

**Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2015**

**BcA. Josef Ludvík Böhm**

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara**

**Diplomová práce**

**DESIGNOVÁ STUDIE  
JEDNOSTOPÉHO ELEKTRICKÉHO VOZIDLA**

**BcA. Josef Ludvík Böhm**

**Plzeň 2015**

**Západočeská univerzita v Plzni**  
**Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara**

**Katedra designu**  
Studijní program Design  
Studijní obor Design

**Diplomová práce**  
**DESIGNOVÁ STUDIE**  
**JEDNOSTOPÉHO ELEKTRICKÉHO VOZIDLA**

**BcA. Josef Ludvík Böhm**

Vedoucí práce: doc. ak. soch. František Pelikán  
Katedra designu  
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara  
Západočeské univerzity v Plzni

**Plzeň 2015**

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

Plzeň, červenec 2015

.....  
podpis autora



## **Poděkování**

Poděkování patří vedoucímu této práce doc. ak. soch. Františku Pelikánovi, nejen za vedení při plnění tohoto zadání, ale i za jeho úlohu ve startu mé designéřské kariéry. Děkuji firmě Be3D s.r.o. za pomoc při realizaci fyzického modelu, panu Branislavu Maukšovi za podnětné konzultace a mé rodině za vydatnou podporu.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>MÉ DOSAVADNÍ DÍLO V KONTEXTU SPECIALIZACE.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TÉMA A DŮVOD JEHO VOLBY.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>PROCES PŘÍPRAVY .....</b>	<b>4</b>
4.1	Rešerše.....	4
4.3	Ergonomie.....	5
<b>5</b>	<b>PROCES TVORBY .....</b>	<b>6</b>
5.1	Skicování - varianty .....	6
5.2	3D model .....	8
5.3	Vizualizace .....	9
5.4	Prezentační model .....	10
<b>6</b>	<b>TECHNOLOGICKÁ SPECIFIKA.....</b>	<b>11</b>
6.1	Rám.....	11
6.2	Podvozek.....	11
6.3	Baterie .....	12
6.4	Motor .....	13
6.5	Kola .....	13
<b>7</b>	<b>POPIS DÍLA.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍNOS PRÁCE PRO DANÝ OBOR.....</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>SILNÉ STRÁNKY.....</b>	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>SLABÉ STRÁNKY.....</b>	<b>17</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>18</b>
11.1	Knižní a periodická literatura.....	18
11.2	Internetové zdroje .....	19
<b>12</b>	<b>RESUMÉ .....</b>	<b>20</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>21</b>

## 1 MĚ DOSAVADNÍ DÍLO V KONTEXTU SPECIALIZACE

Po ukončení gymnázia jsem zvolil obor Průmyslový design na Ústavu umění a designu, kvůli jeho unikátní poloze mezi kreativním a racionálním světem. Období bakalářského studia pro mne znamenalo především seznamování se s obecnou metodologií, chápání funkce, tvarosloví a počátek vývoje osobitého stylu. Významnější práce z tohoto období jsou „Taxi pro Prahu“ - 2011 a studie robotické ortézy „7miles“ - 2012, obojí jako příspěvek do soutěže Dassault Systèmes Design Challenge. Obě práce získaly druhé místo ve svém ročníku. Bakalářské studium jsem obhájil prací „Elektrická tříkolka pro lidi s pohybovým omezením“, která pro mne znamenala první hlubší sondu do světa konstrukčního navrhování.

V průběhu magisterského studia designu na této škole jsem se zaměřil na hlubší propojení tvarosloví a funkční podstaty díla. Snažím se od té doby také o důkladnější osvojení si virtuálního modelování a skicování, jako nástrojů pro posunutí kvality díla za jednotku času. Intenzivní spolupráce s Fakultou strojní nastala ve druhém ročníku, při práci na projektu „Blue elyctra“ - funkčním prototypu elektrického motocyklu (viz Příloha 1). Výsledek nesplnil mé očekávání, ale přinesl mi velmi cenné zkušenosti v chápání funkčního celku, i v komunikaci s konstrukčním týmem. Tyto zkušenosti promlouvají do volby tématu diplomové práce i jejího zpracování. Během práce v druhém ateliéru mého studia (Keramický design), sice nevznikla žádná významnější realizace, ale získal jsem respekt k materiálu a jeho vztahu k formě. Pokračování v navrhování motocyklů pro mne znamenala roční spolupráce s firmou Kuberg s.r.o. (viz Příloha 2).

Magisterské studium vyvrcholilo pro mne dvěma zásadními událostmi. Nejprve týmovým návrhem a realizací studentského elektrického vozítka „Yo!“, který přinesl taktéž velmi cenné zkušenosti, za druhé tříměsíční stáž ve firmě Aufeer Design s.r.o., pod vedením pana Branislava Maukše. V současné době uplatňuji schopnosti získané studiem jako zaměstnanec této firmy.

## 2 TĚMA A DŮVOD JEHO VOLBY

Studium designu na Fakultě designu a umění Ladislava Sutnara mi přineslo mimo jiné dílčí zkušenosti s navrhováním jednostopých vozidel, ve dvou případech až do podoby funkčního prototypu. Jedním z důvodů volby tématu „Designová studie jednostopého elektrického vozidla“ je snaha tyto znalosti uplatnit a zdokonalit.

Za téma diplomové práce jsem zvolil elektromotocykl zaměřený primárně na městské prostředí, ale využitelný také v příměstské dopravě a pro volný čas. Je koncipovaný jako alternativa ke skútru, či malé motorce. Tyto kategorie jsou často chápány jako užité, charakterem neporovnatelné s „dospělými“ motocykly. Výzvou je navrhnout takový výrobek, který si uchovává dobré užité vlastnosti v městském prostředí a zároveň nabízí silný charakter a požitky z jízdy.

Dalším důvodem pro volbu tohoto tématu je podle mého názoru aktuální přelomové období ve vývoji v této oblasti, v poslední době rozmáhající se elektrická vozidla všech možných kategorií. Myslím si, že dochází k míchání těchto kategorií, přičemž se tím otevírají nové možnosti a nové přístupy. V segmentu elektrokol vznikají produkty se silným motorem (zejména v USA, i několik kilowatt), které už jsou prakticky motorkami se šlapkami, ze světa automobilů se sem tlačí koncepty malých městských vozítek nejrůznějších architektur. To přináší prostor a inspiraci pro experimenty s jinak téměř neměnným uspořádáním prvků motocyklu. Další významný prostor pro inovace přináší samotný elektropohon. Mimo technické specifikace pohonu a baterií je zde velký prostor pro vytváření vhodných forem takto poháněných motocyklů. Klasická kompozice motocyklu staví ve většině případů na srdci takového stroje - motoru. Elektromotory bývají daleko menší a tvarově jednodušší, proto je zde taková kompozice nevyhovující. Další problémy přináší nutný objem pro baterie. Myslím si, že se stále nepodařilo vytvořit vyhovující standart pro navrhování elektromotocyklů, je to příležitost i výzva.

### 3 CÍL PRÁCE

Jak bylo naznačeno v kapitole „Téma a důvod jeho volby“, do sériové produkce se dostává stále více elektromotocyklů, přičemž nejsem přesvědčen, že byla nalezena jejich skutečně vhodná forma. Klasické uspořádání je zde narušeno nepřítomností hlavního kompozičního prvku - motoru a každý výrobce se snaží důraz přesunout jinam. Mým hlavním cílem je tedy nalezení skutečně vhodné podoby elektromotocyklu, pravdivě reagující na přítomné i nepřítomné prvky. Je zde velká příležitost, a to je také mým cílem, najít originální řešení, pomoci definovat nové standarty, nejen tvořit skládku z existujících celků.

Při tvoření rešerše jsem se velmi často setkával s negativním ohlasem motorkářů na elektropohon, částečně vycházející z předsudků a zažitých klišé, částečně však ze skutečně negativních vlastností těchto vozidel. Kromě nedostatečného dojezdu na baterie a vysoké ceny prvních sériově vyráběných elektromotorek (což může designér ovlivnit jen velmi omezeně), se to týká příliš hmotného vzhledu, kvůli nutnosti pojmout objem baterií. Samozřejmě nemohu ovlivnit cenu a kapacitu dostupných bateriových článků, ale je zde jasně patrný stabilní trend zvyšování kapacity a snižování ceny. Pro motocykly nepříznivý tvar bateriových článků (kvádr je podle mne „nepřítel“ motocyklu), společně s technickými aspekty představuje další výzvu v navrhování. Dílčím cílem je tedy najít vhodné rozložení článků ve stroji vzhledem k proporcím, těžišti, pevnosti konstrukce a ergonomii. V této oblasti se doufám opřít o zkušenosti ze spolupráce s firmou Kuberg s.r.o., kde rozložení baterií v soutěžním trialovém motocyklu bylo kritickou fází celého procesu navrhování.

