

Západočeská univerzita v Plzni

Ústav umění a designu

Bakalářská práce

**NÁVRH DESIGNU SPORTOVNÍHO AUTOMOBILU
TYPU COUPÉ**

Radek Štěpán

Plzeň 2012

Západočeská univerzita v Plzni

Ústav umění a designu

Oddělení designu

Studijní program Design

Studijní obor Průmyslový design

Bakalářská práce

**NÁVRH DESIGNU SPORTOVNÍHO AUTOMOBILU
TYPU COUPÉ**

Radek Štěpán

Vedoucí práce: Ing. Jan Klepáček, Ph.D.
Katedra konstruování strojů
Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni

Umělecký konzultant: ak. 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

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří Ing. Janu Klepáčkovi Ph.D. za podpůrné a svědomité vedení mé bakalářské práce a také za rady týkající se teoretické části.

Dále bych chtěl poděkovat ak. soch. Františku Pelikánovi, uměleckému konzultantovi, za přínosné a inspirující rady a za způsob, jakým mě vedl při realizaci výtvarného návrhu.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. REŠERŠE	2
2.1. Současná doba	2
2.2. Definice karoserie typu kupé	2
2.3. Ferrari	3
2.4. Audi.....	3
2.5. BMW	4
2.6. Mercedes-Benz	5
2.7. Opel	5
2.8. Porsche.....	6
2.9. Volkswagen	7
2.10. Buggati.....	7
2.11. Citroën.....	8
2.12. Venturi.....	9
2.13. Ostatní automobilové společnosti.....	10
3. NÁVRH POHONU A DESIGNU	10
3.1. Varianty pohonů a jejich výběr.....	10
3.1.1. Pohon spalovacím motorem.....	10
3.1.2. Pohon hybridní	11
3.1.3. Pohon elektromotorem	11
3.2. Výběr z designových variant.....	12
4. ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY	13
4.1. Design exteriéru	13
4.2. Světlomety	15
4.3. Design kol	16
5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	17
5.1. Rám	17
5.2. Aktivní kolo Michelin Active Wheel	18

5.3. Nápravy	20
5.4. Akumulátory	20
6. ERGONOMICKÉ PARAMETRY	21
7. ZÁKLADNÍ VÝPOČTY	22
7.1. Jízdní odpory vozidla.....	22
7.1.1.Odpor valivý	22
7.1.2.Odpor vzduchu	23
7.1.3.Odpor stoupání.....	24
7.1.4.Odpor zrychlení	25
7.2. Celkový jízdní odpor, potřebná hnací síla	26
7.3. Průjezd zatáčkou.....	26
7.4. Dojezd a maximální rychlost vozidla.....	27
8. ZÁVĚR.....	27
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	28
RESUMÉ	30
SEZNAM PŘÍLOH.....	31

1. ÚVOD

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout exteriér sportovního automobilu typu kupé. Do výsledného návrhu by měly být zakomponovány zvolené základní konstrukční prvky a osvětlení základních ergonomických parametrů.

Ve snaze bylo vybrat takové téma, které by odpovídalo jak svojí kvalitou, tak i náročností úrovni bakalářské práce a zakončilo tak úspěšně studium designu. Automobilový průmysl a jeho problematika byla z hlediska záliby velice vhodnou volbou. Je pravda, že je toto téma jednoznačně ohraničené a z různých pohledů by se mohlo zdát, že je již v podstatě vyčerpané. Podle mého názoru je ale možné obohatit malá, lehká sportovní kupé o nové, moderní tvary, za použití nových technologií jak v pohonu, tak v konstrukci. V zájmu je přinést tomuto segmentu vozidel nový, svěží vzhled a povznést právě to, co bylo vždy prioritou sportovních automobilů, požitek z jízdy.

Samotný návrh vozu je snad nejvíce problematická disciplína, vezmeme-li v potaz, že je potřeba vyhovět velkému množství vstupních faktorů naráz. Jedná se o velmi sofistikovaný objekt specifické kompozice, ve kterém musí být vše obsaženo bez sebemenších chyb, aby se před námi ve finále zrodil plnohodnotný produkt. To je další aspekt, který byl v této práci velmi lákavý.

Vozidlo by mělo být situováno do blízké budoucnosti, kde se mu naskýtá obrovský potenciál. Je pravda, že dnes je trendem ve vývoji dopravních prostředků tvorba malých městských vozů. Není se čemu divit při stále zvětšujícím se číslu lidské populace. Proto se může zdát, že se sportovní automobily dostávají do stále většího stínu a pomalu se odsouvají někam, neznámo kam, hlavně co nejdál od spotřebitelů. Ale vezmeme-li v potaz jejich hlavní účel, a tím je samotná, pro tento segment tak specifická jízda, nemůže být pochyb o tom, že by se snad v budoucnu omezila produkce tohoto typu automobilů. A co pak teprve velikost finančního objemu v automobilových závodech a reklamních kampaních. S trochou nadsázky se dá tvrdit, že sportovní vůz bude vždy jedním z nejdůležitějších elementů automobilového průmyslu.

2. REŠERŠE

2.1. Současná doba

V současné době se na trhu nachází mnoho značek, které vyrábí sportovní automobily. Jedná se především o čtyři základní typy vozů. Patří mezi ně kabriolety, roadstery, sportovní kupé a supersportovní automobily. V práci je zahrnut především detailní průzkum automobilů třídy sportovní kupé. Snahou této kapitoly je zařadit tvorbu jednotlivých značek do jejich současného kontextu a analyzovat současné používané tvarosloví jednotlivých značek a porovnat je s designovými trendy. Rešerše je velice důležitý element celého procesu navrhování automobilu a proto jí je v této práci věnována podstatná část.

2.2. Definice karoserie typu kupé

Správně definovat tuto skupinu automobilů je úkol nesnadný. Většina lidí tento automobil pozná, avšak nejsou často schopni přesně definovat jeho konstrukční parametry, jež ho odlišují od jiných tříd. Je ale pravda, že hranice mezi jinými karoseriemi je tak tenká, že i samotní výrobci udělají leckdy chybu. Při hlubším zkoumání je ale možno vyvodit pár základních parametrů. Prvním takovým vodítkem je to, že tento typ používají automobily spíše sportovního charakteru. Karoserie by měla být správně uzavřená (viz Obr. 1), nejlépe s jednou řadou sedadel. Setkáváme se ale také s případy předních i zadních sedadel. Zadní sedadla jsou ale menší a proto poskytují menší komfort při cestování.



Obr. 1. Karoserie typu kupé¹

Society of Automotive Engineers (SAE) rozlišuje kupé od sedanu hlavně podle objemu interiéru. SAE definuje kupé jako automobil s pevnou střechou se zadní

¹ Karoserie typu kupé. Dostupné z: <http://ludeco.blog.cz/0803/typy-karoserii-osobnich-automobilu>

částí interiéru menší než 0,93 m³. Auto s větším interiérem už není kupé, ale dvoudveřový sedan. Kupé se od dvoudveřového sedanu liší chybějícím B sloupkem, který podpírá střechu. Někteří výrobci používají ještě dělení na Club kupé, Business kupé, Opéra kupé, Sports kupé, Combi, Sport Utility a Sport Activity kupé [7].

2.3. Ferrari

Snad nejznámější italská automobilová značka Ferrari se proslavila právě výrobou sportovních karoserií kupé. Firmu založil bývalý automobilový závodník Enzo Ferrari a dnes je tato značka součástí koncernu Fiat. Mezi nejnovější modely patří Ferrari FF, 458 Spider, 599 GTB/GTO Fiorano, 458 Italia (viz Obr. 2), California a SA Aperta.



Obr. 2. Ferrari 458 Italia²

2.4. Audi

Německá automobilka Audi je velice specifická svým pohledem na design. Na první pohled zaujme jeho plynulost, avšak design neztrácí racionální návaznost. V kategorii kupé lze v portfoliu značky nalézt modely jako S5 Coupé, S7 Sportback, Audi STT a nejvyšší model sportovního kupé Audi R8 (viz Obr. 3). Označení S udává sportovní charakteristiku vozidel, která se odlišuje od klasického označení A.

² Ferrari 458 Italia. Dostupné z: http://www.blogcdn.com/www.autoblog.com/media/2009/07/ferrarif430italia_lead.jpg



Obr. 3. Audi R8³

2.5. BMW

BMW patří mezi nejkontroverznější automobilky vůbec. Lehce zapamatovatelné tvary, respektive legendární dvojice ledvinek, dynamické křivky, organické tvary evokující mořské živočichy. To je přesně to, na co BMW sází a čím se tato automobilka v posledních letech prosadila do čela moderního designu. Ve zvolené kategorii jsou obsaženy modely BMW 1 Coupé, BMW M3 Coupé, BMW 5 GT, BMW 6 Coupé (viz Obr. 4).



Obr. 4. BMW 6 Coupé⁴

³ Audi R8. Dostupné z: http://www.audi.com/com/brand/en/models/r8/r8_coupe.html

⁴ BMW 6 Coupé. Dostupné z: <http://www.bmw.com/com/en/newvehicles/6series/coupe/2011/showroom/image/index.html#mediaID-20>

2.6. Mercedes-Benz

Podíváme-li se na tuto německou automobilku, vždy v první řadě zaujmou velmi specifické linie karoserie. Každý automobil působí velice zvláštním dojmem, jako kdyby jeho autoři nebyli lidé, ale příroda. Kontrast mezi táhlými dynamickými liniemi a náhlým ostrým zakončením jiných elementů dodává automobilům nezapomenutelný efekt. Vozidla dosahují nejvyšších kvalit, co se týká zpracování a technologií. Automobilka funguje již od roku 1926. V kategorii kupé v nabídce nalezneme modely jako kupé třídy C, CL, CLS, E a supersportovní třídy SLS (viz Obr. 5).



Obr. 5. Mercedes-Benz SLS AMG⁵

2.7. Opel

Firma Opel vznikla v roce 1899 a je německým producentem osobních a nákladních vozů. Od roku 1929 je součástí General Motors. Pro evropský kontinent dodává vozy pod značkou Opel a pro britské ostrovy pod značkou Vauxhall. V historii se výrobě sportovních vozů věnovala jen zřídka a nikdy neměla jednotný výrazový styl. V poslední době automobilka komerčně žádné sportovní kupé nevyrobí. V portfoliu konceptů lze najít pouze tvarovou studii jednoho kupé/GT se jménem Flextime (viz Obr. 6). Opel sází na nový vzhled a celkově novou filozofii designu, což je pro něj určitě přínosem.

⁵ Mercedes-Benz SLS AMG. Dostupné z: http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/sls_amg/c197/design.html



Obr. 6. Opel Flextreame GT/E⁶

2.8. Porsche

Značka Porsche byla založena roku 1931 Ferdinandem Alexandrem Porsche. Vývoj vozů pod vedením tohoto konstruktéra začal za druhé světové války, kdy byl pověřen, aby vytvořil levné lidové vozidlo pro široké masy. Tak začal vývoj Volkswagenu Brouk s motorem vzadu. Poté, co nastal zájem o automobilové závody, začal Porsche vyvíjet sportovní variantu Brouku, a tak vznikl základ pro dnešní Porsche. Po celou dobu své existence se značka zabývá jen vývojem závodních vozů a to především modelem 911. Z hlediska tvarování se jedná o kontinuální ctění organického designu. Je to totiž forma, která se na závodní dráze velmi osvědčila. V portfoliu firmy můžeme v dané kategorii najít modely Cayman a 911 (viz Obr. 7).



Obr. 7. Porsche Cayman⁷

⁶ Opel Flextreame GT/E. Dostupné z: <http://www.opel.cz/vozidla/koncepty/index.html>

⁷ Porsche Cayman. Dostupné z: <http://auto.porsche.cz/modely/cayman/cayman/galerie?gtabindex=2>

2.9. Volkswagen

Poslední německou značkou je automobilka Volkswagen. Filozofií automobilky je vytvořit čistý a jasný design, který se jí daří realizovat velice dobře. Její poslední modelová řada je označována za velmi povedenou. V kategorii kupé tu jsou hned dva modely. Jak luxusnější, avšak stále sportovní kupé Passat CC (ten má 4 plnohodnotná sedadla), tak i dravé Scirocco (viz Obr. 8).



Obr. 8. Volkswagen Scirocco⁸

2.10. Buggati

Společnost Bugatti byla založena v roce 1909 ve Francii italským akademickým sochařem Ettore Bugattim. Od začátku se věnovala produkci závodních a exkluzivních automobilů, které byly vyráběny ručně. Přístup Bugattiho k automobilům byl především umělecký. Měl však také velký zájem o techniku a obklopoval se schopnými konstruktéry. Slávy dosáhl především na závodních tratích, kde se svými špičkovými vozy neustále vítězil. Jako první začal svá závodní auta prodávat bohatým, zámožným lidem a dosáhl tím věhlasu a exkluzivity i v běžném silničním provozu. Mezi jeho nejvýznamnější automobily patřilo především Bugatti 35C, které bylo ve své době nejdokonalejším závodním vozem. Do začátku druhé světové války tato značka produkovala mnoho významných a převážně luxusních aut. Smrtí Ettore Bugattiho roku 1947 však firma zaniká. Její obnovení přišlo roku 1987 s Romanem Artiolim. Firma získala sídlo blízko Modeny. Zaměřila se hned na výrobu vysoce výkonných exkluzivních

⁸ Volkswagen Scirocco. Dostupné z: http://www.volkswagen.cz/vse_ke_stazeni/tapety_pro_windows/

aut v malých sériích. Významným modelem bylo Bugatti EB110, jehož autory byli Paolo Stanzani a Marcello Gandini, kteří se podíleli také na designu Lamborghini Miura a Countach. Další etapa této značky přišla v roce 2000, kdy se jejím majitelem stal koncern Volkswagen. Produktem této poslední éry je současný automobil Bugatti Veyron (viz Obr. 9).



