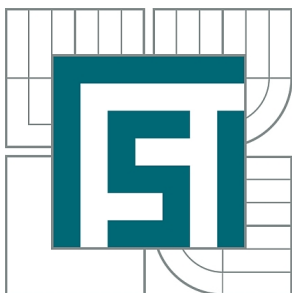


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

EXPEDIČNÍ ÚPRAVA MOTOCYKLU

TRAVEL MODIFICATION OF A MOTORCYCLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DOMINIKA GAWLICZKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Dominika Gawliczková

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Expediční úprava motocyklu

v anglickém jazyce:

Travel Modification of a Motorcycle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Upravit motocykl pro cestovní účely, zvětšit dojezd motocyklu a možnosti uložení cestovních zavazadel.

Cíle bakalářské práce:

Zvětšit dojezd motocyklu zvětšením hlavní palivové nádrže nebo instalací přídatných nádrží.

Navrhnout konstrukci pro uložení cestovních zavazadel.

Provést výpočtovou kontrolu navržených komponent z hlediska pevnosti a životnosti.

Seznam odborné literatury:

STOFFREGEN, Jürgen. Motorradtechnik. Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk. Springer Verlag, 2012. ISBN 978-3-8348-1716-7.

FISCHER, Wolfgang; BLENK, Georg; ECKSTEIN, Manuela. Markenmanagement in der Motorradindustrie. Grundlagen, Trends, Erfolgsstrategien führender Hersteller. Springer Verlag, 2012. ISBN 978-3-8348-1716-7.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 23.10.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Cílem této práce je navrhnout expediční úpravy motocyklu Yamaha XG250 Tricker, s kterým je v plánu cesta do Střední Asie. Mezi tyto úpravy patří návrh větší palivové nádrže včetně fyzických modelů a návrh upevnění zavazadel na motocykl podložený pevnostním výpočtem.

KLÍČOVÁ SLOVA

motocykl, motorka, palivová nádrž, zavazadla, kufry, držáky kufrů, palivo

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design travel modifications of a Yamaha XG250 Tricker motorcycle that is planned to go with on a trip to Central Asia. These modifications involve a design of a bigger fuel tank including physical models and a design of luggage racks that will be followed by a strength check.

KEYWORDS

motorcycle, motorbike, fuel tank, luggage, cases, luggage racks, fuel



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GAWLICZKOVÁ, D. *Expediční úprava motocyklu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 36 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 30. května 2014

.....

Dominika Gawliczková



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat prof. Ing. Václavu Pištěkovi, DrSc. za trpělivé vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Michalu Janouškovi za neúnavnou pomoc a podporu při konzultacích a přetrvávající nadšení od začátku až do konce. Poděkování patří také tátovi za cennou pomoc s výrobou polystyrenového modelu a panu Radku Hlavačkovi za neskutečnou ochotu při výrobě nádrže.



OBSAH

Úvod	9
1 Motivace	10
1.1 Větší dojezd	10
1.1.1 Možnosti zvětšení dojezdu	10
1.2 Uložení zavazadel	11
1.2.1 Možnosti uložení zavazadel	11
2 Popis motocyklu	12
2.1 Dosavadní palivový systém	12
2.2 Současné předpoklady pro převoz zavazadel	13
2.3 Technické parametry	13
3 Úprava nádrže	15
3.1 Volba materiálu	16
3.1.1 Kompozitní materiál	16
3.1.2 Ocelový plech	17
3.1.3 Hliník	17
3.2 Tvar	18
3.3 Model nádrže	19
3.3.1 Skenování původní nádrže	19
3.3.2 Modelování	22
3.3.3 Lepenkový model	24
3.3.4 Polystyrenový model	25
3.4 Výroba navržené nádrže	27
4 Návrh kufrů a jejich upevnění	28
4.1 Velikost kufrů	28
4.1.1 Lepenkový model kufru	28
4.2 Držáky kufrů	29
4.2.1 Materiál	29
4.2.2 Tvar a upevnění	30
4.2.3 Pevnostní výpočet	31
Závěr	34



ÚVOD

Tato práce se zabývá cestovní úpravou motocyklu Yamaha XG250 Tricker za účelem expedice do Střední Asie. Úpravy jeho nádrže mají umožnit překonat složité podmínky v oblastech s menší frekvencí čerpacích stanic a úpravy uložení zavazadel mají za cíl zjednodušit převoz potřebné výbavy a zajistit ji proti krádeži.