Hlavním cílem tohoto projektu je tedy nalezení nové, autentické formy malého městského elektromotocyklu, který je nejen praktický, ale i plný charakteru, vybízející k jízdě. Tato forma musí plně odrážet funkční podstatu a vhodným způsobem upozorňovat na prvky elektrického pohonu.

## 4 PROCES PŘÍPRAVY

### 4.1 Rešerše

Historie elektromotocyklů začíná koncem 19. století, kdy byl podán první patent zmiňující „elektrické kolo“. Dlouhou dobu poté se zde však nic zásadního nedělo, až v roce 1974 elektrický speciál Mika Corbina „quick Silver“ stanovil rychlostní rekord pro elektromotocykly, 266 km/h<sup>1</sup>. Prvním sériově vyráběným modelem byl elektrický skútr Peugeot Scoot'Elec. Vyravnější úspěchy zaznamenávají tyto stroje až v posledních letech. Dá se tedy říci, že historie elektromotocyklů se píše právě teď.

Největší komerční a marketingový úspěch (mimo záplavy levných elektrických skútrů čínského původu) zaznamenávají motorky značky „Zero“ (viz Příloha 3), které jsou zřejmě kvalitně provedené, mají solidní jízdní vlastnosti a dojezd (což je hlavní důvod jejich úspěchu) a několik zajímavých technicko-estetických řešení. Celkově se ale drží zavedených schémat, jejich vzhled se prakticky neliší od benzínových motocyklů, až na baterii s kapotáží nahrazující motor. Podobná situace je u Brammo Empulse (viz Příloha 4), zde je sympatická snaha o přiznání baterií, jako klíčového estetického prvku, ale celkově opět příliš nevybočuje z běžné produkce. V poslední době přitáhla značnou pozornost značka Harley Davidson se svým elektrickým konceptem LiveWire (viz Příloha 5), kde se opět očividně snaží hledat nové estetické řešení. Technická krása klasického dvouválce je zde nahrazena pohledovým prostorovým rámem a složitě vypadajícím krytem elektrického motoru ve spodní části. Jiná záležitost jsou kapotované supersportovní motocykly, kde nahrazení spalovacího motoru není většinou na první pohled ani poznat. Myslím si, že zde je trend jasný - je jen otázkou času, než dojde k většinovému nahrazení klasických motorů, z jediného důvodu - kontrolovatelný výkon a technická jednoduchost. Pro mne největší inspirací z této oblasti je dílo japonských konstruktérů, kříženec motorky a přerostlého skútru, Zecoo (viz Příloha 6), kterému se i přes jistou těžkopádnost nedá upřít originalita a boření zaběhlých schémat.

<sup>1</sup> Electric motorcycles and scooters [online]. [cit. 2015-07-24]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_motorcycles\\_and\\_scooters#1895\\_to\\_1950](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motorcycles_and_scooters#1895_to_1950)>

Velký vliv na vývoj mého konceptu měla dvojice malých legendárních motocyklů/skútrů. Prvním z nich je skútr Honda Zoomer 50 (viz Příloha 7), představený v roce 2002, unikátní svou jednoduchostí a přísnou, technicky strohou estetikou. Po ukončení výroby tohoto modelu přišel nástupce Honda Zoomer X, který sice nese hlavní linky předchůdce, ale je podle mého názoru přehnaně tvarovaný a postrádá onu jednoduchost.

Druhým strojem je legendární Honda Monkey<sup>2</sup>, poprvé k vidění v roce 1960, opět proslulý svou geniální jednoduchostí. Relevanci k této práci má především jeho ideový nástupce, Honda MSX 125 (viz Příloha 8), v prodeji od roku 2014. Na Hondě MSX 125 mě zajímá především její (malá) velikost a z toho vycházející praktičnost v městském prostředí a překvapivý styl. Je však škoda, že zde Honda nešla dál a většinu prvků pouze převzala a zmenšila z dospělých motorek. V této kategorii vidím velký prostor pro nová řešení, zvláště ve spojení s novým druhem pohonu.

### 4.3 Ergonomie

Absolutně klíčovou roli v oblasti navrhování motocyklů hraje ergonomie. Jejich celkovou stavbu určuje, kromě podvozku, pozice jezdce a z toho vyplývající umístění sedla, řidítek, stupaček a celkového ergonomického tvarování. Experimentování s těmito údaji je nutné provádět na více iteracích modelu 1:1, což překonává rozsah této práce a mé možnosti. Proto jsem se rozhodl využít ergonomické rozměry výše zmíněné Hondy MSX 125, jako podklad pro 3d model. Jsem přesvědčen, že pro výstup této práce stačí intuitivně interpretovat (s dostatečně malou odchylkou) tyto údaje. Pro další vývoj mého konceptu by bylo dále nutné onu maketu, případně prototyp postavit a vše reálně ověřit.

<sup>2</sup>Monkey bike [online]. [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Monkey\\_bike](https://en.wikipedia.org/wiki/Monkey_bike)>

## 5 PROCES TVORBY

V průběhu tvorby této práce jsem se držel obecně akceptovaného postupu. Během studia jsem se snažil o nalezení nejefektivnější cesty k výsledku a časem jsem zjistil, že jsem se příliš neodklonil od standartu. To zhruba znamená ruční skica na papír, detailnější definování technických aspektů, 3D model, reálný model/prototyp, přičemž může být dobré se vracet a opakovat jednotlivé fáze.

Na začátku jsem si stanovil rozměry vycházející z motocyklu Honda MSX 125, kromě výše zmíněných ergonomickým parametrů jsou víceméně převzaty i parametry podvozku, tj. rozměry kol a rozvor.

### 5.1 Skicování - varianty

Tato fáze tvorby zabrala nejvíce času celého projektu. Proces skicování pro mne znamená rychlé hledání formy, uvědomování si estetických i technických souvislostí, hrubé definování detailů s přesahem do prezentační funkce. Vizuelní podobu skicy určuje tato poloha. Jedná-li se o poznámky, ruka musí stíhat myšlenkám a čistota, čitelnost kresby zde není tak důležitá. Pokud je cílem komunikovat, sdílet nápady, je nutné čitelnost upřednostnit. V této práci jsem zvolil finální prezentaci formou 3d vizualizací, proto mají následující dvourozměrné skicy spíše povahu rychlého hledání tvaru.

Chronologicky první varianta A (viz Příloha 9) vychází ze zmíněného skútru Honda Zoomer a snaží se o podobnou jednoduchou stavbu, s ohledem na elektrický pohon. Hlavním prvkem je zde dlouhé sedlo protažené na celou délku motocyklu, plynule přecházející v podsedlový rám. Baterie jsou přístupné z boku, kryté plastovým dílem. Vytvořil jsem několik odlišných podob této varianty, ve snaze otevřít a provzdušnit střed motoru. Po prozkoumání tohoto uspořádání ve 3d skice jsem došel k závěru, že z jiného než bočního pohledu je to tvar příliš primitivní, navíc má opticky příliš těžkopádné proporce.



Následující iterace B (viz Příloha 10) se ze všech nejvíce blíží existujícím řešením, což znamená odchýlení se od původního cíle. Na druhou stranu, od počátku zde nebyl takový problém stanovit inteligentní uspořádání konstrukčních prvků. Základní linky jsou podle mne dostatečně dynamické a čitelné a je zde přítomen silný základní (funkční) motiv v podobě nosného trojúhelníku ve střední části. Celkové tvarování vychází z polohy jezdce, kapotáž v přední části odpovídá umístění nohou. Rám je páteřový, relativně jednoduché konstrukce, což je jedna z výhod této varianty. Kvůli zmíněné podobnosti s existujícími produkty, zejména pitbiky, jsem tuto variantu zavrhl.

Předposlední uspořádání C (viz Příloha 11), vychází z varianty B, ale jde dál ve smyslu umístění baterií a přístupu k nim. Zůstává zde páteřový rám, který je ale v některých místech pohledový a na něj jsou umístěné sestavy sedla, podvozku, z boku baterií a krytování. Jednotlivé prvky jsou vizuálně oddělené a záměrem je provzdušnit stavbu a dát návrhu optickou lehkost. Tvarování je spíše ostřejší, v duchu aktuálních trendů v designu motocyklů. Hlavní důraz je kladen na složitěji tvarované samonosné sedlo, na které částečně doléhají panely kapotáže. Tento návrh je podle mého názoru proti předchozím posunutý dál, ale pořád je zde příliš velká podobnost proporcí vůči klasickým motocyklům.