Obr. 9. Bugatti Veyron⁹

Jedná se o exkluzivní sportovní kupé typu supersport. Design tohoto modelu je výsledkem práce studia Volkswagen Auto Design a jeho autorem je Jozef Kaban. Charakter vozu je definován propojením retro designu s futuristickými prvky. Přední mřížka chladiče navazuje na slavné modely z dob před druhou světovou válkou. Technicky se jedná o velmi významný vůz současné doby. S jeho 16-ti válcovým motorem, doplněným o 4 turbodmychadla, o výkonu 1001 koní je držitelem současného světového rychlostního rekordu 407 km/h.

2.11. Citroën

Automobilka Citroën před nedávnem představila repliku automobilu z herního světa, která byla vytvořena speciálně pro hru Gran Turismo 5. Jedná se o GTbyCitroen (viz Obr. 10). Automobil je po designové stránce velice dobře proveden. Nejedná se tedy o plnohodnotný koncept, který by byl adeptem na výrobu, ale spíše o designérský názor, kterým by se v budoucnu mohla automobilka ubírat.

⁹ Bugatti Veyron. Dostupné z: <http://www.bugatti.com/en/veyron-16.4/design.html>



Obr. 10. CitroenByGT¹⁰

2.12. Venturi

Francouzská automobilka Venturi přidala do svého portfolia nový elektromobil Volage (viz Obr. 11). Jedná se o vozidlo, které má elektromotory zabudované v kolech. Je to tedy novinka v koncepci elektromobilů a zároveň je to také určitá předloha, ze které vychází tato předkládaná práce. Vozidlo využívá technologii Michelin Active Wheel při max. výkonu 220 kW. Jako akumulátory slouží lithium-polymerové články o výkonu 45 kWh s váhou okolo 350 kg. Rám tvoří kompozitní materiály společně s karbonovými výtuhami při celkové váze 1075 kg.



Obr. 11. Venturi Volage¹¹

¹⁰ CitroenByGT. Dostupné z: http://www.recipeapart.com/wp-content/uploads/2009/07/citroen_gt.jpg

¹¹ Venturi Volage. Dostupné z: <http://www.venturi.fr/en/Range/Volage/Design-by-Sacha-LAKIC>

2.13. Ostatní automobilové společnosti

Automobilek vyrábějící karoserii kupé je samozřejmě mnohem více, ale mezi nejnovější koncepční vozy, které z mého hlediska stojí za zmínku, patří Aston Martin V12 Zagato, Lexus LF-LC Concept a nebo Jaguar C-X16 Concept (viz Obr. 12), jehož design se dle mého názoru řadí za nejpovedenější vůbec. Pokud se v této podobě Jaguar dočká výroby, určitě ovlivní trh se sportovními automobily.



Obr. 12. Jaguar C-X16 Concept¹²

3. NÁVRH POHONU A DESIGNU

3.1. Varianty pohonů a jejich výběr

Byly vybrány tři varianty pohonů, které jsou dostupné již dnes. U každé varianty je uvedeno hodnocení pro a proti a na tomto základě došlo k výběru varianty. Jedná se o spalovací motor, hybridní pohon a pohon pomocí elektromotoru.

3.1.1. Pohon spalovacím motorem

První variantou bylo použití klasického spalovacího motoru. Motor by byl konvenčně zabudován do karoserie. Tato koncepce se jevila spíše jako nemoderní. Automobil s klasickým spalovacím motorem, ať již benzínovým nebo dieselovým, obsahuje několik stovek různých mechanických pohyblivých částí, čímž narůstá riziko poruchy. Je ale pravdou, že v dnešní době jsou spalovací motory téměř bezporuchové a za případným výskytem poruchy stojí elektronika.

¹² Jaguar C-X16 Concept. Dostupné z: <http://www.carbodydesign.com/gallery/2011/09/jaguar-c-x16-concept/1/>

Pozornost bude soustředěna spíše na alternativní pohony budoucnosti spolu s možnou realizací nekonvenční konstrukce vozidla. Je sice pravda, že spalovací motor je v dnešní době stále vhodnější z hlediska účinnosti, dojezdu a rychlosti, ale pokrok elektromobilů je stále rychlejší a je jen otázkou času, kdy se elektropohon zařadí plně po bok spalovacího motoru.

3.1.2. Pohon hybridní

Další možností bylo použití hybridního pohonu. V karoserii by byl tedy ukryt jak spalovací motor, tak pomocný elektromotor. Tato varianta již byla pro tento projekt mnohem více použitelná, avšak stále se alternativa nejevila jako nevhodnější. Dalším aspektem, který ještě více odklonil volbu od této varianty, byla jak vysoká hmotnost vozidla, tak i technicky náročné provedení dalších konstrukčních částí. Tento fakt nebyl úplně vhodný, přihlédneme-li k tomu, jaké má automobil rozměry a k čemu, respektive pro koho je určen.

3.1.3. Pohon elektromotorem

Výběr padl na variantu čistého elektropohonu. S ohledem na budoucnost a přínos této práce se volba zdála jako nejvhodnější. Na výběr bylo v podstatě ještě ze dvou podvariant. Použití elektromotoru v karoserii s klasickými lichoběžníkovými nápravami, tím pádem běžnější koncepcí, nebo elektromotorů ukrytých v kolech. Po důkladné rešerši byl zvolen právě druhý případ, za použití aktivního kola od společnosti Michelin. Dnes je známé i konkurenční řešení od firmy Siemens s názvem E-Corner. Mercedes také nedávno představil elektrickou derivaci svého sportovního kupé SLS, kde využívá své poznatky na poli konstrukce Formule 1. Výkonem se téměř vyrovná své konvenční verzi s osmiválcovým spalovacím motorem o objemu 6,3 l. Je tedy vidět, že se tento způsob konstrukce rozmáhá a klady převyšují zápory. Hlavním, největším kladem je bezpochyby úspora místa a rovnoměrné rozmístění hmotnosti, což je velmi vyhovující pro sportovněji laděné automobily. Mezi další klady se řadí nulový dopad na životní prostředí a finančně méně náročný provoz. Na internetových fórech je od nezávislých uživatelů zmiňována hlavní slabina, kterou je moc velká váha na jedno kolo a poměrně složitá koncepce v namáhaných částech. Je tedy logické, že na náročnou jízdu v terénu to zatím nevypadá. Ale i přes to bylo pro

projekt toto řešení nevhodnější díky již zmíněné úspoře místa, rozmístění váhy a ekologickému provozu. V dalších částech bude technologie přiblížena v detailu.

3.2. Výběr z designových variant

Na projektu se začalo pracovat víceméně od doby, kdy bylo zvoleno téma, takže byl dostatek času velmi důkladně prostudovat různé materiály na poli výroby sportovních automobilů. Vzhledem k tomu, že volba padla na elektromotory v kolech, koncept najednou dostal úplně jiný rozměr, hlavně z hlediska úspory místa. Důraz byl kladen na dvoumístné lehké kupé se svěžím designem. Dvě místa byla vybrána proto, aby se mohly využít sportovnější tvary, kde by vynikl hlavní aspekt sportovního automobilu, rychlá jízda. Po dlouhé době tvorby rešerší byly vybrány vozy francouzské automobilky Venturi s názvem Volage a automobil Tesla Roadster, které by měly sloužit jako reference pro řešení technických specifikací a jejich následné implementace do výtvarného návrhu. V tomto případě mi přišlo vhodnější pracovat s klasickou kompozicí automobilu a nepouštět se do futuristického tvarosloví. Myšlenka byla navázat na tradici čtyř kol zapuštěných do těla automobilu, na kterém se rozprostírá prosklená kabina pro řidiče. Otázkou bylo, jestli se vydat cestou ostrých linií, moderních tvarů, či zvolit klasické, organické tvarování. Právě v tomto bodě velmi pomohly konzultace, kde byl nakonec vybrán návrh spíše klasických, oblých tvarů. Volba se ukázala jako správná, poněvadž při volbě karoserie s výraznými přechody ploch, by se projekt přiblížil k okoukaným moderním trendům v designu, čemuž se byla snaha vyhnout. Jako příklad nevhodných ostrých linií poslouží tvarosloví vozů značky Lamborghini.

Skic bylo opravdu mnoho (viz Příloha 1), protože byl v jisté etapě problém najít správný, atraktivní tvar, který by korektně definoval hlavní myšlenku. Nelze tvrdit, že by to ve finále byl faktor nevhodný, právě naopak. Se vzrůstajícím počtem skic přímo úměrně narůstala kvalita tvarových linií a ke konci etapy výběru varianty již tvar odpovídal představám.

Do výběru pohonu zasahovalo pár důležitých aspektů, jak už bylo psáno výše. Pokud přihlídneme k filozofii vlastního řešení, elektrický pohon je více než vhodný. Podle mne není pro tuto práci vhodné využívat spalovací motor nebo hybridní pohon s ohledem na situování návrhu do budoucnosti. Je sice pravdou,

že elektromotory se do dnešní doby ještě nevyvinuly natolik, aby překonaly motory spalovací, avšak to není problém technologií, jako spíše byznysu.

4. ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY

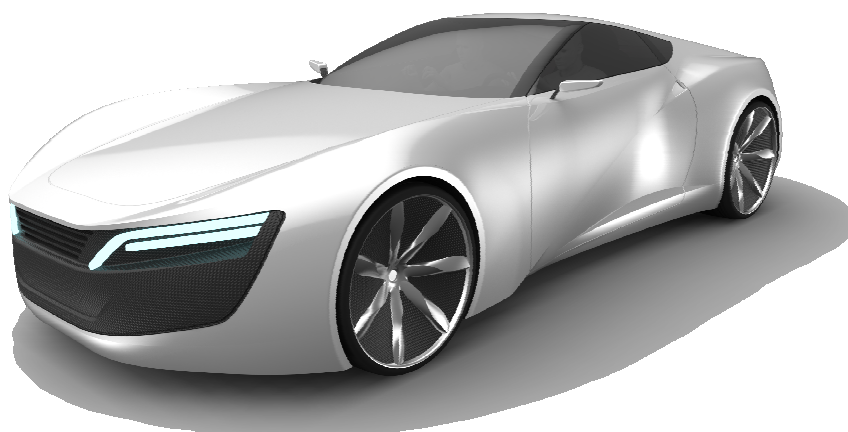
4.1. Design exteriéru

Po stanovení základní podoby designu se začalo pracovat na hliněném modelu z hmoty clay v měřítku 1:10 (viz Příloha 2). Tento proces je pro designéra velice důležitý, protože jen tak lze naprosto přesně vidět a zároveň korigovat tvarové linie v prostoru a korektně tak definovat požadované tvary. Ve chvíli, kdy byl výsledek hliněné podoby uspokojující, započaly práce na 3D počítačovém modelu (viz Příloha 4). Pro tuto fázi navrhování byl použit program Rhinoceros 5, umožňující modelování v NURBS. Práce v počítači trvala poměrně dlouho z důvodu složitých tvarových přechodů a ploch a také především kvůli potřebné kvalitě. Dle mého názoru je 3D model v průběhu navrhování to nejdůležitější a vychází z něj všechny dílčí aspekty, díky kterým se dá projekt úspěšně prezentovat.

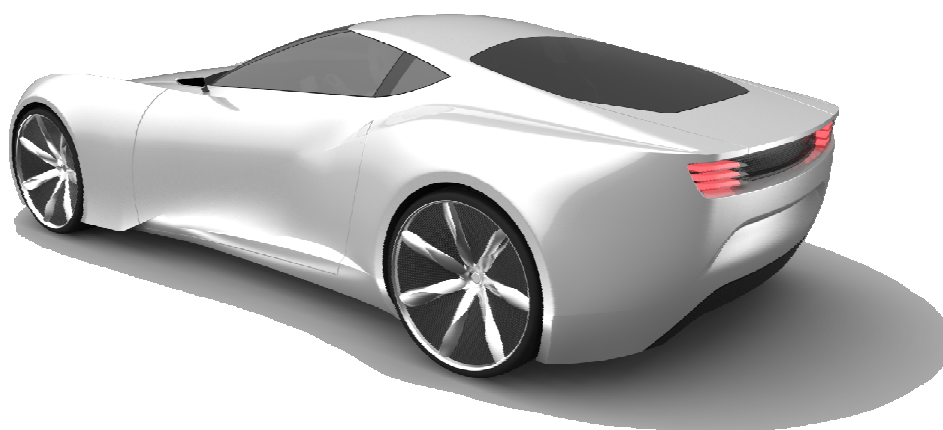
Design je řešen spíše v rámci organických tvarů (viz Obr. 13, Obr. 14). Pokud se podíváme z boku, koncept evokuje velmi dynamickým postojem. To je dáno ladnými a harmonizujícími křivkami. Snaha byla udržet tvarovou čistotu a hlavně plynulou návaznost všech dílčích částí. To je dle mého názoru přesně to, co definuje design po estetické stránce jako dobrý nebo špatný. Je to stěžejní problém každého designéra.

Do návrhu byla zakomponována italská škola a zároveň i skandinávský důraz na tvar, detail a funkci. Hlavním bodem celého designu je linie na boku, táhnoucí se od spodku do zadních, vyšších částí vozidla. Tento prvek dodává návrhu jak estetickou kvalitu, tak neokoukaný ráz. Všechny linie jsou tvořeny tak, aby respektovaly všechny důležité části, jako jsou kola, sklo, nebo přední/zadní světlometry. Linie v přední části koresponduje jak s vlastním kolem, tak i se zbytkem kompozice a plynule navazuje na zbytek tvarových řešení zadních partií.

Důraz je zejména kladen na lehkost. V budoucnu se bude brát čím dál větší důraz na estetičnost spojenou s novými technologiemi a tato skutečnost byla zohledněna v tvorbě tohoto projektu.