S motocyklem je v plánu projet Slovensko, Maďarsko, Rumunsko, Bulharsko, Turecko, Gruzii, Rusko, Kazachstán a Kyrgyzstán, což je trasa, na které je velmi proměnlivý výskyt benzínových stanic. V současnosti má Yamaha XG250 Tricker nádrž na šest litrů benzínu, na kterou ujede přibližně 150 kilometrů. V některých ze zmíněných zemí jsou podmínky, kdy bude motocykl ideálně potřebovat dojezd 500 kilometrů. Na cestách bez asfaltu je navíc potřeba počítat se zvýšenou spotřebou. Řešením je výroba nádrže, která bude mít větší objem, ale zároveň razantně nenaruší polohu těžiště vozidla a jeho jízdní vlastnosti.

Současně je zapotřebí na motocykl uchytit kufry, které jednak zvyšují komfort na cestě a také minimalizují pravděpodobnost odcizení zavazadel. Držáky těchto kufrů je nutné zkonstruovat tak, aby plánovanou zátěž vydržely a obstály i v případě pádu motocyklu.



1 MOTIVACE

S motocyklem již byla absolvována cesta do Skandinávie, kde se malá nádrž ukázala jako nevhodná k cestovním účelům. Textilní brašny namísto kufrů zase prokázaly jistou míru nepohodlnosti při skladování věcí i problém s nedostatkem místa.

1.1 VĚTŠÍ DOJEZD

S nádrží o objemu šest litrů paliva byl motocykl na předchozí cestě schopen najet přibližně 150 kilometrů při opatrné jízdě. V oblastech s menší frekvencí čerpacích stanic, jako byl na příklad sever Finska, bylo proto nutné hledat benzínovou stanici pro jistotu již po 80 ujetých kilometrech. Jako záloha sloužil pouze benzínový kanystr s objemem tři litry, který zvětšoval dojezd na 225 kilometrů. Tento způsob řešení se jevil jako dostatečný pro cesty po Evropě, byť šlo o řešení velmi nepohodlné. Na plánované cestě se však nachází několik oblastí, kde bude větší palivová rezerva naprosto nutná.

1.1.1 MOŽNOSTI ZVĚTŠENÍ DOJEZDU

Bylo zvažováno několik možností zvětšení dojezdu. Nejjednodušším z nich by bylo použití několika velkých kanystrů. V tomto řešení je však několik problémů. Vzhledem k malé velikosti motocyklu by bylo velmi obtížné kanystry upevnit tak, aby nikde nepřekážely a zároveň umožňovaly pohodlnou manipulaci při doplňování paliva. Navíc by všechny kanystry musely být upevněny v zadní části motocyklu, kde budou také zavazadla, a to by znamenalo posunutí těžiště vozidla a ještě větší zátěž na zadní části motocyklu, což je naprosto nežádoucí z hlediska jízdních vlastností. Pro dosažení požadovaného dojezdu by byly zapotřebí čtyři kanystry na pět litrů benzínu, což je velice nepraktické i s ohledem na reálnou nemožnost jejich upevnění na tak malý motocykl.

Další možností skladování benzínu navíc byla instalace jedné nebo více přídavných nádrží. Jako u kanystrů byl však největší problém s jejím umístěním na motorce. V zadní části motocyklu by opět zvyšovala zatížení na nevhodném místě. Zvažovalo se i umístění dvou přídavných nádrží na příklad vedle motoru, ale to bylo zavrhnuto, protože není jasné, zda by takové umístění nemělo vliv na chlazení motoru, který je chlazen vzduchem. Další možností bylo vyrobít přídavnou nádrž pod motor, jež by byla ve tvaru klínu. To by bylo však velmi tvarově složité a výrobně náročné, a tedy nevhodné i vzhledem ke skutečnosti, že by požadovaný přídavný objem paliva nebyl dostatečný. Navíc by v tomto případě i v případě jiných možných umístění bylo téměř nevyhnutelně nutné použít také palivové čerpadlo, čímž by se navýšila složitost celého systému, a tím i pravděpodobnost jeho poruchy, jež by byla na cestě hůře opravitelná.