Varianta, kterou jsem vybral ke zpracování do finálního konceptu (viz Příloha 12) se zásadně liší od předchozích tří. Hlavní rozdíl vychází z typu zavěšení předního kola, což bude dále rozvedeno v kapitole „Technologická specifika“. Tento druh podvozku a řízení mi umožnil odlehčit celou přední část, při zachování nutného prostoru pro baterie. Rám zde má netradiční tvar, hlavní zátěž nese relativně malý uzel kolem motoru, tak je možné vést hlavní hmotu rámu do podsedlové části. Tvar rámu plynule přechází v sedlo, které je vedeno křivkou do přední horní části motocyklu. Křivky zde vytváří napětí, organický pohyb, který je rámován ostřejšími přechody a technickými detaily. Netradiční typ řidítek připomínající nůžky (viz kapitola „Technologická specifika“), je veden od uložení přední vidlice až k rukám jezdce. To vytváří velmi netradiční, charakteristický tvar. Spodní část motocyklu obsahuje podvozek a pohon, horní část se soustředí na jezdce.

## 5.2 3D model

Nejprve byly ke každé naskicované variantě vytvořeny hrubé 3D skicy v programech Rhinoceros 5 a Alias Automotive<sup>3</sup>, tyto skicy mají za cíl detailněji prozkoumat proporce a smysl jednotlivých ploch. Technický základ byl v objemech převzat od Hondy MSX 125 a do modelů začleněn. V této fázi došlo k hlavní tvarové korekci, jak vzhledem ke konstrukci, tak i ergonomii. Samozřejmě i finální 3D model začínal takovouto hrubou skicou (viz Příloha 13), ta v hlavních rysech odpovídá podkladovým ručním skicám. Následoval vývoj modelu do větších detailů a řada iterací, kdy se postupně měnilo technické schéma a design.

Pro finální zpracování návrhu jsem zvolil program Alias Automotive 2014, což je CAD software pro vytváření volných ploch v kvalitě A-class<sup>4</sup>. Přes poněkud komplikovaný interface je tento modelář v podstatě bez konkurence, co se týče pokročilého modelování ploch, navíc firma Autodesk nabízí studentům školní licence zdarma. Na 3D skice finální varianty (viz Příloha 13) je vidět polygonová struktura a ostré hrany. Jedná se o primární (základní) plochy, které definují celkovou hmotu. Modelování těchto ploch, ze začátku bez ohledu na plynulé přechody, zabralo většinu modelovacího času. Během tohoto času se primární plochy postupně měnily až do finální podoby. Poté jsem začal základní plochy řezat a tvořit mezi nimi plynulé přechody. Po dokončení všech povrchových ploch následovala fáze uzavírání jednotlivých dílů pro 3d tisk a realističtější efekt vizualizace, to bylo realizováno střídavě v programu Alias a Rhinoceros 5. Poslední detaily, především technické povahy byly dokončeny v programu Rhinoceros. Tento software také umožňuje průběžně kontrolovat reálné dimenze a generovat výkresy (viz Příloha 14). Dokončený 3d model (viz Příloha 15) je takové kvality provedení, jaké vyžaduje 3d tisk a především vizualizace. Je důležité mít v pořádku primární plochy a velké přechody, malé radiusy v těchto případech nejsou tolik patrné. Pro případnou výrobu prototypu a forem pro sérii by bylo třeba těmto detailům věnovat více péče. Jsem však přesvědčený, že kvalita je pro účely diplomové práce a jejích výstupů dostatečná.

<sup>3</sup> Autodesk Alias Automotive [online]. [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: <<http://www.awgraph.cz/design/produkty/alias-automotive>>

<sup>4</sup> Class A surfaces [online]. [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Class\\_A\\_surfaces](https://en.wikipedia.org/wiki/Class_A_surfaces)>

### 5.3 Vizualizace

Hotový 3D model jsem exportoval do specializovaného renderovacího softwaru, jehož pomocí jsem vyrenderoval finální vizualizace (viz Příloha 16). Snažil jsem se najít ideální polohu mezi fotorealistickým podáním a záměrnou idealizací. Dobrý 3D model je základ dobré vizualizace, ale kritické jsou také použité materiály a především nasvícení a odlesky. Pomocí nastavení světel v renderované scéně je možné dát vizualizacím potřebnou plasticitu a vykreslit, nebo potlačit určité objemy. Moderní renderovací technologie mají intuitivní rozhraní a nastavení podobné reálné fotografii a umožňují vytvořit velmi rychlý náhled výsledku. Tak je možné vyladit každý detail podle autorského záměru.

Skvělé na virtuálním renderování je možnost velmi rychle zkusit různé varianty materiálů a barevných schémat, i ve vztahu k různým druhům prostředí odrážených na povrchu. Hlavní barevnost jsem volil jako kombinaci kovového polomatného povrchu (rám) se sytě modrou (sedlo a gumové povrchy). Modrá zde odkazuje na elektrický pohon a dodává jistý futuristický nádech. Různé doplňky jsou v odstínech černé, aby nenarušovaly linie celku.

Jednotlivé záběry jsem volil tak, aby vznikly kombinace popisných a dynamických obrazů. Kontrast materiálů zde není ani tak v barvě (zde spíše dvoubarevné pastelové varianty), jako spíše v lesku a matu. Mým záměrem mimo jiné je, aby tvarování vhodným, dynamickým způsobem odráželo světlo a reflexe okolí, přičež moderní vizualizační programy jsou dobrým nástrojem jak v tomto směru experimentovat.

## 5.4 Prezentační model

Největším nedostatkem virtuálního modelu je absence měřítka. Lze sice cokoli změřit s libovolnou přesností, ale dvourozměrnou reprezentaci na obrazovce lidský mozek vnímá jinak, než prostorový objekt v reálném měřítku. Proto jsou např. v automobilovém průmyslu, i přes velké náklady, velmi často používané modely 1:1. Je to i hlavní důvod, proč součástí diplomových prací v oboru design bývá hmotný prezentační model. V tomto projektu jsem zvolil 3D tisk jako metodu výroby hmotového prezentačního modelu (viz Příloha 17). Na trhu je možné volit z více druhů 3D tisku, liší se cenou, tvarovými možnostmi, tiskovým materiálem a kvalitou povrchu. Mé požadavky nejlépe odpovídaly tisku metodou FDM<sup>5</sup>, čili nanášením rozžhavenou tryskou roztavený plast vrstvu po vrstvě. Kromě samotného modelu se tisknou podpory tam, kde by jinak vrstvy plastu visely volně ve vzduchu a model by se zhroutil. Podpory mohou být z jiného, snadno rozpustitelného materiálu (pokročilejší verze tisku), nebo stejného materiálu jako model (levnější tiskárny). Podpory se po dokončení výroby odstraní a zůstane samotný model. Nevýhoda této metody spočívá (kromě tvarového omezení, viz výše) v hrubější výsledné struktuře. (viz Příloha 18)

Metodu FDM jsem zvolil kvůli většímu vytištěnému objemu materiálu, protože jde o cenově nejdostupnější variantu. Zvolené měřítko 1:4 ještě dobře slouží pro zhodnocení proporcí a jednotlivé díly v této velikosti se vejdou na tiskovou plochu většiny průmyslových 3D tiskárem. Hotový 3D model jsem po jeho dokončení rozdělil na více dílů dle barevnosti a kde to bylo možné, rozřezal v ploše symetrie (kvůli zredukování počtu nutných podpor a tím i zrychlení tisku). Po vyjmutí z tiskárny díly modelu prošly nejnutnější povrchovou úpravou (zbroušení vrstevnic) a slepením podle barevnosti. Po nabarvení byly sestaveny do finální kompozice a upevněny na dřevěnou desku.

<sup>5</sup> Fusion Deposit Modeling [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <<http://www.3d-tisk.cz/fused-deposition-modeling/>>

## 6 TECHNOLOGICKÁ SPECIFIKA

Přes netradiční vzhled a některá technická řešení konceptu jde, myslím si, o vyrobiteľnou záležitost. Pro výrobu prototypu by bylo třeba učinit spoustu kompromisů, ale jsem přesvědčen, že topologicky je možné tento design realizovat s dnešními výrobními technologiemi. Dále jsou rozvedená a odůvodněná jednotlivá technická řešení<sup>6</sup>.