Obr. 13. Finální návrh designu¹³



Obr. 14. Finální návrh designu¹⁴

Zde je potřeba vyzdvihnout Lexus LF-LC, mnou označovaný za designérský skvost, jenž se drží přesně těch pravidel, které jsou potřeba k budoucímu úspěchu na poli prodeje automobilů. Svěží, neokoukaný přístup a žádné obavy ze zásadní přeměny designérského jazyka. Také lze vidět, že supersportovní automobily tvoří stále podstatnou část výroby a že k přechodu k „superúsporným mikroautomobilům“ nedochází.

Přední část vozu dynamicky navazuje na boční partii. Vzhledem k tomu, že jsou přední světlomety posazeny o něco níže, kupé působí velice agresivně.

¹³ Finální návrh designu. Osobní archiv autora.

¹⁴ Finální návrh designu. Osobní archiv autora.

Přední partie tvoří hlavní segment, v kterém je ukryta mřížka se světlomety. Inspirace je zde čerpána především z designerského studia Pininfarina. Přední část byla navržena s ohledem na neokoukanost a tvarovou čistotu. Proto je design velice snadno definovatelný a uživatel se neztratí v tvarové nelogičnosti. Zadní partie působí velice mohutně a dodávají tak potřebnou „hrubost“.

4.2. Světlomety

Světlomety byla snaha zakomponovat do celku co možná nejlépe jak z hlediska dodržení norem, tak z hlediska respektování designu. Již v prvopočátcích bylo skoro jasné použití futuristických tvarů – tenkých proužků, zaručující futuristický vzhled. Jak lze vidět na obrázku (viz Obr. 15), tvarové řešení působí velice elegantně a dodává přední části sportovní nádech. V zadních partiích byl design světlometů (viz Obr. 16) volen tak, aby korespondoval s přední partií a zbytečně tak nenaboural harmonizující křivky. Tři pruhy diod umístěné v krajích prolisu ze šedého plastu tvoří zajímavou kompozici a dodávají na agresi. U světel je použita LED technologie. Tato technologie dnes nabírá na popularitě. Jejím největším lákadlem je vysoká účinnost v porovnání s klasickými lampami. LED osvětlení se dokonce jeví při použití v elektromobilech a hybridních automobilech jako nejvhodnější, protože podle nedávného výzkumu prodlouží dojezd potenciálního vozidla (až o 10 km) [5].



Obr. 15. Detail předních světlometů¹⁵

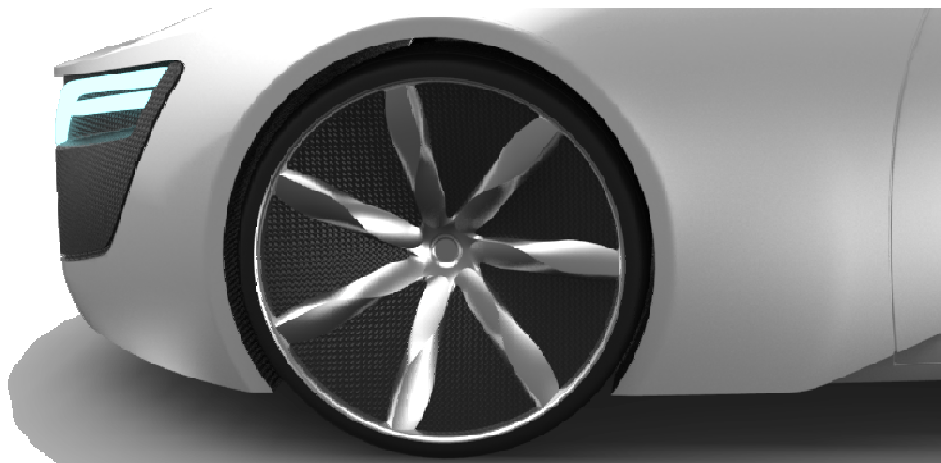
¹⁵ Detail předních světlometů. Osobní archiv autora.



Obr. 16. Detail zadních světlometů¹⁶

4.3. Design kol

Design kol (viz Obr. 17) byl inspirován oblými tvary. Kvůli použité technologii aktivních kol bylo potřeba mechanické části uvnitř kola zakrýt a vytvořit tak imitaci klasických krytů kol. Toto provedení dodalo automobilu zvláštní futuristický vzhled. Hlavní myšlenkou bylo vytvořit takové kryty kol, které by do jisté míry obsahovaly konvenční konstrukci kola a nevypadaly by zcela odlišně od klasických hliníkových kol, která se dnes používají na sportovních vozech. Designu kol bylo potřeba dodat velkou dávku pozornosti, protože i tato část vozidla velkou měrou zasahuje do celkového vzhledu vozu.



Obr. 17. Detail krytů kol¹⁷

¹⁶ Detail zadních světlometů. Osobní archiv autora.

¹⁷ Detail krytů kol. Osobní archiv autora.

5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Jak už bylo uvedeno výše, pro pohon vozu byla vybrána technologie od společnosti Michelin (popsáno dále), která má nyní k dispozici takzvané „*all in one*“ řešení kola. V jeho mechanismu je vše, co je potřeba pro pohon i jízdní vlastnosti vozu a není tak nutné tyto technické elementy situovat do těla automobilu. Jedná se o systém dvou elektromotorů, kde jeden obstarává funkci tlumičů (integrace s pérováním) a druhý slouží jako samotný pohon. Tento mechanismus bude po zvážení v každém kole. To znamená, že celkový výkon automobilu činí 220 kW. Li-pol akumulátor je uložen do dvou segmentů (jeden vpředu, jeden vzadu). Životnost akumulátorů je podle výrobce udávána na nabití až 1500 cyklů o hmotnosti cca 175 kg (to znamená celkově až 350 kg ve vozidle).

Kupé by díky zvolené technologii mělo disponovat funkcí regenerace akumulátorů při zpomalení (rekuperace energie). Celková hmotnost by neměla překročit hranici 1200 kg. Při zvoleném umístění akumulátorů se dostaneme na téměř ideální rozložení váhy, čímž je zajištěn předpoklad kvalitních jízdních vlastností [8], [13].

5.1. Rám

Základ tvoří, po vzoru vozu Tesla Roadster, modifikovaný hliníkový rám (viz Obr. 18) britského automobilu Lotus Elite (prodloužený rozvor náprav a úprava místa pro přední uložení pohonných akumulátorů), což znamená velkou úsporu hmotnosti. K tomu dopomáhá i samotná karoserie vyrobená z uhlíkových kompozitních materiálů.



Obr. 18. Upravený podvozek Lotus Elite¹⁸

5.2. Aktivní kolo Michelin Active Wheel

Michelin vyšel v roce 2008 s revolučním řešením, když představil koncept svého aktivního kola (viz Obr. 19). Toto řešení obsahuje všechny klasické části a nepotřebuje mít u vozidla motor pod přední nebo zadní kapotou, tradiční tlumiče, pérování, součásti převodovky, řadicí páku a nevyžaduje ani nápravy, jak je známe.



Obr. 19. Michelin Active Wheel¹⁹

¹⁸ Upravený podvozek Lotus Elite. Dostupné z:
http://farm3.static.flickr.com/2442/3814303168_612eba603c.jpg

Pro automobily, vybaveny tímto řešením, se tedy otevírá celá řada výhod. Aktivní kolo je inteligentní elektrické kolo, které přebírá zároveň funkci tlumičů a brzd. Toto řešení tedy přispívá k ochraně životního prostředí a úspory energie. To vše díky malému poháněcímu motoru a systému elektrických tlumičů, které se staly přímo součástí kola. Díky tomu může být přepracována celá koncepce automobilu. Pro elektrické nebo hybridní motory, které nevyužívají systém elektrických tlumičů, je možné použít motorizované kolo na přední nebo zadní nápravě. Poprvé v historii tak není součástí kola jen brzdový kotouč, ale také elektrický poháněcí motor a motorek tlumiče. Podle toho, kolik energie chce výrobce aut dodat a k jakému účelu bude vozidlo využíváno, je možné použít na vozidle 4 (jeden na každém kole) nebo 2 motory (například na předních kolech). Díky tomu mohou výrobci aut i nadále navrhovat automobily s náhonem na dvě i všechna čtyři kola.

S aktivním kolem je zdroj energie integrovaného motoru trvale elektrický. Může mít podobu lithiového článku nebo jiného typu baterie v závislosti na stylu použití. Právě díky použití těchto zdrojů energie nedochází k znečišťování životního prostředí. Proto tedy vozidla vybavená aktivním kolem neuvolňují do ovzduší žádné skleníkové plyny. Elektrické motory jsou tiché, což je výhodné nejen pro pasažéry, ale také pro okolí. Tím je ale zapříčiněno i snížení bezpečnosti při pohybu na pozemní komunikaci. Dynamické vlastnosti jsou podporovány systémem tlumičů, který podporuje schopnosti udržet vozidlo na silnici. Toto kolo využívá elektrické tlumiče. Systém je schopen reagovat již za 0,003 sekundy, a tak se všechny kolébaté a házivé pohyby automaticky vyrovnávají.

O správný elektronický chod se starají dva moduly v páru. Jeden slouží k ovládání motorů a druhý obstarává aktivní tlumiče. Moduly jsou řízeny *Freescale Qirivva MPC5643L* mikro-regulátorem. Tento dvoujádrový regulátor je opatřený ochranným mechanismem správného chodu elektromotoru. *MPC5643L* pracuje buď v módu LSM (*Lock Step Mode*) nebo v módu DPM (*Dual Parallel Mode*), který se spustí, vyžadujeme-li vyšší výkon.

Aktivní kolo také zjednodušuje proces navrhování nového vozidla, protože díky němu se stanou mechanické součástky na běžném vozidle nadbytečné. Dá se říci,

¹⁹ Michelin Active Wheel. Dostupné z: <http://www.gizmag.com/michelin-active-wheel-production-electric-car-by-2010/10489/picture/59371/>

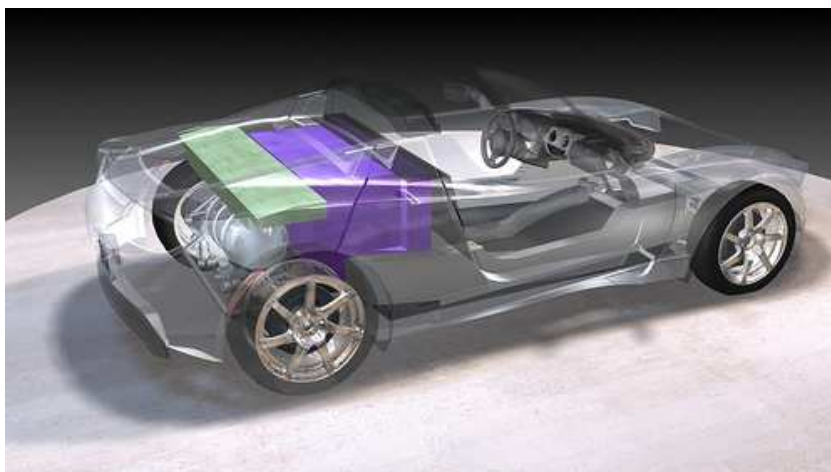
že tento systém znamená určitý pokrok ve vývoji, ať už díky tomu, že je šetrný k životnímu prostředí, ale také proto, že je schopen poskytnout dostatečný výkon a tím dokáže uspokojit i náročnějšího uživatele [6], [9], [14], [15].

5.3. Nápravy

V důsledku použití pohonu v kole je potřeba přistoupit ke konstrukci náprav jiným způsobem. Vzhledem k tomu, že jsou v kole ukryty elektronické tlumiče s pérováním, není potřeba využívat klasické koncepce náprav. Od Michelinu je na kole připraven nosný kloub, který se připevňuje k rámu vozidla a táhlo, sloužící k otáčení kola. Toho se využívá v přední nápravě. Zadní část je napevno spojena s rámem vozidla. Jedná se tedy o speciální typ náprav, který je jasně specifikován výrobcem. Michelin garantuje rozsah otáčení +/- 30°[14].

5.4. Akumulátory

Akumulátory byly ve vozidle rozmístěny tak, aby došlo k dobrému rozložení váhy. Avšak koncepce byla do jisté míry převzata a zkombinována z automobilů Venturi Volage a Tesla Roadster (viz Obr. 20). V přední a zadní části, na místě spalovacího motoru, má koncept sadu baterií označenou jako *ESS (Energy Storage System)*. Zatímco ostatní výrobci a vývojáři elektromobilů zkoušejí různé přístupy, firma Tesla převzala technologii využívanou pro napájení notebooků, tedy nabíjecí Lithium-Ion akumulátoru, která je použita i v tomto návrhu. Projekt obsahuje 6 831 článků o průměru 18 mm a délky 65 mm, umístěných v 2 x 6 sekcích po 310 bateriích. Každý sektor je řízen jedním procesorem, který řídí jeho "hladké" nabíjení a vybíjení. S ESS je pak úzce spojen další modul *PEM (Power Electronics Module)*, což je výkonový měnič a nabíjecí systém, který převádí stejnosměrné napětí poskytované akumulátory na klasických 12 V stejnosměrného napětí pro elektroniku auta a na střídavé napětí 375 V pro napájení elektromotoru. K tomu využívá 72 IGBT výkonových tranzistorů (*Insulated Gate Bipolar Transistors*). Baterie je pomocí externí nabíječky plně nabita po 4 hodinách. Nabíječka má výkon 10 kW a nabíjí proudem 16 A. Jediná nevýhoda Li-pol baterií je ta, že jejich napětí nesmí překročit 4,2 V na článek při plném nabití. Článek by neměl klesnout pod hodnotu cca 3,0 V, pak totiž dochází ke ztrátě nabíjecích cyklů a poklesu kapacity akumulátoru [12].