Nejnáročnější, avšak nejefektivnější úpravou palivového systému se ukázala výroba nové, větší nádrže přibližně o dvojnásobném objemu. Toto řešení odstraňuje problém s přidáváním hmotnosti na zadní část motocyklu, která je už zatížena zavazadly, a naopak ji směřuje dopředu a blíže těžišti motocyklu. Dvojnásobný objem nádrže, tj. dvanáct litrů, poskytne dojezd asi 300 km. Zbytek potřebného paliva, tj. osm litrů, bude v kanystrech, které ale v tomto případě nebudou tolik zatěžovat zadní část konstrukce motocyklu.



1.2 ULOŽENÍ ZAVAZADEL

Dosud byly věci při cestování na motocyklu převáženy v textilních brašnách. Ty sice vykazovaly výhodu v podobě nízké hmotnosti, avšak byly neschopné samy o sobě zajistit obsah proti promoknutí. Tento problém byl vyřešen zabalením všech věcí do igelitových obalů, avšak řešení postrádalo jakoukoliv praktičnost. Ke všemu textilní brašny nedržely svůj tvar, pokud nebyly zcela naplněné. Brašny také nebylo možné zajistit proti krádeži, což je naprosto stěžejní požadavek na zavazadla při cestách do lokalit se zvýšeným výskytem kriminality.



Obr. 1 Dosud užívaný způsob uložení zavazadel v textilních brašnách

1.2.1 MOŽNOSTI ULOŽENÍ ZAVAZADEL

Odolnost vůči nepřízní počasí lze vyřešit pořízením nepromokavých brašen, které ale jinak neodstraňují nevýhody dosud používaných brašen. Důležitým faktorem ke zvolení jiného řešení je skutečnost, že jsou cenově nevýhodné a zejména se na ně nedají upevnit kanystry, které jsou pro cestu nezbytné.

Dražším, ale účinnějším řešením jsou uzamykatelné kufry. Možností jsou kufry plastové, ale vzhledem k tomu, že se budou muset pravděpodobně vyrobit kufry na míru, je lepším materiálem hliník, který má i lepší vlastnosti při pádu.



2 POPIS MOTOCYKLU

Motocykl, který se upravuje, je japonský motocykl značky Yamaha s obchodním označením XG250 Tricker. Jedná se o typ motocyklu enduro/trial, který není určen pro cestování. Motocykl je poháněn čtyřtákním jednoválcovým vzduchem chlazeným motorem. Rám je uzavřený dvojité z ocelových profilů. Přední kolo je odpruženo klasickou vidlicí a zadní odpružení je řešeno přepákováním s centrální pružicí a tlumicí jednotkou s nastavitelným předpětím pružiny. Brzdy jsou jednoduché kotoučové. Motocykl je z hlediska hmotnostních a výkonových parametrů velmi citlivý na změny zátěže, jako je právě instalace větší nádrže a opatření hliníkovými kufry. Hmotnost motocyklu s náplněmi je 120 kg a jeho výkon činí 14 kW [1].



Obr. 2 Motocykl Yamaha XG250 Tricker [2]

2.1 DOSAVADNÍ PALIVOVÝ SYSTÉM

V současnosti má motocykl nádrž na šest litrů paliva, přičemž dva litry z toho jsou rezervní. Palivová rezerva se ovládá pomocí palivového kohoutu, pro jehož otočení je nutné zastavit, tedy pohodlný a bezpečný objem nádrže je pouhé čtyři litry, což s průměrnou spotřebou 4 litry na 100 km z dosavadních zkušeností představuje dojezd asi 100 kilometrů.

Nádrž je vyrobena z hlubokotažného ocelového plechu pomocí lisování. Na nádrži jsou zhotoveny také držáky na plastové kryty, které nádrž lemuje a jsou zde z estetického důvodu.



Spodek nádrže kopíruje tvar komponent pod ní. Uzávěr nádrže je uzamykatelný. Směs je připravována pomocí rovnotlakého karburátoru, který je pro cestu vhodnější než systém vstřikování paliva vzhledem k jeho jednoduchosti a tedy snadnější opravitelnosti přímo na cestě.

2.2 SOUČASNÉ PŘEDPOKLADY PRO PŘEVOZ ZAVAZADEL

Vzhledem k tomu, že motocykl nebyl vyroben s žádnými cestovními ambicemi, jsou možnosti pro převoz zavazadel velmi malé. Na motocyklu je namontován originální doplňkový zadní nosič, ke kterému jdou připevnit malá zavazadla.