### 6.1 Rám

Rám motocyklu je koncipován jako prostorový, sestavený z levé a pravé poloviny pro snadnější výrobu. Hlavní díly jsou navrženy pro odlévání z hliníkové slitiny. Vnější plochy rámu jsou pohledové, což zvyšuje nároky na opracování povrchu, ale zároveň snižuje počet potřebných plastových krytů. Ekonomičtější, ale esteticky méně pravdivá koncepce by využívala jednoduše vyrobiteľný trubkový prostorový rám, pokrytý plastovými pohledovými kryty. Díky netradičnímu podvozku je hlavní zátěž soustředěna do středu rámu v oblasti motoru a uchycení tlumičů. To zvyšuje spolehlivost konstrukce a celkovou odolnost.

### 6.2 Podvozek

Zde jsem původně vycházel ze zmíněného motocyklu Honda MSX 125. Naprostá většina motocyklů používá zadní kyvnou vidlici, zavěšenou na dvojici tlumičů, případně s centrálním tlumičem uloženým přímo, nebo s přepákováním. Pro tento koncept jsem zvolil variantu s přímo uloženým centrálním tlumičem. Podle mého názoru dobře poslouží jak esteticky, tak výkonově a navíc vyniká jednoduchostí konstrukce. Uložení osy zadní kyvné vidlice je součástí sestavy motoru a přispívá ke kompaktní stavbě.

Přední část podvozku se vymyká standartním řešením. Přední kyvná vidlice s centrálním tlumičem je nejen zdrojem unikátních tvarů, ale přináší

<sup>6</sup>Technika motocyklu [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <<http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/technika-motocyklu-8.-cast-podvozek-3456.html>>

i vynikající jízdni vlastnosti tím, že odděluje brzděné a řídící síly. Důsledek je ten, že při brždění nedochází k „potápění“ přední části motocyklu, jako u teleskopické vidlice, a ten zůstává stabilní. Dvojitě řešení kyvné vidlice a zavěšení předního kola na dvojici kulových čepů zaručuje jeho stabilní chování při jízdě. Nevýhoda tohoto řešení spočívá v omezeném maximálním úhlu otáčení kola. Zde je tato hodnota 35°, což je průměr až podprůměr v kategorii skútrů, ale stále ještě umožňuje obratné manévrování. Rozvor kol 1200mm podporuje dobrou manévrovatelnost.

Pravděpodobně nejextrémnějším prvkem jsou řídítka. Forma vychází z kinematiky typu „nůžky“, s přepákováním na přední kolo ve spodní části. Dva rozměrné kompozitové díly jsou uloženy na společné ose a v horní části rámu, kvůli stabilitě.

Právě použití tohoto řešení mi umožnilo dosáhnout originální stavby celého motocyklu.

### 6.3 Baterie

Pro účely designového návrhu jsem zpracoval jen hrubý odhad velikosti baterií a dojezdu. Předpokládám použití článků typu LiFePo4<sup>6</sup>, čili nejmodernější dostupné, s nadprůměrnou energetickou hustotou v rámci této kategorie, řekněme 400 Wh/l. Uvnitř rámu konceptu je pro baterie využitelný prostor zhruba 12 litrů, čili celková kapacita baterie 4,8 kWh. Na základě online kalkulačtoru „[www.evsource.com](http://www.evsource.com)“<sup>7</sup> mi vychází hrubá hodnota dojezdu 130km, při váze vozidla (s jezdcem) 200kg. Váha samotného bateriového packu je asi 20kg.

<sup>6</sup> Lithium-ion battery [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery)>

<sup>7</sup> Battery pack calculator [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[http://www.evsource.com/battery\\_calculator.php](http://www.evsource.com/battery_calculator.php)>

## 6.4 Motor

Velikost motoru v konceptu odpovídá zhruba výkonu 10kw, v případě použití střídavého motoru bezkartáčového typu. Dynamika motocyklu by měla víceméně odpovídat benzínovému ekvivalentu 11 kw, čili legislativně řidičský průkaz A1. Tento typ motoru jsem zvolil kvůli jeho výhodám nad ostatními typy, zejména větší výkon, menší hlučnost, efektivita a bezúdržbovost. Mezi nevýhody patří složitá elektronika potřebná k jeho fungování. Motor je chlazený vzduchem, sice je to méně výkonné řešení, zato robustní a jednoduché.

## 6.5 Kola

V této kapitole se zmiňuji zvláště o kolech motocyklu, protože je tu použit stále ještě netradiční typ pneumatik „airless”<sup>8</sup>, čili bezvzduchové. U aut a čtyřkolek se už objevila řada prototypů s těmito pneumatikami, u motocyklů ale žádný takový uspokojivý případ není. Myslím si, že bezúdržbovost a spolehlivost takového řešení, stejně jako netradiční vzhled, dobře sedí k celkovému obrazu mého konceptu. Disky kol logicky ustupují do pozadí a pohledovou částí se stávají právě pneumatiky. Přední kolo je uchyceno letmo, kvůli použitému typu podvozku. Velikost kol je zde 14 palců, což v porovnání se skútry představuje průměrnou velikost a vhodný kompromis mezi obratností a stabilitou.

<sup>8</sup> Airless tire [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Airless\\_tire](https://en.wikipedia.org/wiki/Airless_tire)>

## 7 POPIS DÍLA

Předmětem této diplomové práce je designová studie malého elektromotocyklu, vhodného do prostředí města a jeho okolí. Rozměrově vychází ze skútrů střední velikosti a malých motocyklů, čemuž odpovídá velikost kol 14 palců a rozvor 1200mm. Návrh je koncipován jako současný, nejsou zde přítomné žádné prvky vymykající se současným výrobním možnostem. Kombinace výkonu a dojezdu odpovídá špičce současné produkce.

Kompozici motocyklu tvoří především pohledový rám, je zde minimalizováno nadbytečné krytování. Rám má díky použitému podvozku unikátní tvar, protože zatížení je distribuováno jinak, než u motocyklů s teleskopickou vidlicí. Tento tvar je směřován do výrazné linky, směřující od zadní části sedla, pokračující zbytkem rámu a plynule pokračující přední vidlicí. Tato základní linie má dynamický sklon a udává rytmus celému tvarování. Jisté napětí zde vzniká díky asymetričnosti, z levé strany vyniká letmo uložené přední kolo. Přední část těla rámují objemy řidítek nůžkovitého typu, rovné linie jsou protipolohou křivkám sedla. Kontrast k čistým plochám základního tvaru představují pneumatiky typu airless, s barevně zdůrazněnou odpruženou částí. Nejsložitěji tvarované je sedlo, ve střední části se do sebe noří objemy boků a středu. Inspirace zde pramení z bicyklových sedel, často odlehčených a velmi rafinovaně a dynamicky tvarovaných. Toto jsem se snažil uplatnit i zde, podle mého názoru je sedlo společně s řidítky nejdůležitějším prvkem motocyklu. Jakákoli odlišnost od zavedených schémat motocyklového světa je zde záměrná, cílem je použít netradičních řešení k vytvoření velmi dynamického a futuristicky působícího celku.



## 8 PŘÍNOS PRÁCE PRO DANÝ OBOR

Za hlavní cíl této práce jsem si určil definování podoby elektrického motocyklu. Podoby především zbavené bezdůvodně přejatých prvků z benzínových strojů. Během skicování a vývoje jednotlivých variant se mi postupně dařilo těchto prvků zbavovat a formovat originální tvar. Podle mého názoru tvar této studie dostatečně odpovídá elektrickému pohonu a zdůrazňuje jeho progresivní povahu.

V současné době je, až na světlé výjimky, trendem ve stylingu motocyklů vytvářet stále více složitější formy. Patrné je to především u japonských výrobců, ale i klasických, jako např. BMW. Svou prací se stavím proti tomuto trendu, ale nebezpečím z druhé strany je přílišná plochost, strnulost. Podle mého názoru se mi podařilo najít vhodnou polohu s velmi dynamickým nádechem a s jasně čitelnými linkami. Inspirací je mi přístup italských výrobců, především Ducati, a také historické stroje (zde pouze ideově).