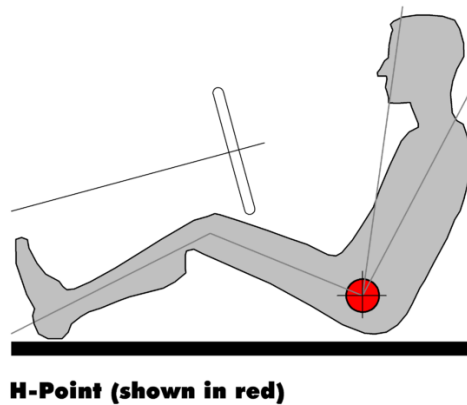
Obr. 20. Tesla Roadster uložení baterií²⁰

6. ERGONOMICKÉ PARAMETRY

Správné ergonomické parametry (viz Příloha 3), jsou neméně důležitým faktorem, ovlivňující design vozu. Důraz je kladen zejména na dobrý výhled a relativní prostor ve vozidle. Pro správné porozumění teorie je potřeba zavést termín H-bod, v angličtině též H-point (viz Obr. 21). Představíme-li si při pohledu z boku postavu sedícího člověka, jeho H-bod můžeme najít někde v místech boků, v jakémsi středu otáčení mezi trupem a dolními končetinami. Jedná se o stěžejní bod, ovlivňující pohodlné sezení, viditelnost z vozidla, snadný vstup i výstup z vozidla, bezpečnost, ale také aerodynamiku a další konstrukční faktory. Díky závislosti výšky tohoto bodu od země můžeme stanovit účel automobilu. Obecně platí, že pro automobily větších rozměrů spíše užitkového charakteru se vzdálenost H-bodu od země zvětšuje. Pro sportovní automobily je ideální výška H-bodu udávána v rozmezí 300 mm až 350 mm od země. Tento parametr je do jisté míry zapříčiněn potřebou nízko položeného těžiště, čímž je dosaženo dobré stability vozu při rychlé jízdě.

V ergonomickém schématu je obsaženo i základní rozmístění technických prvků vozu. Světle šedou barvou jsou zvýrazněny akumulátory a tmavší šedá symbolizuje pohon. Akumulátory jsou posunuty více do středu vozidla kvůli odkládacímu prostoru, který je umístěn v zadní i přední části [3].

²⁰ Tesla Roadster – uložení baterií. Dostupné z: <http://www.pureelectric.us/wp-content/uploads/2008/09/tesla-wireframe.jpg>



Obr. 21. Umístění H-bodu²¹

7. ZÁKLADNÍ VÝPOČTY

Součástí této práce byly mimo jiné i základní výpočty. Většinou bylo čerpáno z doporučené literatury. Je třeba podotknout, že výpočty jsou spíše orientačního a kontrolního rázu.

7.1. Jízdní odpory vozidla

Jízdní odpory jsou síly, které působí proti pohybu vozidla. Některé působí vždy proti pohybu vozidla, hlavně odpor valivý. Při zrychlování musí vozidlo překonávat odpor zrychlení, tedy dynamickou sílu a při stoupání na svahu odpor stoupání.

7.1.1. Odpor valivý

Valivý odpor vzniká deformací pneumatiky a vozovky. Je-li vozovka tuhá, pak dochází pouze k deformaci pneumatiky. Valivý odpor vozidla je dán vztahem:

$$F_f = O_f = Z_k \cdot f = G \cdot \cos \alpha \cdot f = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f$$

Kde Z_k [N] je zatížení kol (síla působící kolmo na rovinu vozovky), G [N] je tíha vozidla, m [kg] je hmotnost vozidla, α je úhel, který svírá rovina vozovky s vodorovnou rovinou, g [m/s²] je tíhové zrychlení a f je součinitel valivého odporu.

²¹ Umístění H-bodu. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:H-Point_\(rev\).PNG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:H-Point_(rev).PNG)

Budeme-li řešit valivý odpor na rovině ($\alpha = 0$) při hmotnosti vozidla $m = 1200$ kg, tíhovém zrychlení $g = 9,81$ m/s² a součinitel valivého odporu zvolíme (podle doporučené literatury pro asfalt) $f = 0,02$, výsledný valivý odpor potom vychází:

$$F_f = O_f = 1200 \cdot 9,81 \cdot \cos 0^\circ \cdot 0,02 = 235 \text{ N}$$

Součinitel valivého odporu závisí především na povrchu vozovky. Z dalších vlivů je nejdůležitější vliv deformace pneumatiky a vliv rychlosti kola. Deformace pneumatiky závisí především na huštění. Při menším tlaku v pneumatice dochází k větší deformaci, a tím ke zvětšení valivého odporu. Totéž platí i při větších rychlostech. Při rychlostech do 80 km/h můžeme součinitel valivého odporu považovat za nezávislý na jízdních vlastnostech. Další odpor vzniká při zatáčení vozidla. Vliv ztrát třením v ložiskách většinou zahrnujeme k valivému odporu vozidla.

7.1.2. Odpor vzduchu

Odpor vzduchu vzniká při jízdě, kdy se proud vzduchu proti vozidlu musí rozdělit na část, která proudí po povrchu karoserie a na část proudící v prostoru mezi podvozkem a vozovkou.

Celkový odpor vzduchu je dán vztahem:

$$F_v = O_v = \frac{1}{2} \rho \cdot v_r^2 \cdot c_x \cdot S_x$$

Kde v_r [m/s] je výsledná (náporová) rychlost proudění vzduchu kolem vozidla ve směru osy x , S_x [m²] je čelní plocha vozidla, ρ [kg/m³] je měrná hmotnost vzduchu a c_x [-] je součinitel vzdušného odporu.

Náporová rychlost je vektorovým součtem záporné rychlosti vozidla a rychlosti větru, kterou pro náš výpočet zanedbáme, budeme-li předpokládat bezvětří. V praktických výpočtech uvažujeme $\rho = 1,25$ kg/m³, což platí pro tlak vzduchu 1,013 bar a teplotu 15 °C. Čelní plocha S_x je plocha pravoúhlého průmětu obrysu vozidla do roviny kolmé na osu x .

Součinitel odporu vzduchu c_x charakterizuje úroveň obtékání vzduchu kolem povrchu vozidla v podélném směru. Jeho stanovení je možno experimentálně ve zkušebním aerodynamickém tunelu.

Pro výpočet hodnoty odporu vzduchu je možno použít typické hodnoty součinitele odporu vzduchu a odhad čelní plochy podle tabulky Tab. 1.

<i>Typ vozidla</i>	c_x [-]	S_x [m ²]
běžný osobní automobil	0,30 – 0,40	1,6 – 2,0
sportovní automobil	0,30 – 0,35	1,3 – 1,6
nákladní automobil - valník	0,80 – 1,00	4,0 – 7,0
nákladní automobil - valník s plachtou	0,60 – 0,80	5,0 – 8,0
přívěsová jízdní souprava	1,00 – 1,20	5,0 – 8,0
souprava s naloženým kontejnerem	1,00 – 1,20	9,0
autobus	0,50 – 0,70	5,0 – 7,0

Tab. 1. Hodnoty součinitele odporu vzduchu c_x a čelní plochy S_x

Pro náš výpočet byly použity hodnoty pro sportovní automobil. Do výpočtu zahrneme rychlost vozidla 100 km/h. Dosadíme-li do rovnice, vyjde nám:

$$F_v = O_v = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 100^2 \cdot 0,3 \cdot 1,3 = 2437,5 N$$

Z výpočtu tedy vyplývá, že při rychlosti 100 km/h bude na karoserii automobilu v podélném směru působit zatížení o hmotnosti kolem 243 kg.

7.1.3. Odpor stoupání

Odpor stoupání je určen složkou tíhy vozidla rovnoběžnou s povrchem vozovky. Platí tedy:

$$F_s = O_s = \pm G \cdot \sin \alpha = \pm m \cdot g \cdot \sin \alpha .$$

Kde G [N] je tíha vozidla, m [kg] je hmotnost vozidla, α je úhel stoupání, g [m/s²] je tíhové zrychlení. Znaménko + v rovnici platí při jízdě do svahu a naopak. Odpor stoupání působí v těžišti vozidla T.

Při praktických výpočtech se obvykle místo úhlu stoupání používá sklon svahu (stoupání) s , pro který platí vztah:

$$s = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha .$$

Pro malé úhly přibližně platí, že $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$ a rovnici pro odpor stoupání lze psát ve tvaru:

$$F_s = O_s = \pm G \cdot s = \pm m \cdot g \cdot s .$$

Dosadíme-li tedy do vzorce stoupání 12%, potom bude výsledný odpor roven:

$$F_s = O_s = 1200 \cdot 9,81 \cdot 0,12 = 1412,64 N .$$

7.1.4. Odpor zrychlení

Při zrychlování vozidla působí proti směru zrychlení setrvačná síla, kterou nazýváme odporem zrychlení, který se skládá z odporu zrychlení posuvné části a rotujících částí. Je dán vztahem:

$$F_z = O_z = m \cdot a + \frac{2}{D_k} \cdot J_c \frac{d\omega}{dt} = m \cdot a + J_c \left(\frac{2}{D_k} \right)^2 \frac{dv}{dt} = \left(1 + \frac{J_c}{m} \left(\frac{2}{D_k} \right)^2 \right) ma = \vartheta ma$$

Kde m [kg] je hmotnost vozidla, J_c [kgm²] je celkový moment setrvačnosti rotačních částí (motoru + převodovky + kol) zadávaný, resp. přepočtený přes převodový poměr na hřídel vozidla, $a = dv/dt$ [m/s²] je zrychlení vozidla, D_k [m] je průměr kola vozidla a ϑ je tzv. součinitel rotačních částí.

Výpočet nebyl proveden z důvodu absence mnoha číselných parametrů u celkového momentu rotačních částí, které nebylo možno dohledat.

7.2. Celkový jízdní odpor, potřebná hnací síla

Pro teoretickou úplnost je zde uveden i vzorec pro celkový jízdní odpor. Tento výpočet určíme sečtením jednotlivých odporů. Hnací síla na kolech vozidla potřebná k překonání jízdních odporů je tedy:

$$F_k = O_f + O_v + O_s + O_z = c_1 + c_2 v^2$$

Pokud se zajímáme pouze o závislost na rychlosti při ostatních konstantních parametrech, pak lze celkový odpor vyjádřit pomocí konstant c_1 a c_2 , jak je uvedeno výše [1], [2], [11].

7.3. Průjezd zatáčkou

Pro zjednodušení bude vyšetřován případ ustálené jízdy po kruhové dráze, kdy je úhel naklonění karoserie konstantní [10].

Při průjezdu zatáčkou konstantní rychlostí je dostředivé zrychlení rovno:

$$a_{d\ stat} = \frac{v^2}{R},$$

kde v je rychlost automobilu a R je poloměr zatáčky. Budeme-li uvažovat konstantní rychlost 100 km/h (27,7 m/s) a poloměr otáčky 15 m, výsledné dostředivé zrychlení se rovná:

$$a_{d\ stat} = \frac{27,7^2}{15} = 51,152 m \cdot s^{-2}.$$

Velikost setrvačné síly v příčném směru je dána vztahem:

$$F_d = m \cdot a_{d\ stat} = m \cdot \frac{v^2}{R}.$$

Po dosazení hmotnosti vozu $m=1200$ kg a již známého dostředivého zrychlení vyjde:

$$F_d = 1200 \cdot 51,152 = 61382,4 N.$$

7.4. Dojezd a maximální rychlost vozidla

Dojezd vozidla byl podle výpočtů automobilky Venturi stanoven po vzoru Venturi Volage díky použití stejné technologie a hmotnosti, na hodnotu 320 km při rychlosti 90 km/h.

Maximální rychlost by se měla pohybovat někde okolo hranice 200 km/h při zrychlení z 0 na 100 km/h za 5 sekund.

V porovnání má Tesla Roadster výrobci udávaný dojezd přes 400 km. Ta ovšem používá jeden indukční elektromotor umístěný nad zadní nápravou [12].

8. ZÁVĚR

Práce se zabývala designem sportovního automobilu typu kupé, určeného především pro prožitek z jízdy.

Již při sběru podkladů a rešerší byla aktuální představa o finální podobě projektu. Ta se však v průběhu hlubšího studia problematiky měnila.

Přestože je návrh směřován spíše do blízké budoucnosti, záměrně byla snaha vyvarovat se příliš futuristickému designu. Vizí bylo vytvořit takový design, který by byl pro dnešního člověka přijatelný a splňoval by jeho požadavky na kvalitní jízdu a estetickou kvalitu.

Před samotným navrhováním byl věnován čas hlavně shromažďování informací a podkladů pro prohloubení znalostí týkajících se dané problematiky. Součástí přípravy bylo také vytvoření rešerše, která byla pomocnou rukou při uvedení do tématu, a díky které bylo možno uvědomit si první představu o možném technickém řešení.

Finální podoba dle mého názoru splňuje požadavky, které byly na začátku práce stanoveny. Automobil jako celek působí uceleným a moderním dojmem.

V procesu navrhování jednotlivých detailů vozidla byly uplatněny ergonomické zásady. Pozornost byla věnována i technické stránce návrhu a základním výpočtům a bylo tak využito poznatků získaných během studia.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VLK, František. *Karosérie motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
- [2] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003. ISBN 80-239-0024-2.
- [3] Macey, Stuart; Warde, Geoff. *H-point, The Fundamentals of Car Design & Packaging*. Pasadena: Art Center College of Design, 2008. ISBN 978-1-933492-37-7.
- [4] *Autotip*. Č. 03/12. Praha: RINGER AXEL SPRINGER CZ a. s., 2012. Vychází měsíčně. ISSN 1210-1087.
- [5] *Elektromobil* [online]. Citováno 13. února 2012. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromobil>.
- [6] *Motorizované kolo a MICHELIN Active Wheel* [online]. Citováno 23. února 2012. Dostupné z: <http://cz.motofocus.eu/novinky,5513,motorizovane-kolo-a-michelin-active-wheel.html>.
- [7] *Kupé* [online]. Citováno 23. února 2012. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kupé>.
- [8] *Co se skrývá uvnitř výkonného elektroauta Tesla Roadster?* [online]. Citováno 25. února 2012. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/co-se-skriva-uvnitř-vykonneho-elektroauta-tesla-roadster>.
- [9] *Michelin Active Wheel System: Mobility concept of the future* [online]. Citováno 12. března 2012. Dostupné z: <http://blogs.freescale.com/2011/06/28/michelin-active-wheel-system-mobility-concept-of-the-future/>.
- [10] *Michelin Unveils Active Wheel in Affordable Electric Car* [online]. Citováno: 15. března 2012. Dostupné z: <http://www.treehugger.com/cars/michelin-unveils-active-wheel-in-affordable-electric-car.html>.