I když není určení motocyklu zrovna cestovní, jeho konstrukce je dostatečně pevná, což potvrzují i údaje o největší technicky přípustné hmotnosti motocyklu, která je 284 kg [3].

2.3 TECHNICKÉ PARAMETRY

Tab. 1 Technické parametry [1], [3]

Zdvihový objem	249 cm ³
Maximální výkon	14 kW při 7500 ot/min
Palivo	BA 95 B
Typ motoru	Vzduchem chlazený, čtyřdobý, SOHC
Příprava paliva	Karburátor TEIKEI MV33 x 1
Vrtání x zdvih	74.0 x 58.0 mm
Kompresní poměr	9.50 : 1
Celková délka	2000 mm
Celková šířka	810 mm
Celková výška	1130 mm
Rozvor	1330 mm
Světlá výška	280 mm
Provozní hmotnost	120 kg
Nejvyšší rychlost	120 km/h



Přední pneumatika	80/100 – 19M/C 49P
Zadní pneumatika	120/90 – 16/M/C 63P
Objem nádrže	6 l
Přední brzda	Kotoučová
Zadní brzda	Kotoučová



3 ÚPRAVA NÁDRŽE

Po rozhodnutí upravit nádrž jako hlavní řešení problematického dojezdu motocyklu se naskytlo několik možností. Zvažovaly se úpravy přímo původní nádrže tím způsobem, že by se zachovala spodní polovina nádrže, která je tvarově složitá, a vyrobila by se nová větší horní polovina. Další možností bylo nádrž rozdělit a nadstavit ji do výšky. Stejně tak se zvažovalo připevnění určitého kanystru či přídavné nádrže přímo na nádrž. Všechny tyto možnosti selhaly vzhledem k tomu, že byl požadavek na to, si původní nádrž pro jistotu ponechat, aby se motocykl mohl kdykoliv vrátit do původního stavu.

Možností by proto bylo zakoupit druhou originální nádrž na tento motocykl a tu upravovat, ale toto řešení se ukázalo jako velice nepraktické a nákladné, jelikož originální nádrž jako náhradní díl je velmi špatně sehnatelná položka, vzhledem k tomu, že se na náš trh motocykl již delší dobu nedováží. Také se její cena pohybuje daleko přes požadovaný rozpočet [4].

Podobnou alternativou k tomuto řešení by bylo zakoupení dostupnější nádrže z jiného motocyklu, a tu posléze upravovat. Původní nádrž modelu XG250 Tricker je ale natolik specifického tvaru, že by se nejednalo o zjednodušení práce. Nejvhodnějším motocyklem k převzetí nádrže byla Yamaha XT 250 Serow, což je motocykl, který se vyrábí pro japonský a americký trh, ale má stejný základ jako právě XG250 Tricker včetně rámu a motoru, ale zároveň disponuje větší nádrží o objemu 9,8 litru [5]. Sehnat tuto nádrž se nepodařilo. Nicméně se tato nádrž stala velkou inspirací, protože jasně dokazovala, že navýšení objemu nádrže při zachování dobrých vlastností motocyklu je možné. Z toho důvodu se jako zcela nejlepší řešení jeví výroba úplně nové, větší nádrže, i když se jedná o řešení zdaleka nejsložitější, nejpracnější a velmi nákladné.



Obr. 3 Motocykl Yamaha XT250 Serow [6]



3.1 VOLBA MATERIÁLU

Zásadní otázkou ohledně nové nádrže bylo, jaký zvolit materiál. Byla provedena rešerše ohledně běžně užívaných materiálů pro výrobu nádrží. Zároveň se hledal materiál, který by poskytoval zejména nízkou hmotnost a vysokou odolnost vůči proražení při pádu, případně snadnou opravitelnost takového defektu. Inspirací byly nádrže ze závodních speciálů, které musejí být navrženy tak, aby vydržely nejnáročnější podmínky a splňovaly bezpečnostní předpisy. V MotoGP se užívají nádrže z ocelového plechu, hliníku i kompozitu z uhlíkových, aramidových a jiných vláken [7].