Hlavním problémem, se kterým jsem se potýkal, bylo nalezení způsobu jak si poradit s nepřítomností motoru, jako základního elementu motocyklové formy. Nechtěl jsem jen zakrýt technickou podstatu pohledovým plastem, což je v oboru nejčastější řešení. Podle mne je třeba, aby motorka takového zaměření zůstala vzdušná. Proto jsem přesunul hlavní důraz na rám, podvozek a především ergonomické prvky. Myslím, že je to dobrý způsob tvarování, aplikovatelný i na jiné segmenty motocyklů. Hlavní přínos je tedy fakt, že jde o nový styl tvarování, respektující technickou podstatu. Může oslovit jak nové uživatele respektující elektrický pohon, tak i tradiční motorkáře dosud takový koncept motocyklu odmítající.

## 9 SILNÉ STRÁNKY

Za silnou stránku považuji především originalitu konceptu, ovšem respektující funkci. Pro vývoj variant jsem si vyhradil zásadní porci dostupného času a jsem rád, že jsem došel k uspokojivému výsledku. Dynamické, čitelné hlavní linie, přiznané funkční prvky mluví ve prospěch této práce. Díky předchozím zkušenostem s použitým 3d modelářem (viz kapitola „Proces tvorby“) jsem byl schopný návrh kvalitně zpracovat dle autorského záměru. Tato práce je navržena tak, aby byla realizovatelná s použitím špičkových, ale dostupných technologií. Je to náročnější postup, zato odpovědnější a umožňuje se tím srovnání s konkurenčními produkty.

## 9 SLABÉ STRÁNKY

Jakýkoli motocykl je velmi komplexní objekt. V předchozí kapitole bylo zmíněno, že jsem mnoho času věnoval vývoji variant. To mi sice umožnilo přijít se silným tématem, ale na druhou stranu omezilo čas potřebný ke zpracování funkčních detailů. Znamená to, že jsem se raději soustředil na fungování konceptu jako celku a nejsou zde příliš zpracovány např. páčky brzd, stupačky, vnitřní stavba světel, přepákování řízení předního kola, atd. Tohoto nedostatku jsem si vědom a doufám, že návrh jako celek je i přesto přesvědčivý.

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 11.1 Knižní a periodická literatura

1. BYARS, Mel. The design encyclopedia. London : Laurence King, 2004. ISBN 1-85669-349-X.
2. Design trend : revue nového vizuálního stylu. Brno : Design centrum České republiky, 1992. ISBN neuvedeno.
3. KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu. Praha : Vysoká škola umělecko-průmyslová, 2004. ISBN 80-86863-03-4.
4. PAULY, Jana, HULÁK, Jiří. DESIGNPRO Český průmyslový design 1990-2010. Jindřich Dušek-Signum, 2010. ISBN 978-80-903531-0-7.
5. Start your engines: surface vehicle sketches and renderings from the drawthrough collection.
6. Culver City : Design Studio Press, 2006. ISBN 978-1-933492-13-1.

## 11.2 Internetové zdroje

1. Electric motorcycles and scooters [online]. [cit. 2015-07-24]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_motorcycles\\_and\\_scooters#1895\\_to\\_1950](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motorcycles_and_scooters#1895_to_1950)>
2. Monkey bike [online]. [cit. 2015-07-25]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Monkey\\_bike](https://en.wikipedia.org/wiki/Monkey_bike)>
3. Autodesk Alias Automotive [online]. [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: <<http://www.awgraph.cz/design/produkty/alias-automotive>>
4. Class A surfaces [online]. [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Class\\_A\\_surfaces](https://en.wikipedia.org/wiki/Class_A_surfaces)>
5. Fusion Deposit Modeling [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <<http://www.3d-tisk.cz/fused-deposition-modeling/>>
6. Technika motocyklu [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <<http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/technika-motocyklu-8.-cast-podvozek-3456.html>>
6. Lithium-ion battery [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery)>
7. Battery pack calculator [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[http://www.evsource.com/battery\\_calculator.php](http://www.evsource.com/battery_calculator.php)>
8. Airless tire [online]. [cit. 2015-07-27]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Airless\\_tire](https://en.wikipedia.org/wiki/Airless_tire)>

## 12 RESUMÉ

Design proposal of an electric motorcycle is a subject of the introduced diploma thesis. The main goal is to rethink all classic features of a motorcycle and to find a new, original form, which trully answers to the presence of an electric propulsion. Key areas are aesthetics, ergonomics and functionality. Small motorcycle appropriate for the city environment was chosen as a good base.

In this paper there is described the reason behind choosing such topic, the whole process of developing the concept, as well as a short introduction of author's work. Initial research describes current market of electric motorcycles, relevant gas bikes, trends and possible issues. Chapter „Design Process“ reveals methodology of work and sequence of design phases. Important notes about hand sketching, 3D modeling, vizualization and model making are mentioned. In the second half of this theoretical work there is more detailed text about design philosophy, technical specification and strengths and weaknesses of the final concept.

## **13 SEZNAM PŘÍLOH**

### **Příloha 1**

Elektromotocykl Blue Elyctra

### **Příloha 2**

Trialový elektromotocykl Kuberg Trex

### **Příloha 3**

Zero S, 2015

### **Příloha 4**

Brammo Empulse, 2015

### **Příloha 5**

Harley Davidson LiveWire, 2015

### **Příloha 6**

Zecoo, 2015

### **Příloha 7**

Honda Zoomer 50, 2002

### **Příloha 8**

Honda MSX 125, 2014

### **Příloha 9**

Koncepční skici A

### **Příloha 10**

Koncepční skici B

### **Příloha 11**

Koncepční skici C

### **Příloha 12**

Koncepční skici D

**Příloha 13**

3D skica

**Příloha 14**

Rozměrový výkres

**Příloha 15**

3D model

**Příloha 16**

3D vizualizace

**Příloha 17**

3D tisk modelu

**Příloha 18**

3D tisk modelu, detail

**Příloha 19**

CD-ROM s textovou i uměleckou částí diplomové práce



## Příloha 1

### Elektromotocykl Blue Elyctra<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Archiv autora

## Příloha 2

### Trialový elektromotocykl Kuberg Trex<sup>2</sup>



<sup>2</sup>Archiv autora

## Příloha 3

Zero S, 2015<sup>3</sup>



<sup>3</sup> [http://s1.cdn.autoevolution.com/images/news/gallery/2013-zero-s-bike-gets-chademo-charging-photo-gallery\\_6.jpg](http://s1.cdn.autoevolution.com/images/news/gallery/2013-zero-s-bike-gets-chademo-charging-photo-gallery_6.jpg)

## Příloha 4

Brammo Empulse, 2014<sup>4</sup>



<sup>4</sup> <http://www.asphaltandrubber.com/wp-content/gallery/2013-brammo-empulse-r/2012-brammo-empulse-r-08.jpg>

## Příloha 5

Harley Davidson LiveWire, 2015<sup>5</sup>



<sup>5</sup> <http://uncrate.com/p/2014/06/harley-davidson-livewire.jpg>



## Příloha 6

Zecoo, 2013<sup>6</sup>



<sup>6</sup>[http://www.zecoomotor.com/images/zecoo\\_g01\\_06.jpg](http://www.zecoomotor.com/images/zecoo_g01_06.jpg)

## Příloha 7

Honda Zoomer 50, 2002<sup>7</sup>



<sup>7</sup> <http://images.mcn.bauercdn.com/upload/262114/images/05honda-zoomer.jpg>

## Příloha 8

Honda MSX 125, 2014<sup>8</sup>

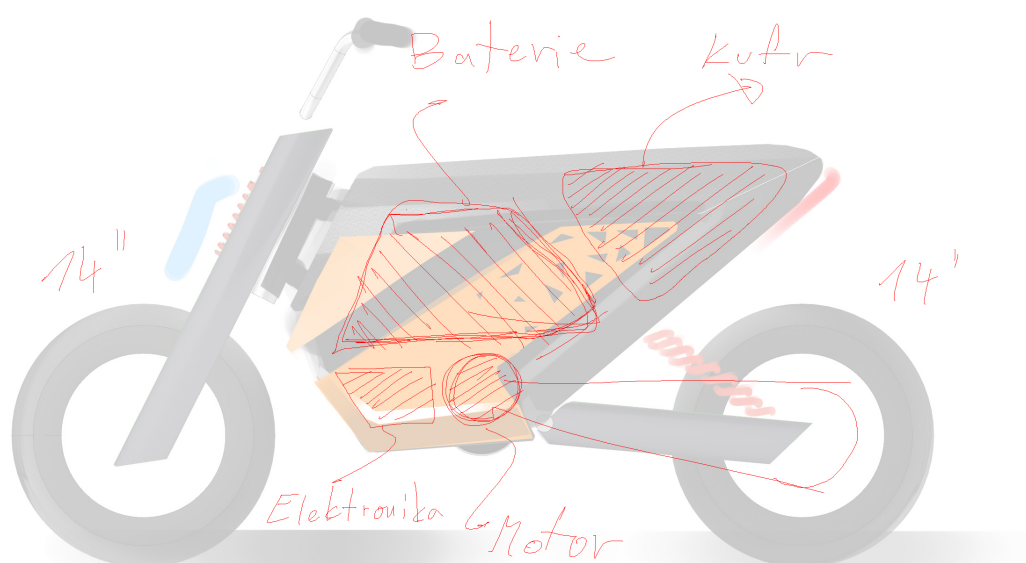


<sup>8</sup> <http://www.asphaltandrubber.com/wp-content/gallery/honda-msx125/2013-honda-msx125-04.jpg>