- [11] *Stanovení silových účinků na nákladním přívěsu* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30098.
- [12] *Jízdní odpory vozidla* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~vac174/vyuka/EP%20EEN/Studijni_opory/Jizdni_odpor_y_vozidla.pdf.
- [13] *Tesla Roadster* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster.
- [14] *Paříž 2008: elektrický koncept Venturi Volage* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: <http://autofun.blesk.cz/venturi-volage-1374/>.
- [15] *Michelin's Active Wheel technology in detail* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: http://www.motorauthority.com/news/1030025_michelins-active-wheel-technology-in-detail.
- [16] *Michelin Reinvents the Wheel, This Time With Motors* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: <http://www.plugincars.com/michelin-107279.html>.
- [17] *H-point* [online]. Citováno 24. dubna 2012. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/H-point>.

RESUMÉ

The aim of this thesis is to create an exterior design of an electric coupe sports car, which would be not only aesthetically pleasing, but would also contain inovative solution of technical elements. This thesis includes background research, design process and technical specifications with elementary computations. Topic was choose because of the great creative space in the design according to technical specifications in this industrial range.

This work describes in detail the process of making the final result from initial research of existing sports coupe cars, through ideation sketches to the technical solution.

At the beginning, there is defined the main idea of a project and specified objectives of this thesis.

The second chapter summarizes the background research, which I have done in order to be properly familiarized with the subject.

Further, I disclosure the process of picking the best suitable design and technical variation and another processes connected with the project finalization.

The fifth chapter describes the technical specifications and used technologies in detail.

The sixth chapter deals with ergonomical parameters with basic dimmensions and in the last chapter there are some elementary computations.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1

Designérské návrhy

Příloha 2

Model z hlíny clay

Příloha 3

Ergonomické parametry

Příloha 4

3D vizualizace výsledného návrhu

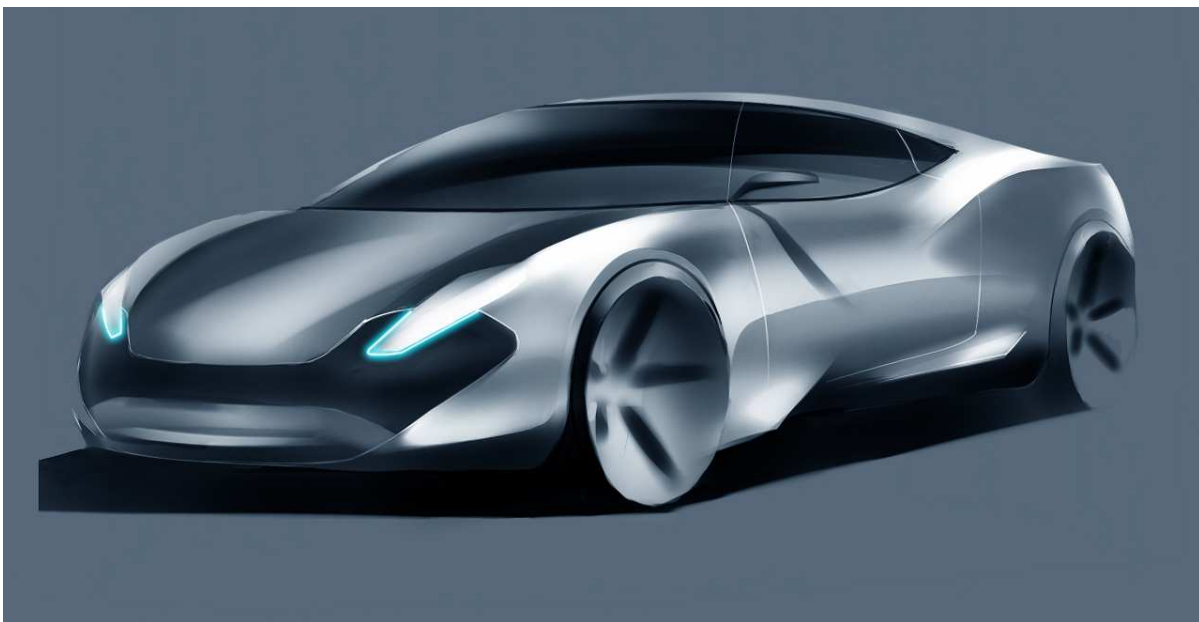
Příloha 5

Prezentační plakáty

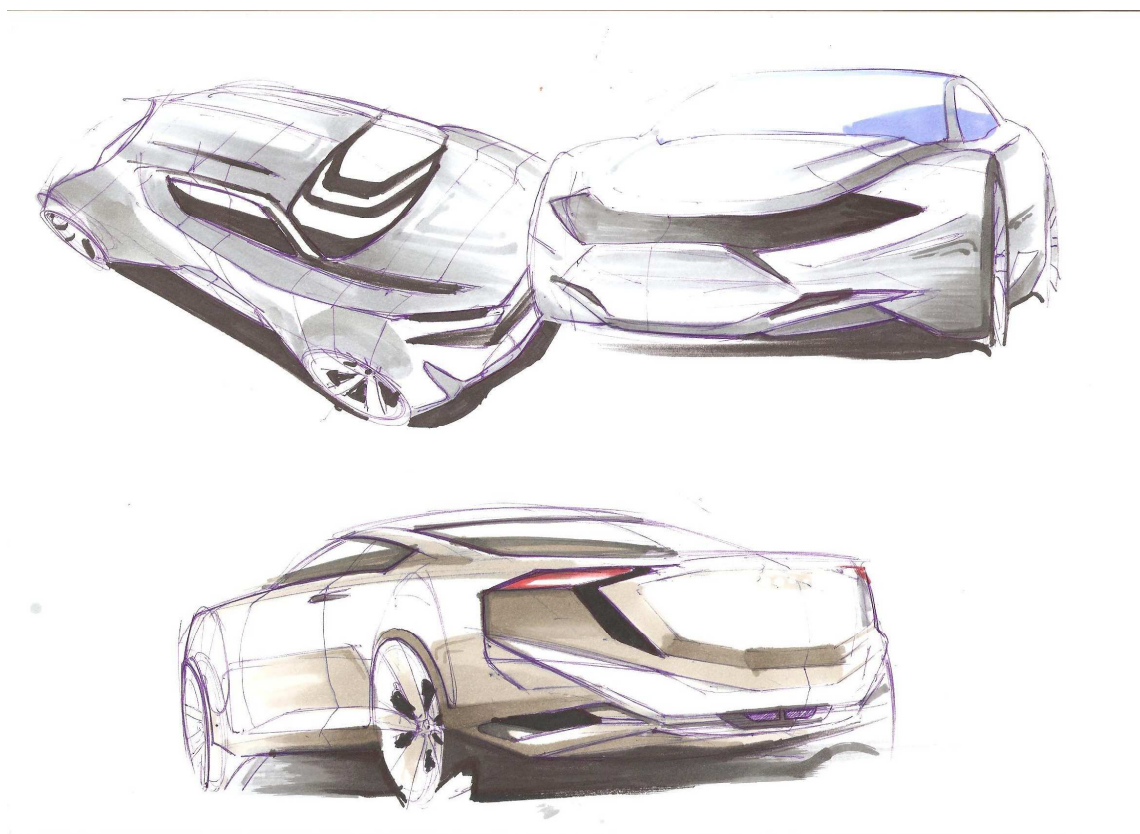
Příloha 6

CD-ROM

Příloha 1



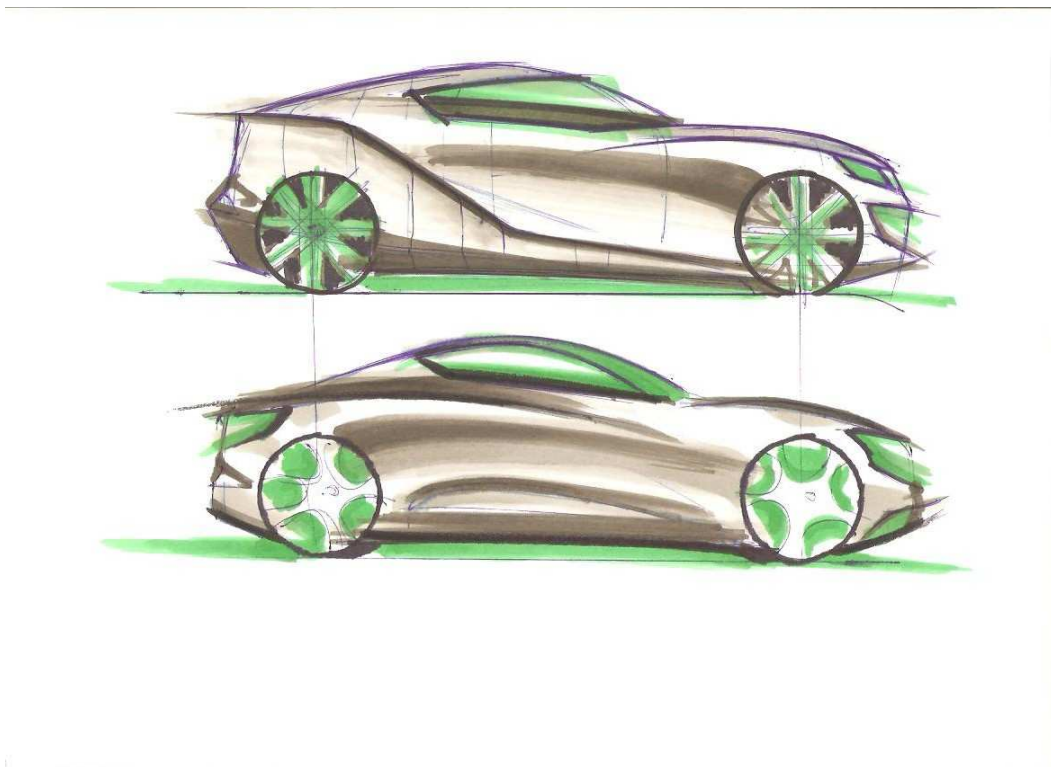
Obrázek 1. Předfinální designérský návrh²²



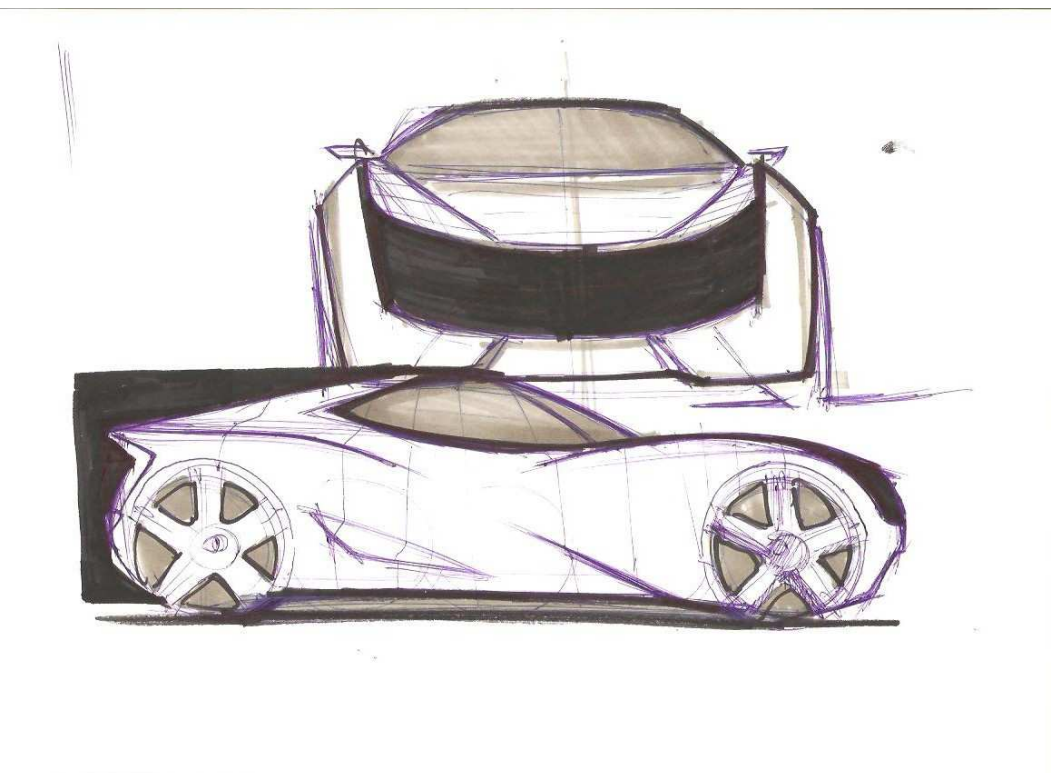
Obrázek 2. Návrhy²³

²² Předfinální designérský návrh. Osobní archiv autora.

²³ Návrhy. Osobní archiv autora.