3.1.1 KOMPOZITNÍ MATERIÁL

Nádrž ze sklolaminátu nebo karbonu, případně jejich kombinace byla jednou z možností. Kompozitní materiál může při správném navržení uspořádání vláken vykazovat vlastnosti jako pevnost, odolnost vůči nárazu a flexibilitu. Skládá se ze dvou složek – z pryskyřice a vláken. Vlákná mohou být uhlíková (karbonová), skelná nebo aramidová (kevlarová). Kompozitní materiál má anizotropickou vlastnost, což znamená, že může mít v různých směrech různé vlastnosti v závislosti na orientaci vláken. Naproti tomu hliník a ocel jsou izotropní materiály a jsou ve všech směrech stejně silné. Tímto způsobem se dá u kompozitního materiálu dosáhnout lepších vlastností za nízké hmotnosti [8]. Na příklad kompozitní materiál z karbonových vláken je podobně silný jako pětikrát těžší ocelový materiál nebo o polovinu těžší hliník [9]. Jako výhoda se jeví i relativně jednoduchá výroba a možnost opravy na cestě pomocí snadno dostupné laminovací sady. Ohledně nádrže ze skelných či karbonových vláken však existuje i několik zásadních problémů.



Obr. 4 Motocyklová nádrž z uhlíkových vláken [10]

Vzhledem k tomu, že nádrž bude konstantně vystavená vlivu benzínu, bylo třeba vzít v úvahu účinky jeho působení na zvolený materiál. Po rozsáhlé rešerši se ukázalo, že samotný benzín sice materiál nijak nedegraduje, i když se na použití s benzínem nedoporučuje, ale biosložka, která se v České republice přidává do benzínu, má na materiál zásadní vliv. Biosložka



obsahuje etanol, který reaguje s pryskyřicí v kompozitním materiálu a postupem času způsobuje zhoršení jeho vlastností, při kterém dochází k úniku benzínu a uvolňování částí materiálu, které mohou ucpat palivový systém [11], [12].

Výše popsané degradaci kompozitního materiálu kvůli biosložce lze zabránit utěsněním pomocí speciálního materiálu používaného v letectví s obchodním názvem Nycote, jehož cena je však vysoká a mimo požadovaný rozpočet [13]. Pro zajištění vysoké odolnosti proti průrazu nádrže by taky bylo zapotřebí užít několika vrstev skelných a karbonových vláken, což rovněž výrazně zvyšuje nákladnost a paradoxně i hmotnost celého řešení.

3.1.2 OCELOVÝ PLECH

Původní nádrž na motocyklu Yamaha XG250 Tricker je vyrobena lisováním z ocelového plechu. Materiál plechu je hlubokotažná ocel. Ta má nízký obsah uhlíku, což zajišťuje, že plech má dobré předpoklady ke snadnému tváření. Se zvyšujícím se obsahem legujících prvků roste síla materiálu, ale klesá jeho poddajnost a je hůře svařitelný [14]. Plech z hlubokotažné oceli je vhodným a často užívaným materiálem pro výrobu motocyklových palivových nádrží, avšak není výhodný pro kusovou výrobu právě z důvodu potřebného lisování.



Obr. 5 Původní nádrž motocyklu Yamaha XG250 Tricker z ocelového plechu

3.1.3 HLINÍK

Další vhodný materiál pro výrobu nádrže je hliník. Na rozdíl od kompozitních materiálů má hliník schopnost se deformovat bez nutného proražení materiálu. Vyznačuje se velkou specifickou pevností, tj. poměr pevnost/hmotnost, vysokou tepelnou a elektrickou vodivostí a je odolný vůči korozi. Hustota hliníku je cca 2770 kg/m^3 , kdežto hustota oceli je 7750 kg/m^3 . Čistý hliník má pevnost v tahu kolem 90 MPa, která může být ale značně zvýšena tvářením za



studena a také legováním. Modul pružnosti v tahu je 71,7 GPa, což je třetina hodnoty modulu pružnosti u ocelí [15].



Obr. 6 Hliníková nádrž [16]

S přihlédnutím k ceně a pevnosti hliníku se jedná o velmi univerzální materiál – dá se odlévat, tvářet za tepla i za studena i protlačovat. Jeho slitiny lze obrábět, lisovat, pájet i svářet. Navíc je hliník dobře dostupný v nejrůznějších typech polotovarů včetně plechů [15]. Z popsaných materiálů se jeví jako nejdostupnější a nejvhodnější pro kusovou výrobu. Z těchto důvodů bylo pro výrobu nádrže rozhodnuto použít 2 mm silný letecký hliník.