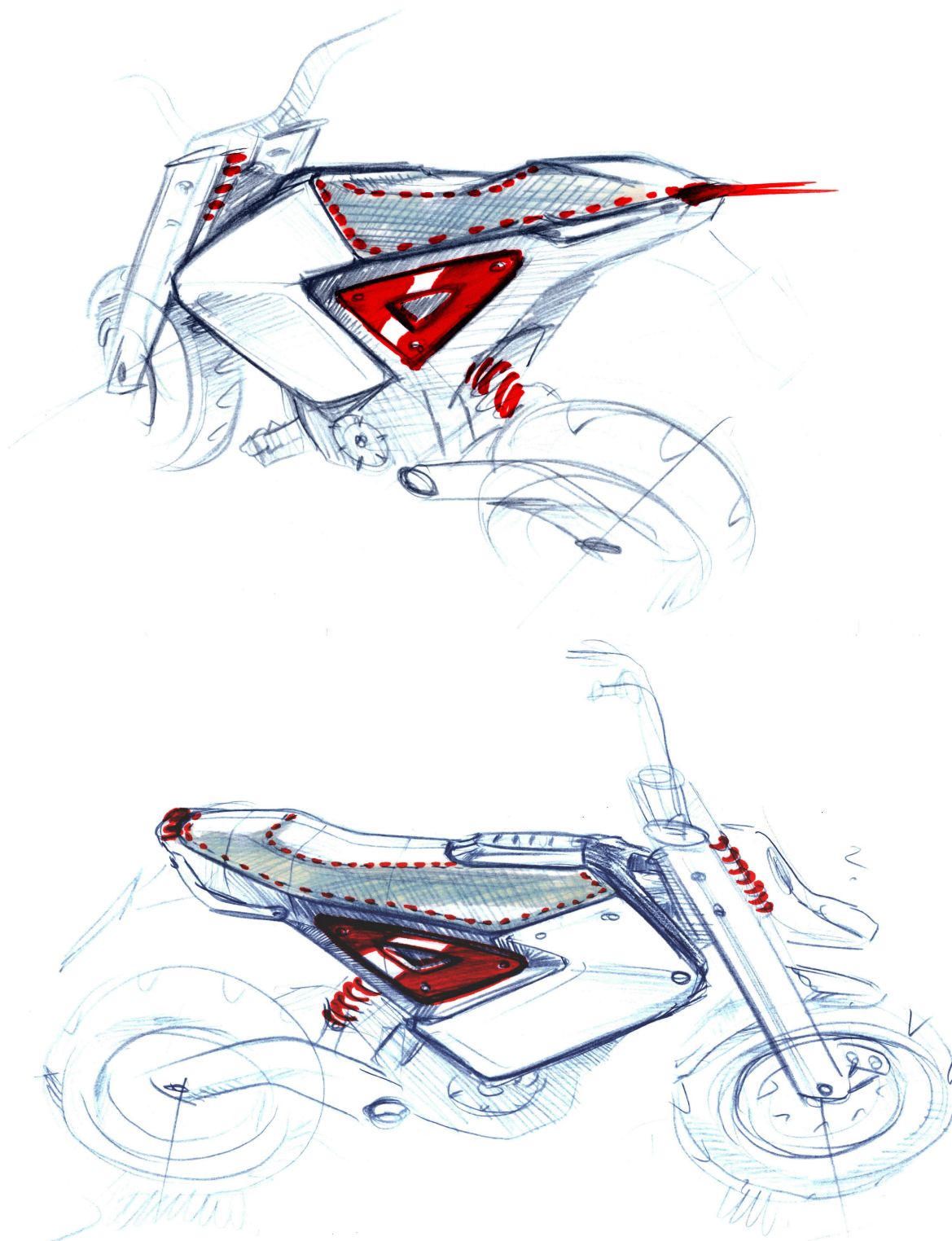
## Příloha 9

### Koncepční skici A<sup>9</sup>



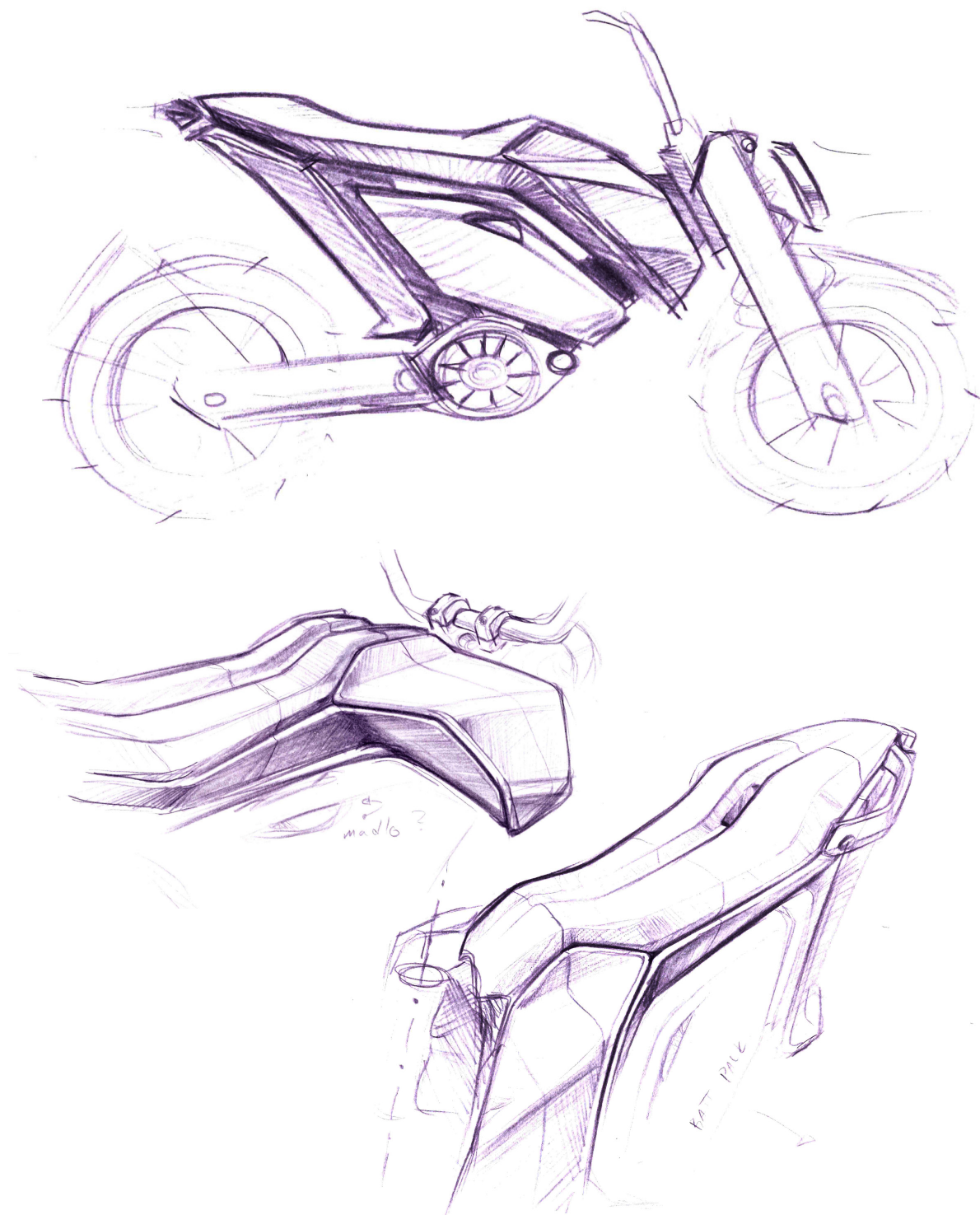
## Příloha 10

### Koncepční skici B<sup>10</sup>



## Příloha 11

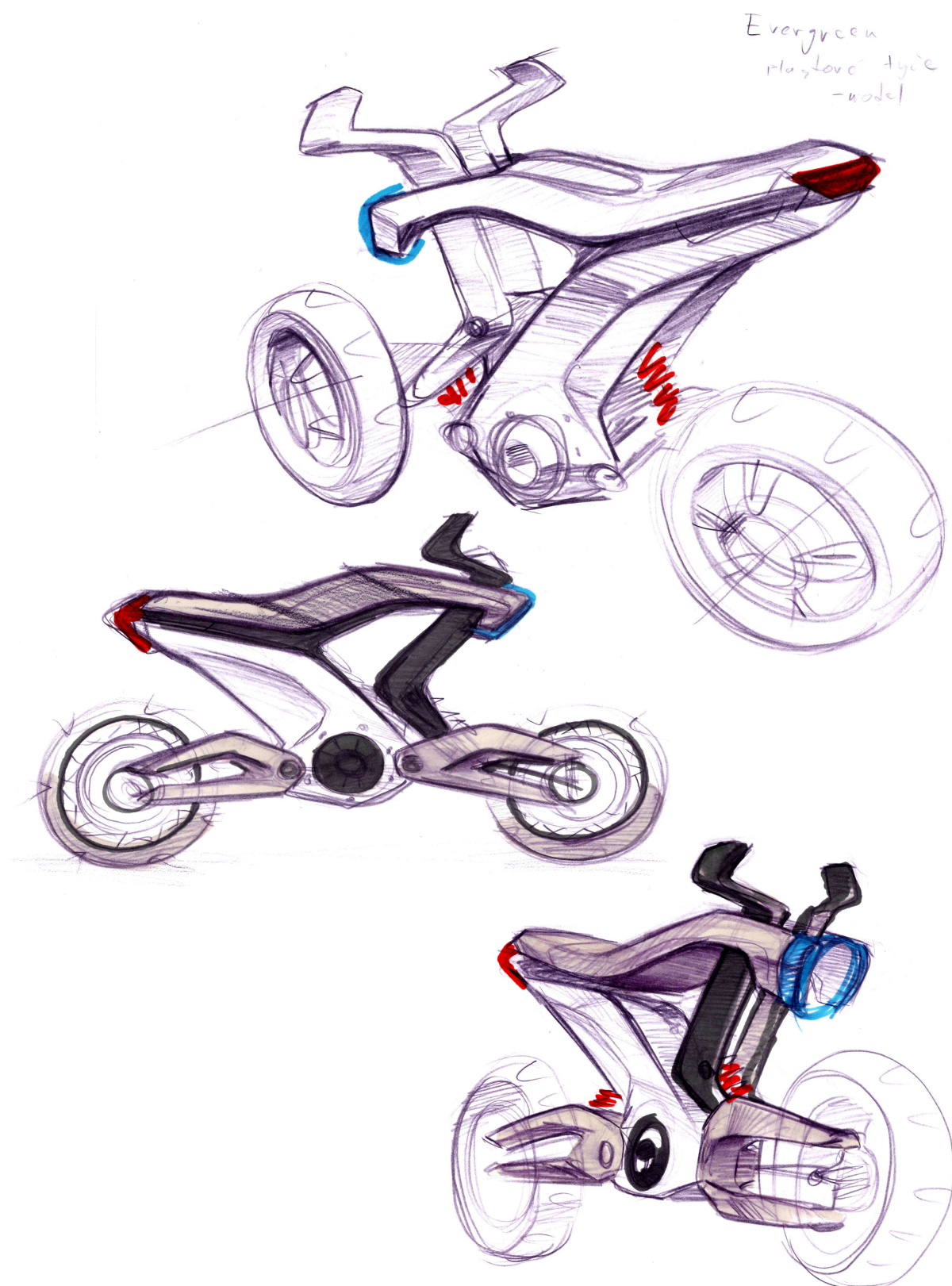
### Koncepční skici C<sup>11</sup>





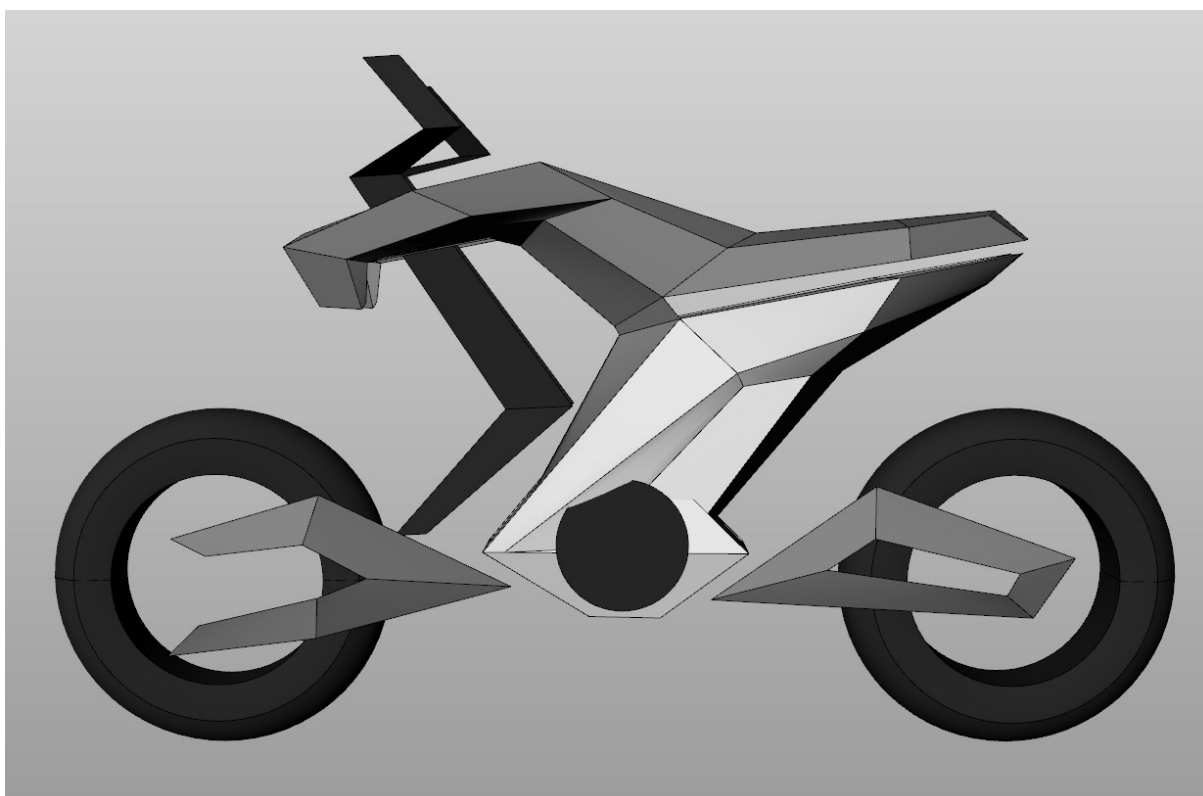