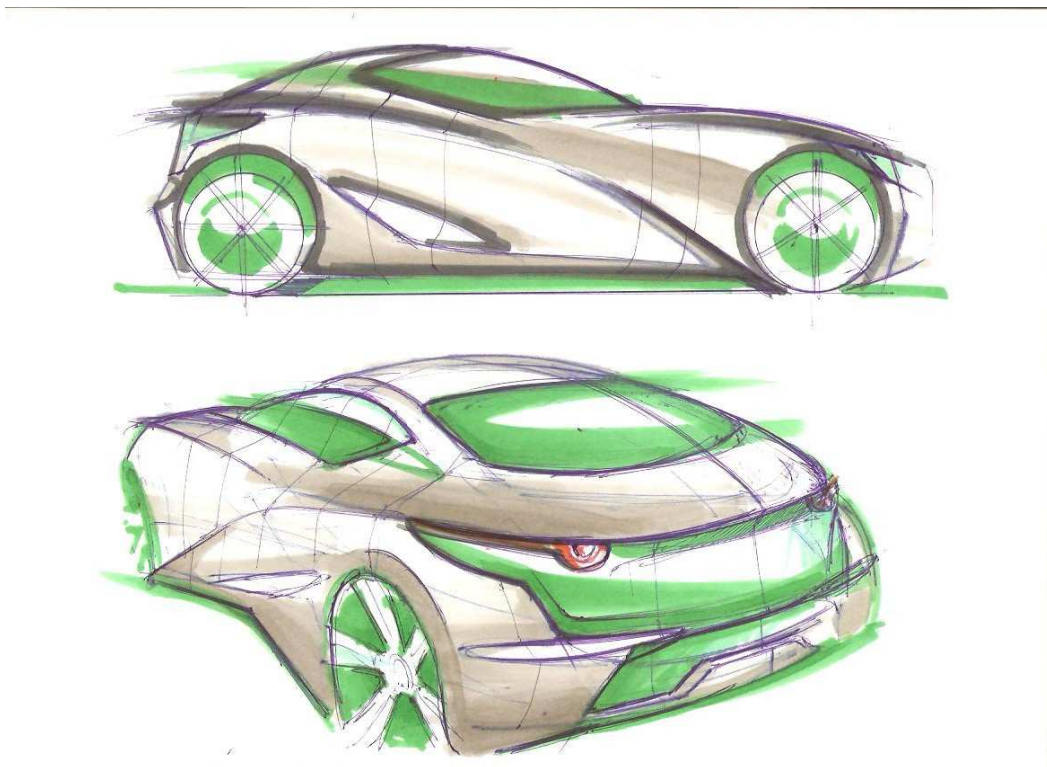
Obrázek 3. Návrhy²⁴



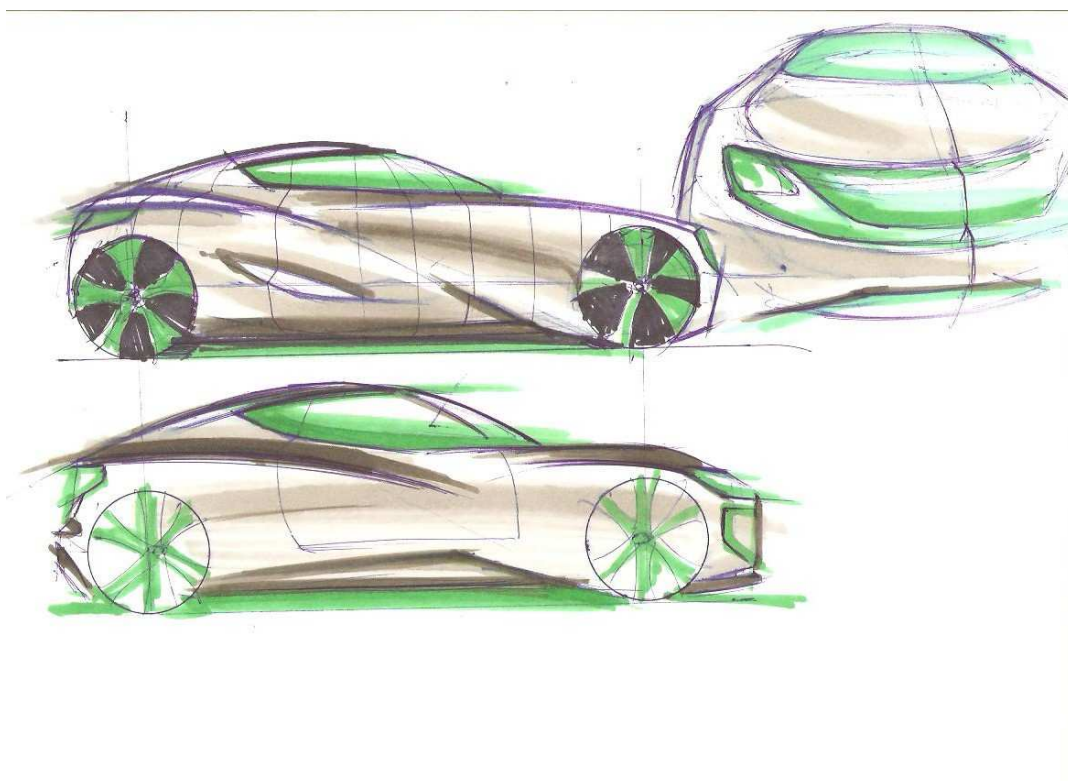
Obrázek 4. Návrhy²⁵

²⁴ Návrhy. Osobní archiv autora

²⁵ Návrhy. Osobní archiv autora



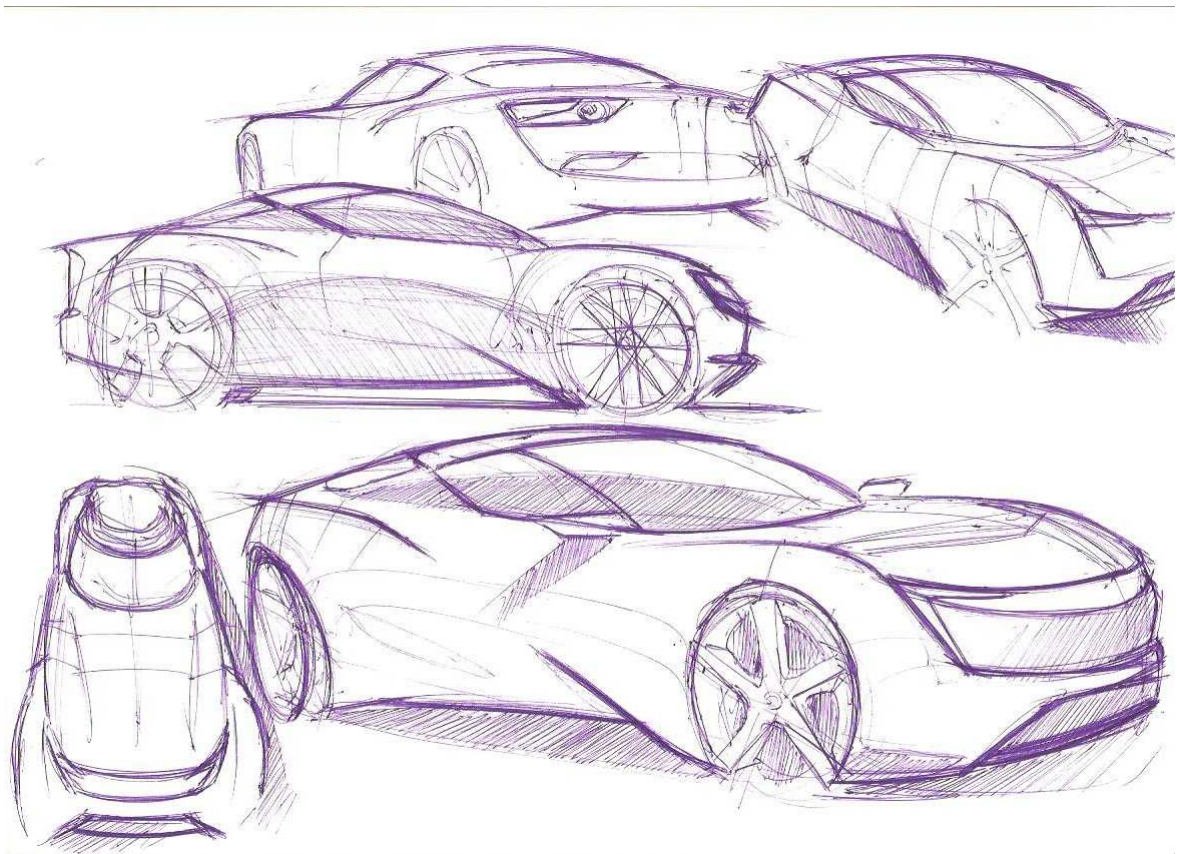
Obrázek 5. Návrhy²⁶



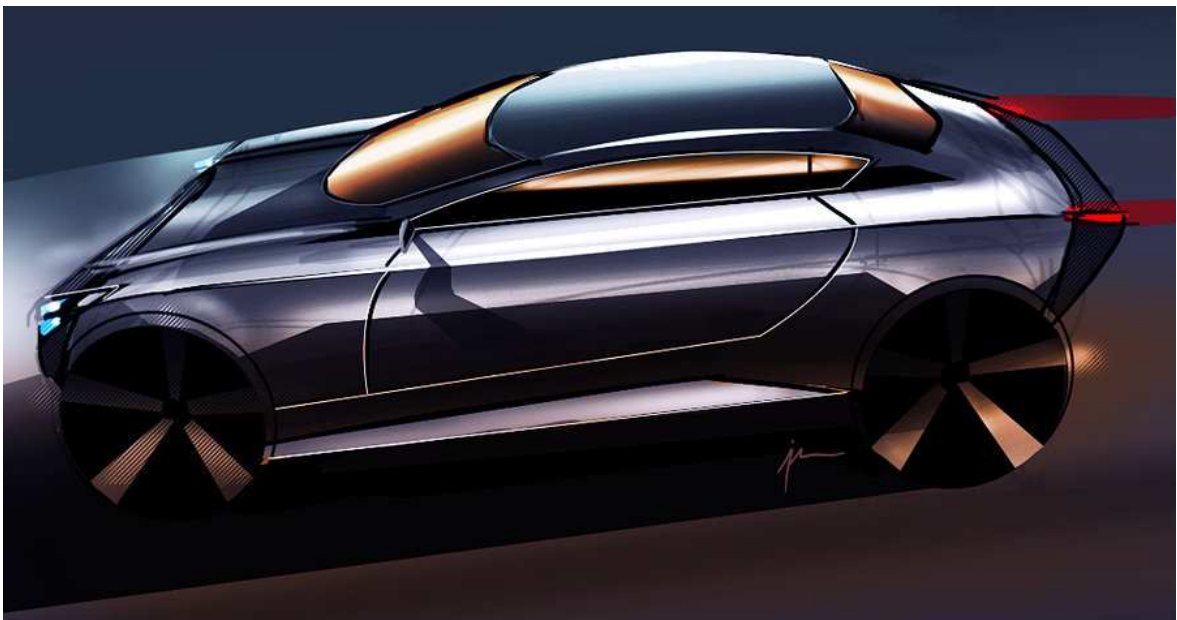
Obrázek 6. Návrhy²⁷

²⁶ Návrhy. Osobní archiv autora.

²⁷ Návrhy. Osobní archiv autora.



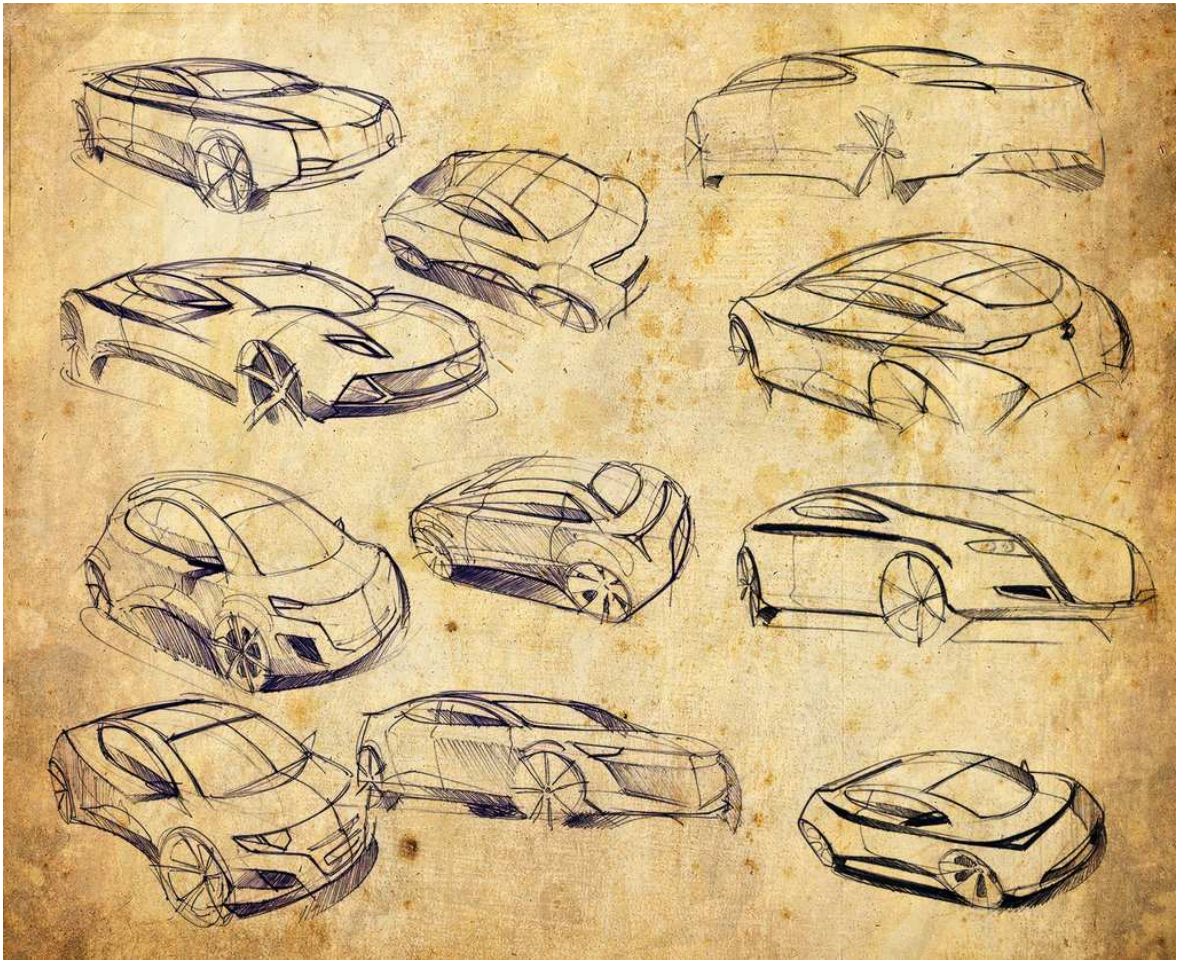
Obrázek 7. Návrhy²⁸



Obrázek 8. Návrh²⁹

²⁸ Návrhy. Osobní archiv autora.