3.2 TVAR

Původní tvar nádrže je velmi specifický a nepříliš jednoduchý. Nádrž je vyrobena ze dvou částí, které v nejširším bodě kopírují šířku rámu. Směrem nahoru se tvar nádrže zužuje a zahrnuje prolisy na zapadnutí plastových krytů. Nádrž nemá rovné dno, ale jsou v něm dva prolisy, jeden na objemu přidává a druhý naopak objemu ubírá, a je zde pravděpodobně pro zpevnění dna. Tvar celé nádrže je uzpůsoben tak, aby nenarušoval hladké linie celého motocyklu, a nádrž tak téměř splývá s rámem. To je bohužel doprovázeno jejím malým objemem.



Obr. 7 Detail dna původní nádrže



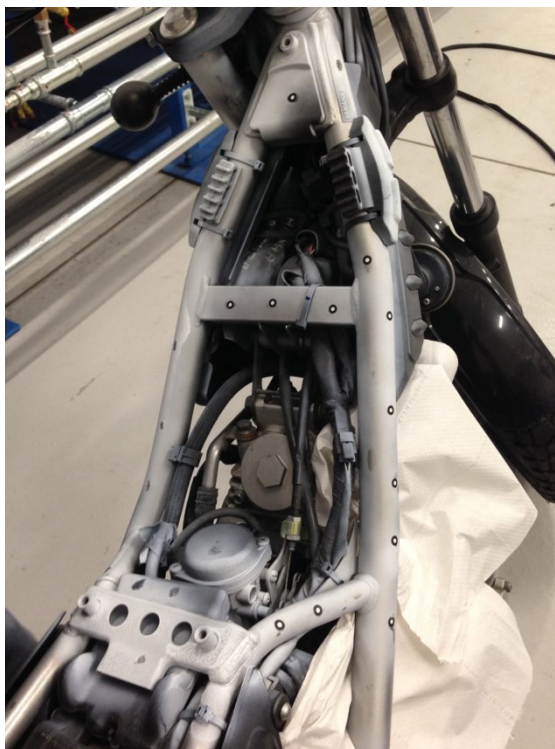
Vyrobít větší nádrž, která by měla podobně estetický tvar, je sice možné, ale vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o výrobu pouze jednoho kusu, který je v plánu zhotovovat ve spíše domácích než profesionálních podmínkách, je to úkol takřka nespílitelný. Přesto se usilovalo o vytvoření tvaru, který motocykl nebude nijak esteticky degradovat nebo budit dojem, že na motocykl nepatří. Při zachování těchto podmínek se podařilo vytvořit model nádrže, který má objem zhruba 12 litrů, což je dvojnásobek objemu té původní. Navržená nádrž má z hlediska tvaru rovné dno a je rozšířená do boku. Vzhledem k tomu, že je celkově širší, bylo na ní třeba vytvořit místo pro nohy, aby posed na motocyklu a jeho ovladatelnost zůstaly stále stejné. Celá nádrž je samozřejmě i o dost vyšší.

3.3 MODEL NÁDRŽE

S přihlédnutím k tomu, že upravovaný motocykl se již nevyrábí pro náš trh a nikdy neměl velký obchodní úspěch, je velice složité nalézt jakékoliv bližší informace o něm, potažmo o nádrži. Modelování 3D modelu je pak vzhledem k absenci jakýchkoliv podkladů velmi obtížné. Jako nejvhodnější řešení se ukázalo nádrž a její umístění na motocyklu naskenovat pomocí 3D skeneru. Pro ověření, zda byla nádrž vhodně vymodelována, byl vytvořen lepenkový model a posléze i polystyrenový model z důvodu usnadnění výroby.

3.3.1 SKENOVÁNÍ PŮVODNÍ NÁDRŽE

Skenování bylo prováděno na 3D skeneru ATOS Compact Scan. Nejprve bylo zapotřebí motocykl nastříkat plavenou křídou, aby skener sledovanou část snadno detekoval. Sledovaná oblast byl rám motocyklu kolem nádrže a posléze zvlášť i původní nádrž.