## Příloha 12

### Koncepční skici D<sup>12</sup>



## Příloha 13

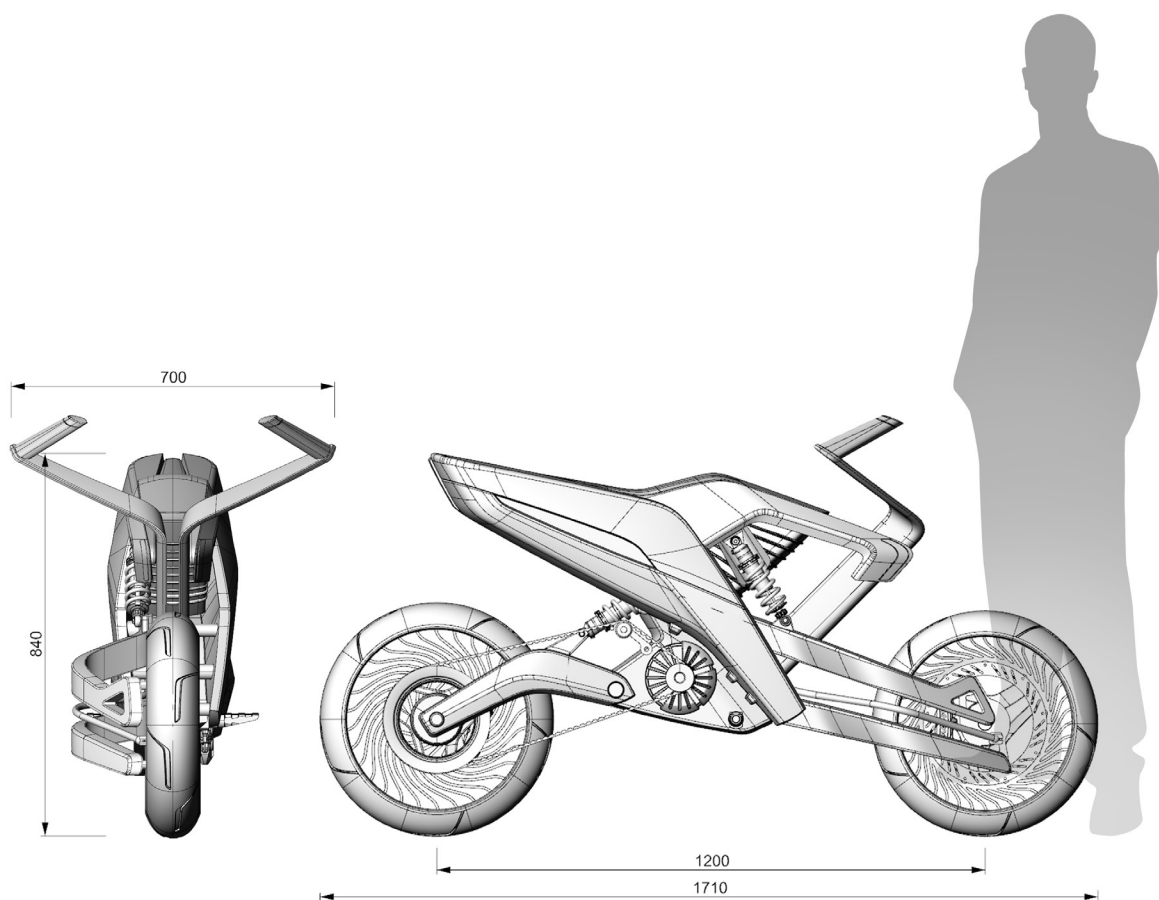
3D skica<sup>13</sup>



<sup>13</sup> Archiv autora

## Příloha 14

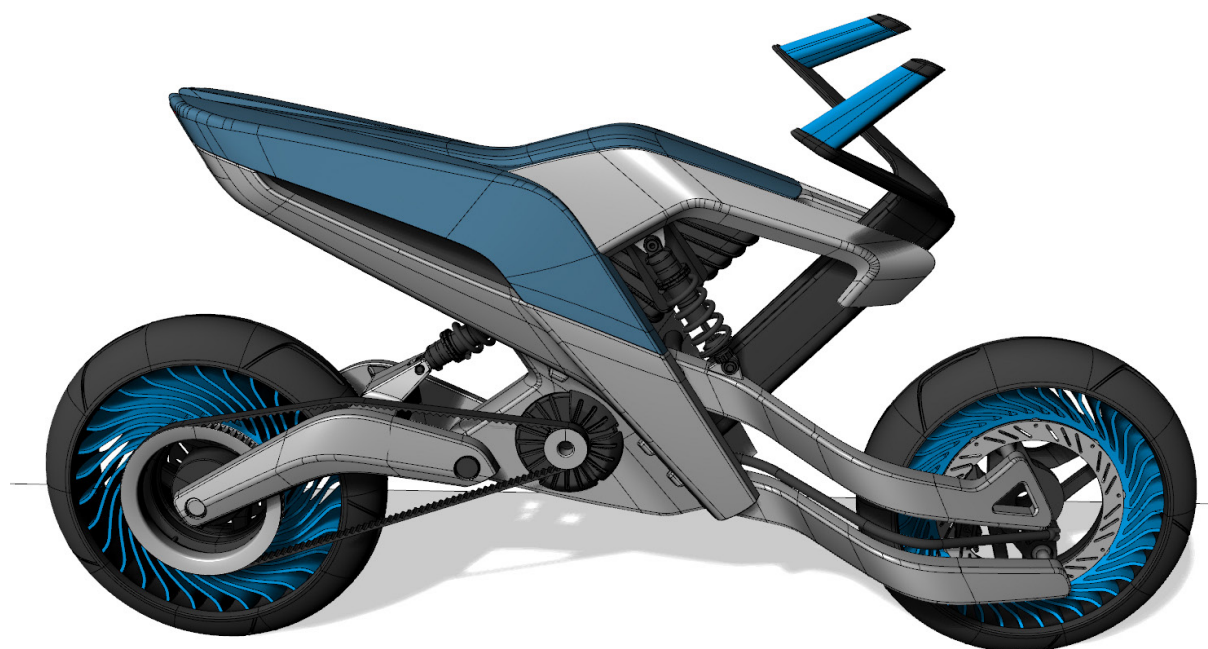
### Rozměrový výkres<sup>14</sup>



<sup>14</sup> Archiv autora

## Příloha 15

3D model<sup>15</sup>