²⁹ Návrh. Osobní archiv autora.



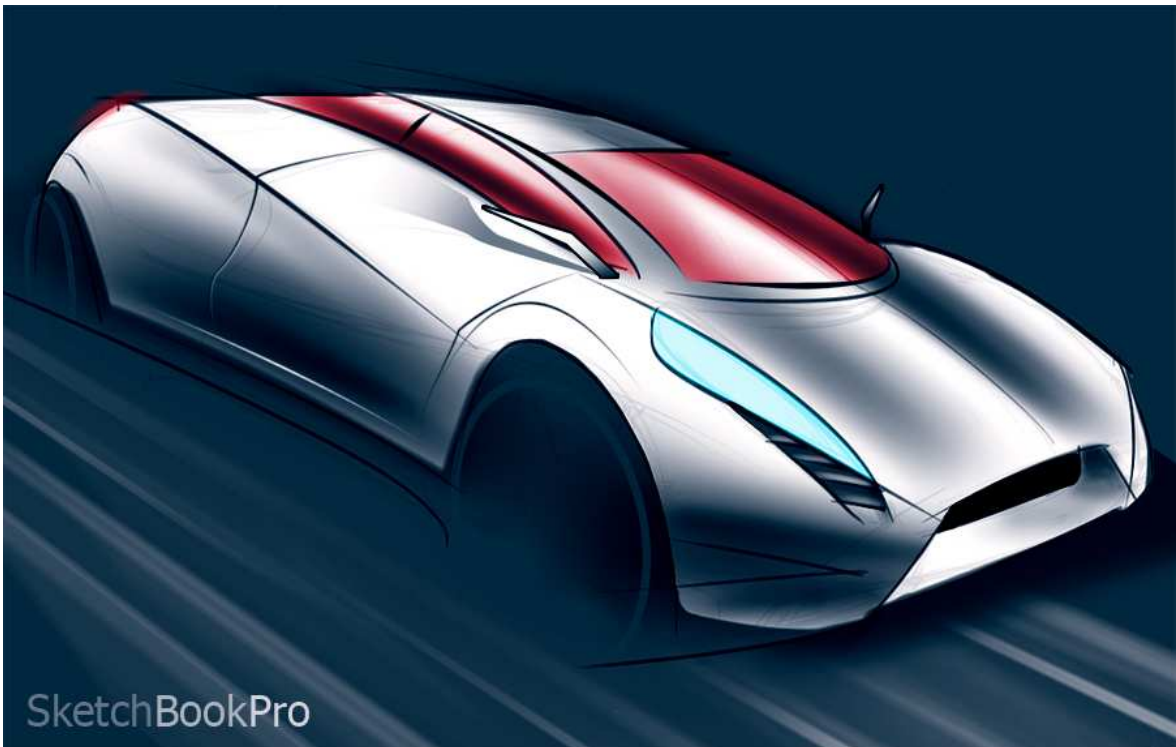
Obrázek 9. Návrh³⁰



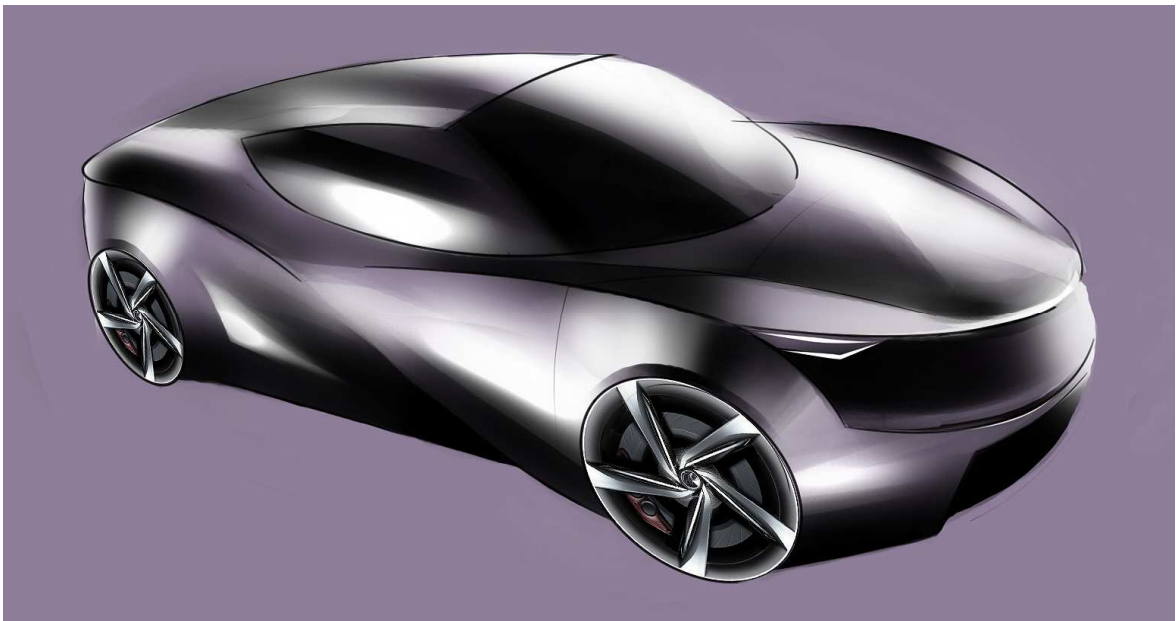
Obrázek 10. Návrh³¹

³⁰ Návrhy. Osobní archiv autora.

³¹ Návrh. Osobní archiv autora.



Obrázek 11. Návrh³²



Obrázek 12. Návrh³³

³² Návrh. Osobní archiv autora.

³³ Návrh. Osobní archiv autora.

Příloha 2



Obrázek 13. Modelování z hlíny clay³⁴

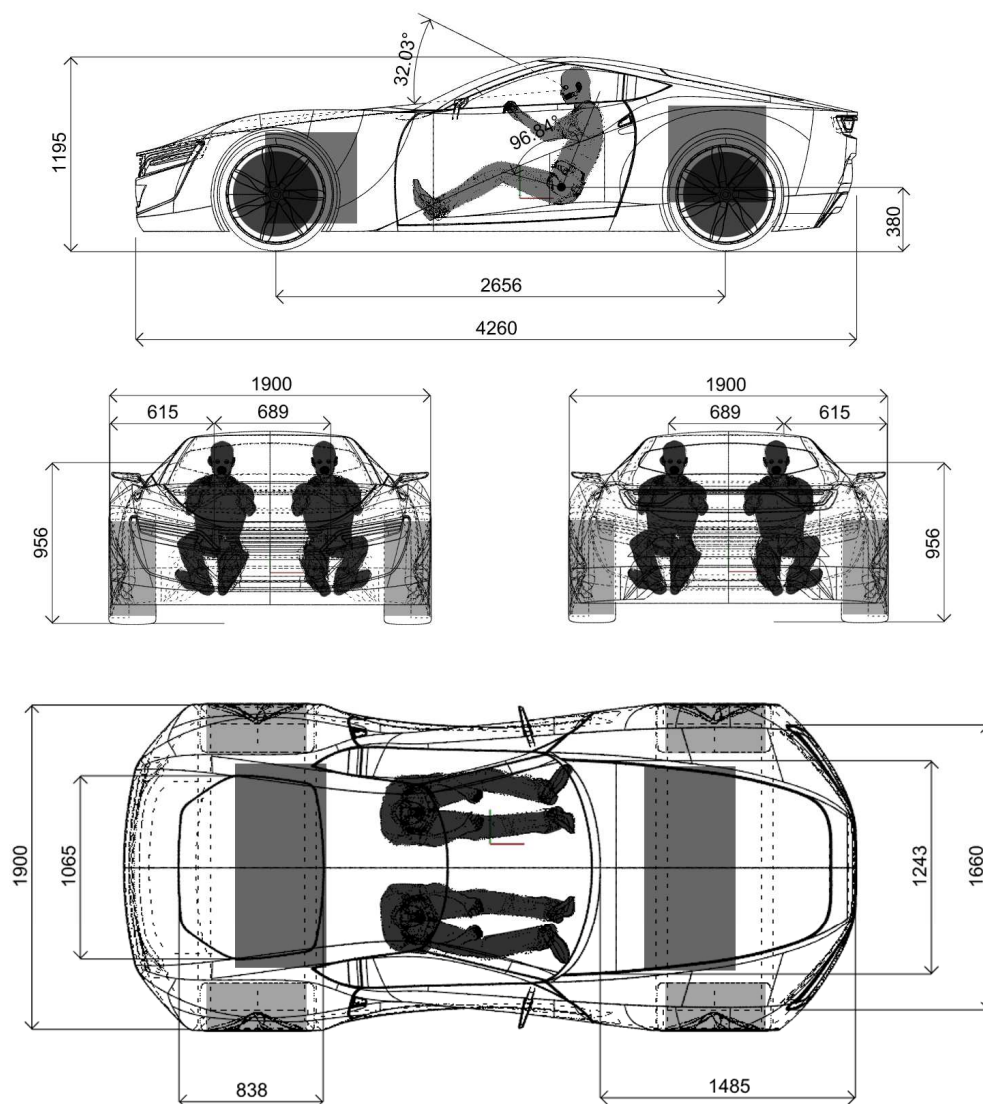


Obrázek 14. Modelování z hlíny clay³⁵

³⁴ Modelování z hlíny clay. Osobní archiv autora.

³⁵ Modelování z hlíny clay. Osobní archiv autora.

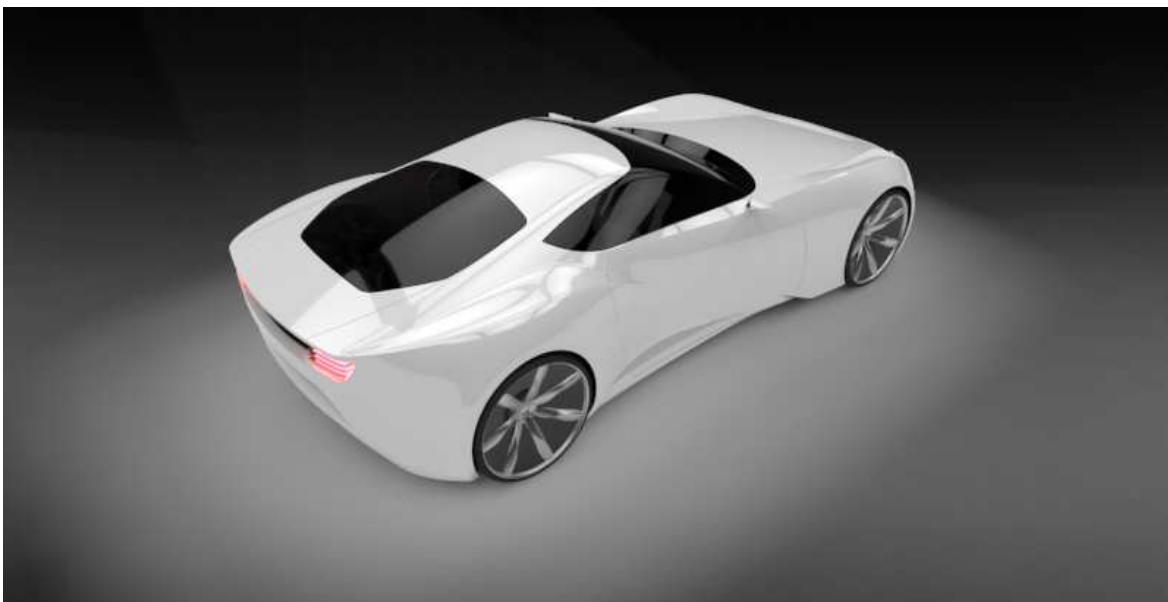
Příloha 3



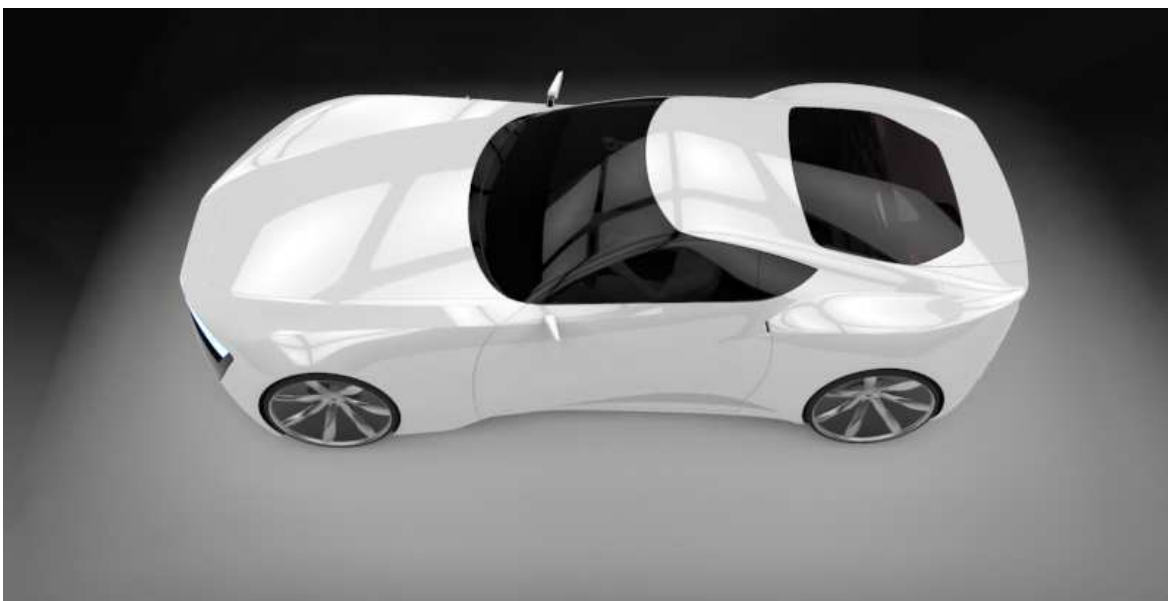
Obrázek 15. Ergonomické parametry³⁶

³⁶ Ergonomické parametry. Osobní archiv autora.