Obr. 8 Referenční body pro skener nalepené na motocyklovém rámu



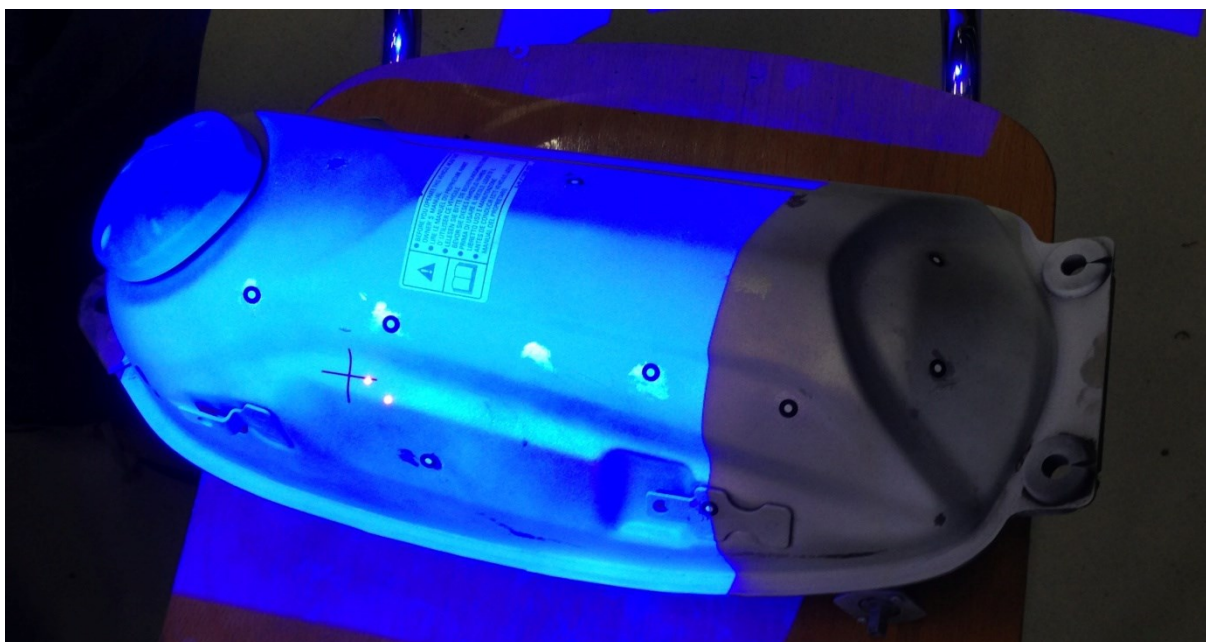
Poté se na sledovanou oblast nalepilo několik referenčních bodů v různých vzdálenostech. Bylo důležité, aby referenční body byly rozmístěny nahodile a měly svou unikátní vzdálenost k ostatním bodům, jelikož 3D skener vždy detekuje tři body, jejichž polohu v prostoru a informace o vzájemné vzdálenosti si uloží. Při skenování dalších částí sledovaného objektu pak tyto informace využívá a postupně vytváří věrný model fyzického objektu pomocí promítání pruhů na sledovanou oblast.



