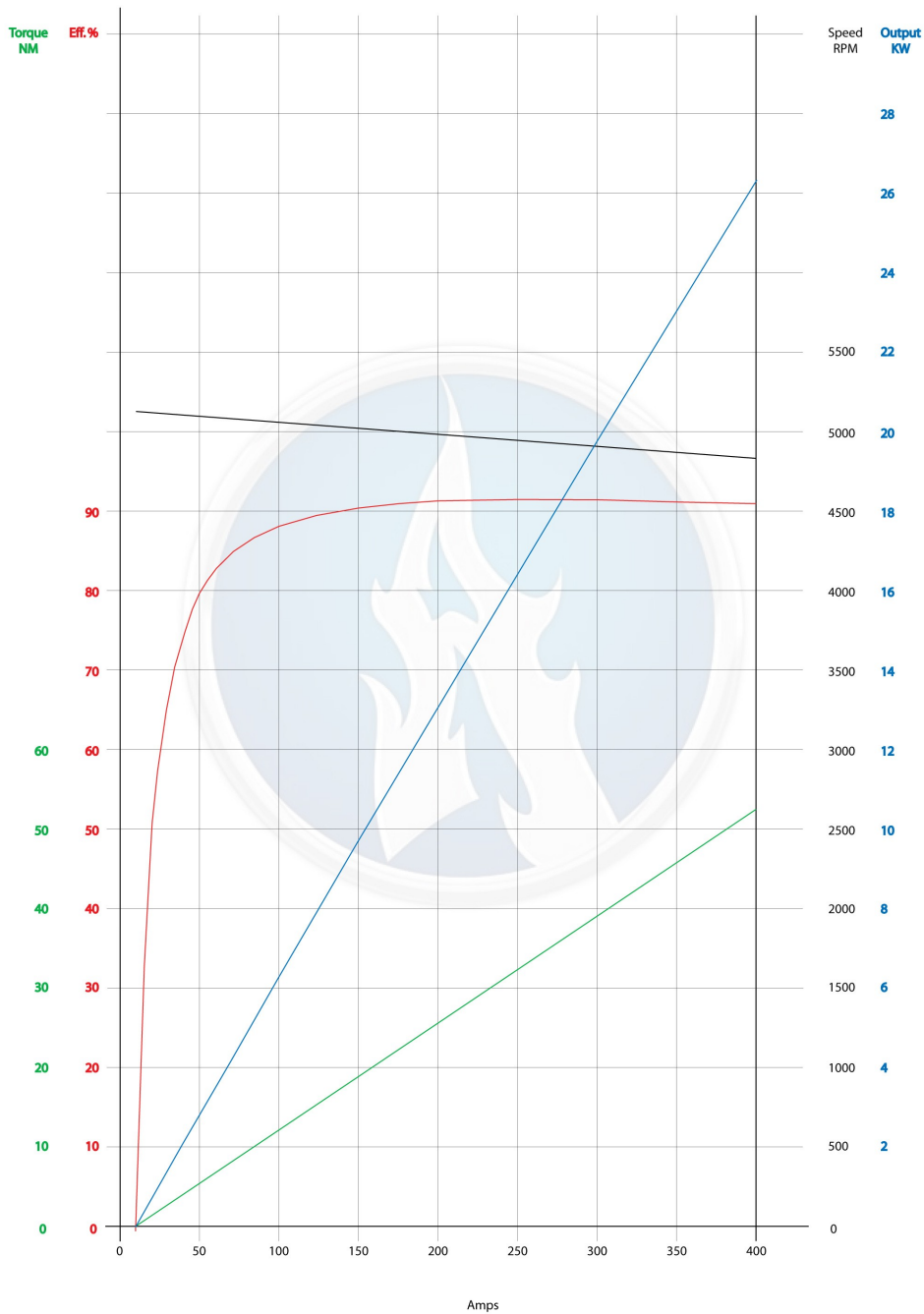
54 Zdroj: Vlastní 3D vizualizace



## Příloha 8: Charakteristika motoru

71RPM/VOLT AT 72V

95-turn armature (re inforced version only)  
Recommended for 'Sporting' applications only,  
such as a motorcycle or speedboat



e: [info@agnimotors.com](mailto:info@agnimotors.com)

w: [www.agnimotors.com](http://www.agnimotors.com)

55

55 Zdroj: <<http://www.agnimotors.com>>