<sup>15</sup> Archiv autora

## Příloha 16

3D vizualizace<sup>16</sup>

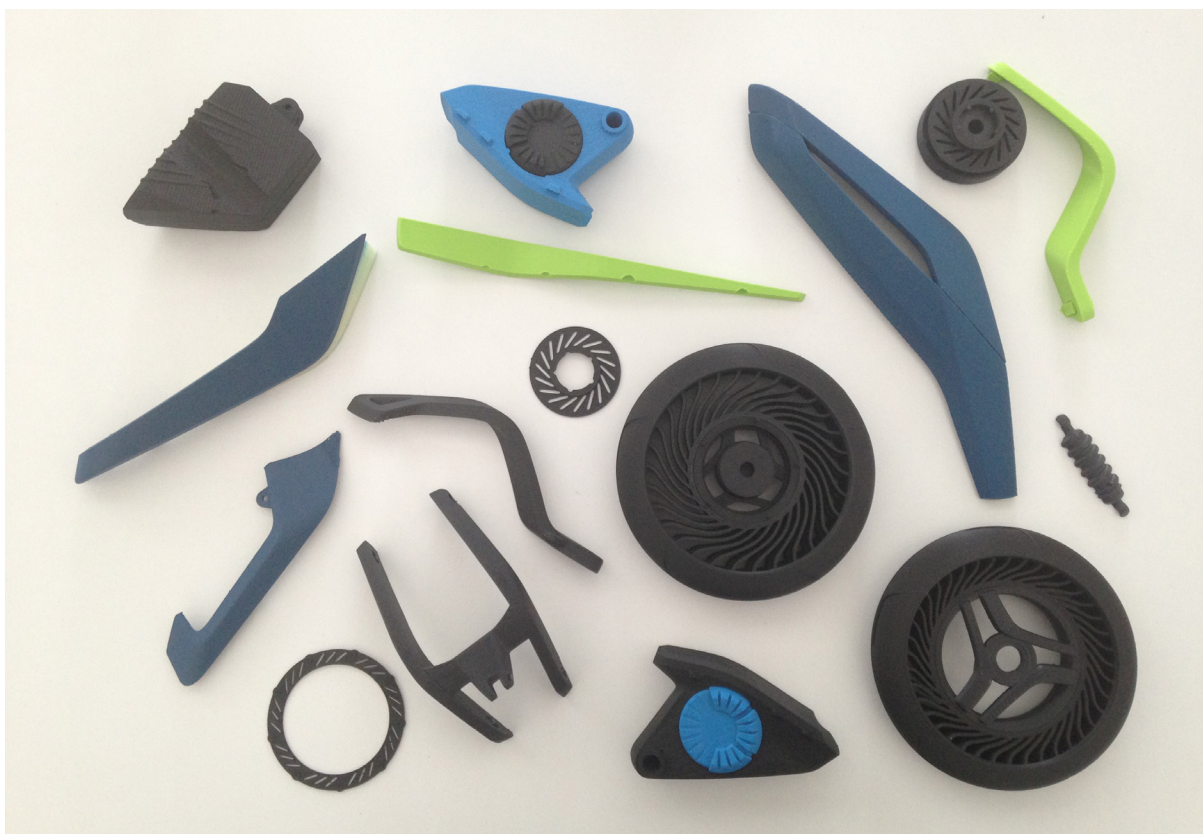


<sup>16</sup> Archiv autora



## Příloha 17

3D tisk modelu<sup>17</sup>



<sup>17</sup> Archiv autora

## Příloha 18

3D tisk modelu, detail<sup>18</sup>



<sup>18</sup> Archiv autora