Příloha 4



Obrázek 16. 3D vizualizace³⁷



Obrázek 17. 3D vizualizace³⁸

³⁷ 3D vizualizace. Osobní archiv autora.

³⁸ 3D vizualizace. Osobní archiv autora.



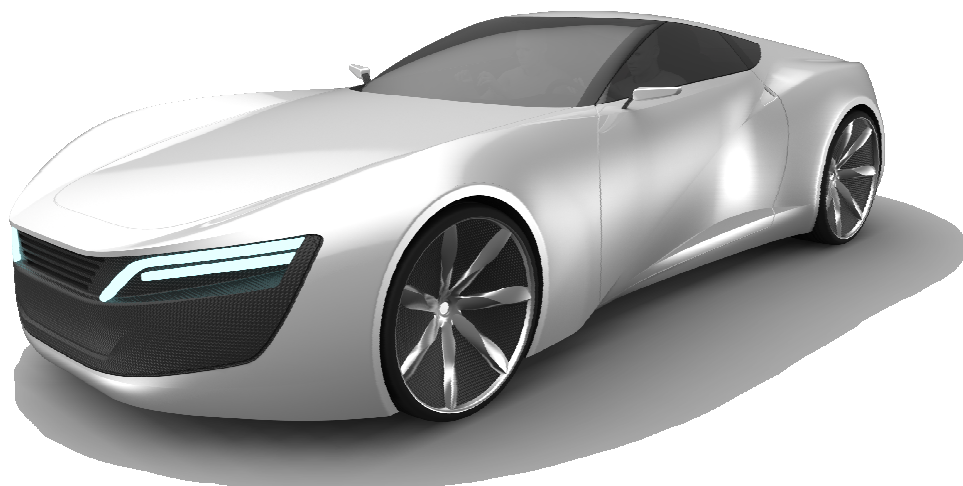
Obrázek 18. 3D vizualizace³⁹



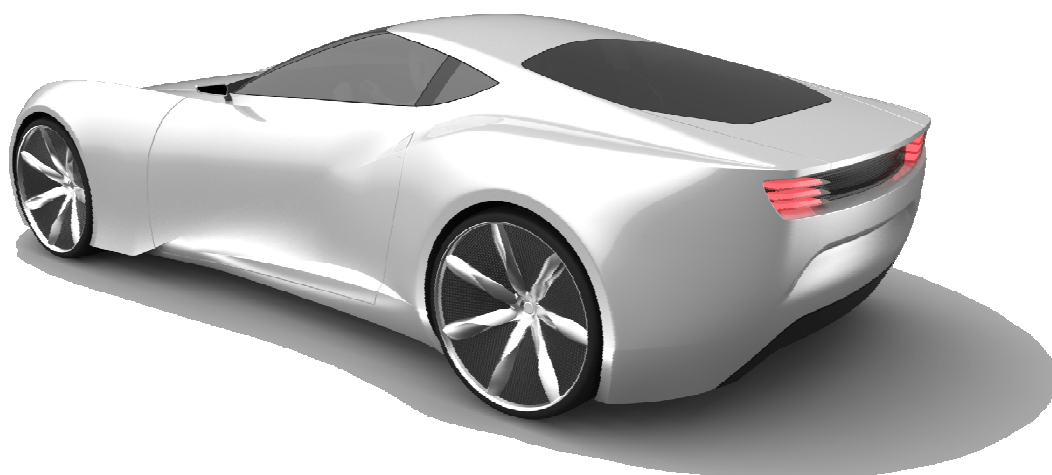
Obrázek 19. 3D vizualizace⁴⁰

³⁹ 3D vizualizace. Osobní archiv autora.

⁴⁰ 3D vizualizace. Osobní archiv autora.



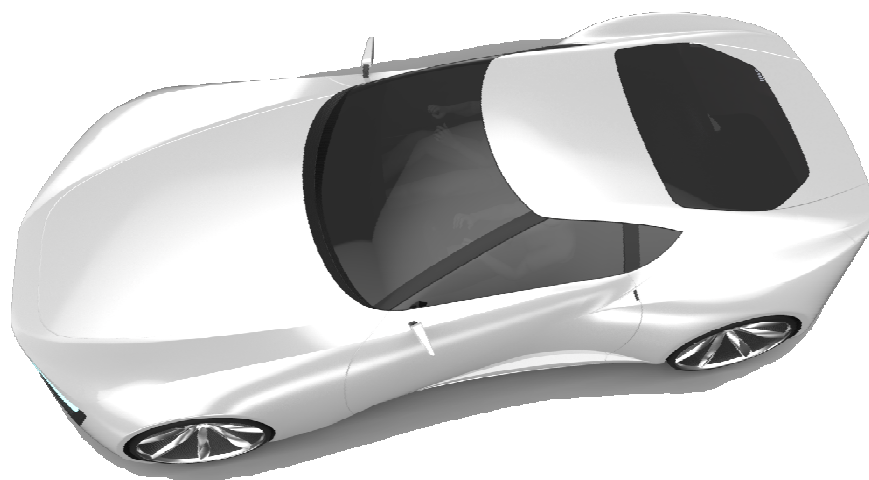
Obrázek 20. 3D vizualizace⁴¹



Obrázek 21. 3D vizualizace⁴²

⁴¹ 3D vizualizace. Osobní archiv autora

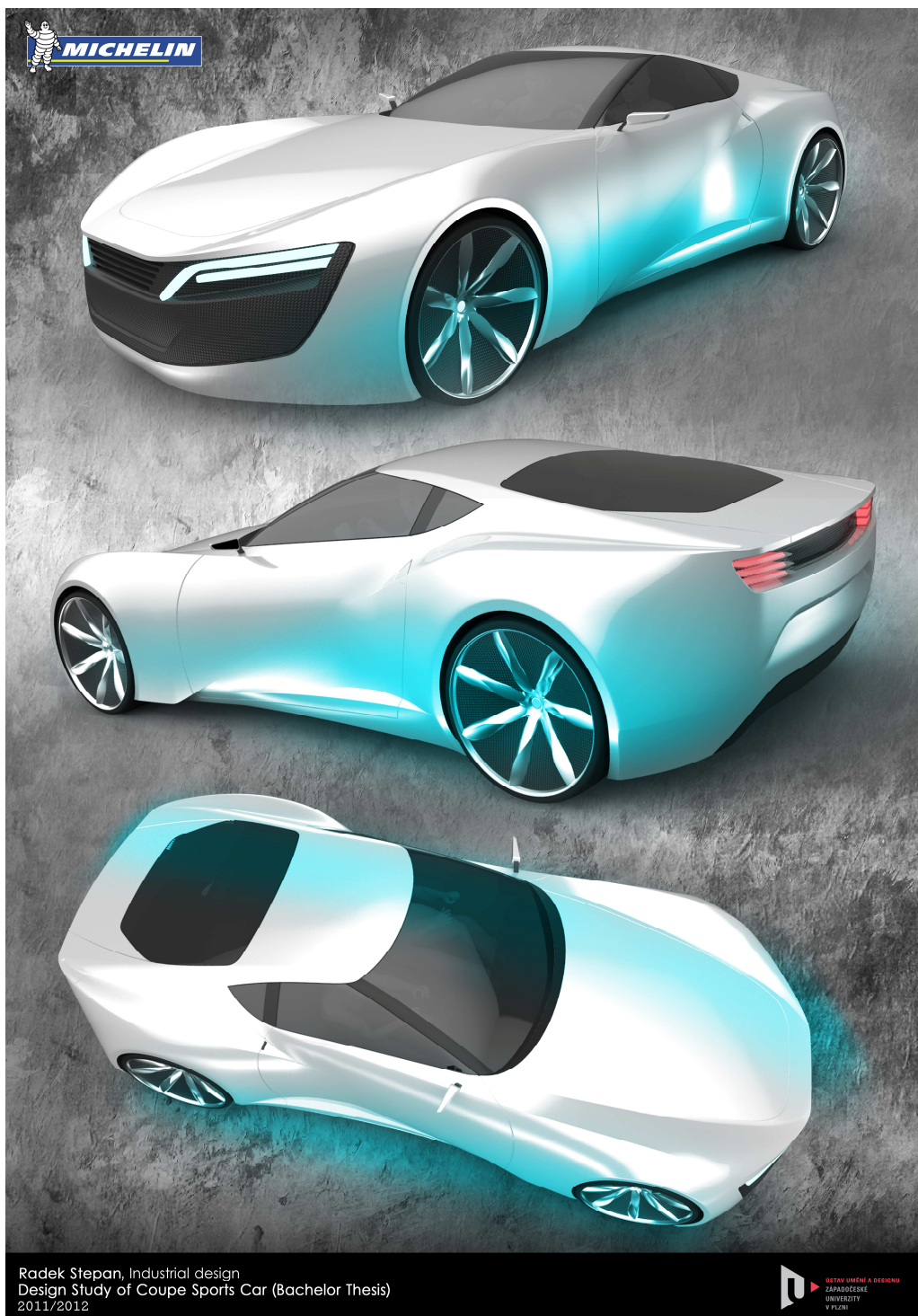
⁴² 3D vizualizace. Osobní archiv autora



Obrázek 22. 3D vizualizace⁴³

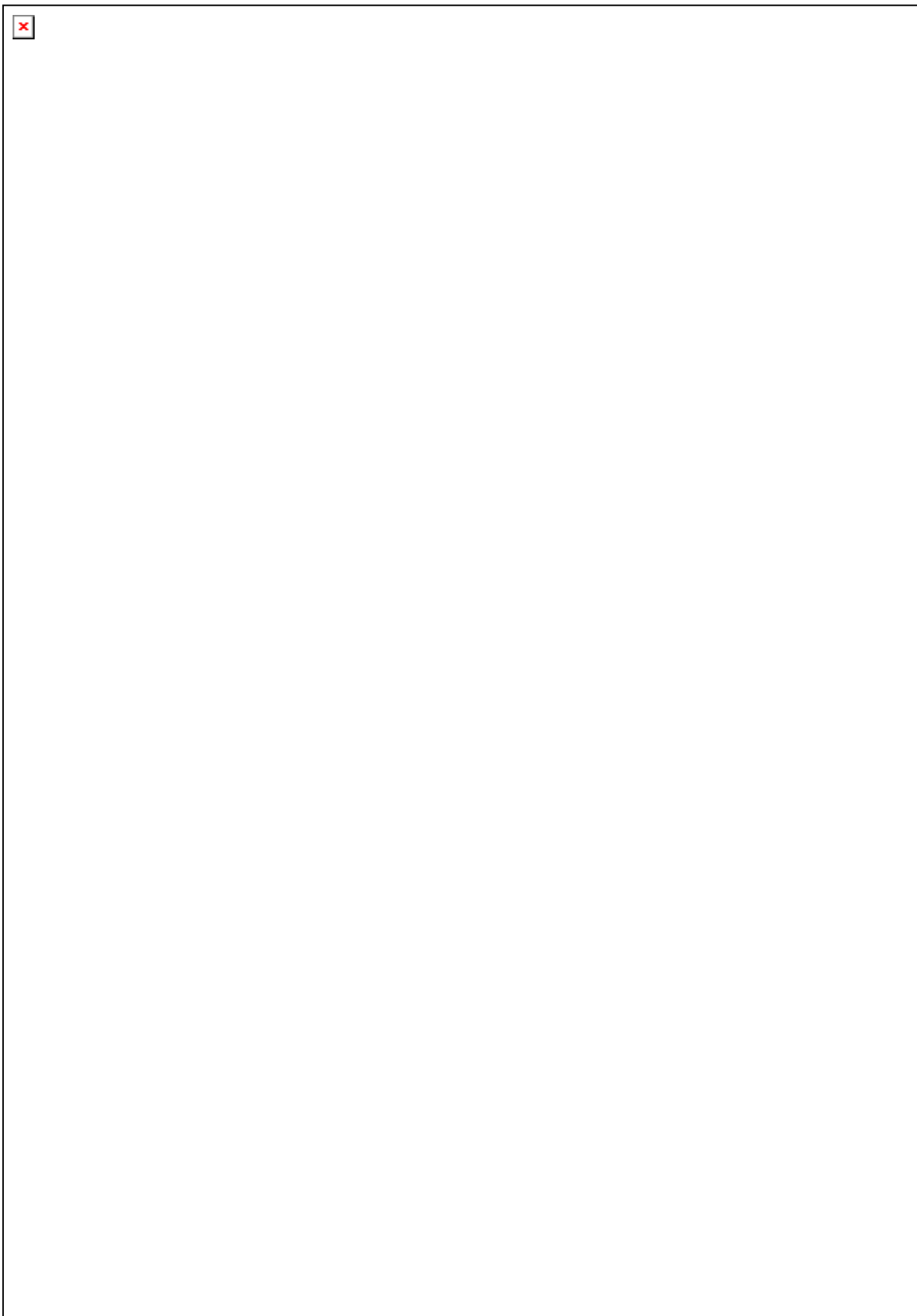
⁴³ 3D vizualizace. Osobní archiv autora.

Příloha 5



Obrázek 23. Prezentační plakát⁴⁴

⁴⁴ Prezentační plakát. Osobní archiv autora.



Obrázek 24. Prezentační plakát⁴⁵

⁴⁵ Prezentační plakát. Osobní archiv autora.