Obr. 9 Skenování rámu motocyklu pod nádrží pomocí 3D skeneru ATOS Compact Scan

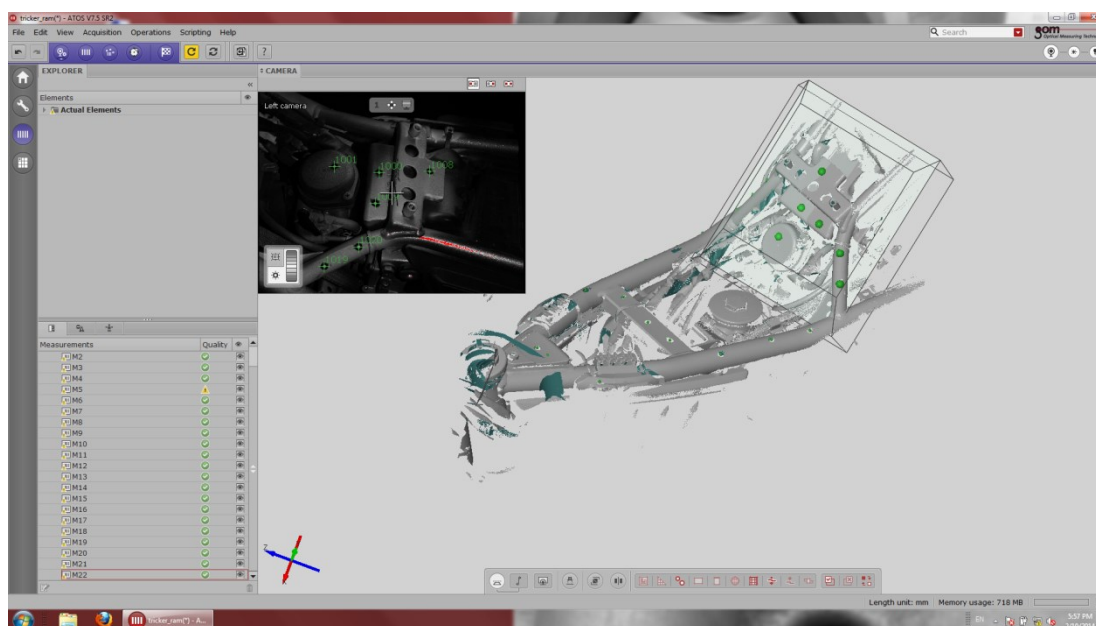


Po naskenování rámu pod nádrží se zvlášť skenovala i nádrž. Ta musela být rovněž nastříkána plavenou křídou a polepena referenčními body.



Obr. 10 Skenování původní nádrže

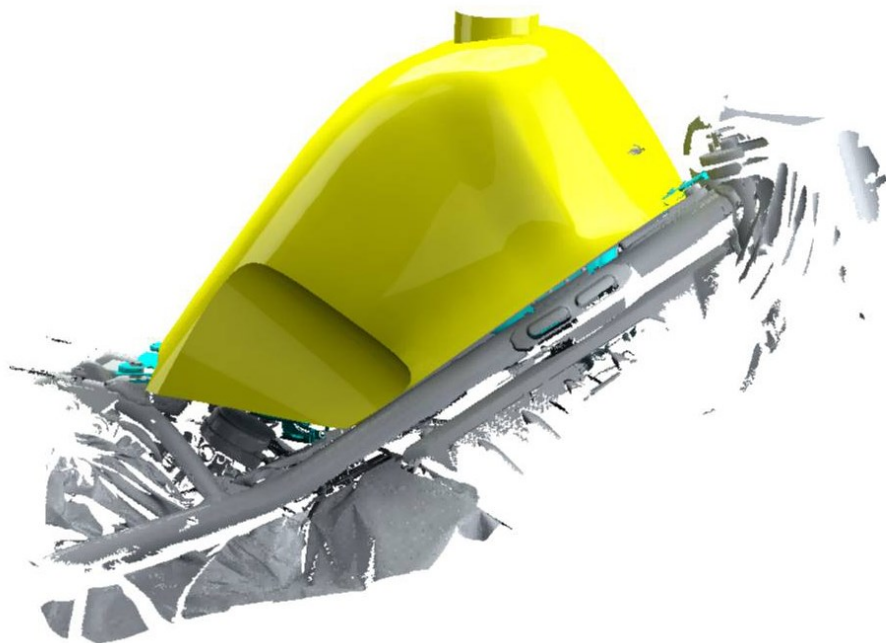
Během skenování byla oblast sledována v softwaru ATOS, v němž se spouštělo samotné vytváření snímku a kontrolovalo se, zda jsou vybrány správné referenční body a zda snímek není přесvícený. Výstupem ze skenování byly dva modely: původní nádrž a rám pod ní. Ty byly následně spojeny a použity jako podklad k návrhu nové nádrže.



Obr. 11 Skenovaný model rámu pod nádrží

3.3.2 MODELOVÁNÍ

Výchozím zdrojem pro zhotovení modelu v počítači byly výstupy ze skenování ve formě STL sítě, které musely být nejdříve upraveny tak, aby se s nimi dalo pracovat dál. To obnášelo vyplnění částí, které se nepodařily dokonale naskenovat, pomocí softwaru GOM Inspect. Dále bylo třeba vyhladit STL síť pro usnadnění dalšího zpracování při samotném modelování. Dalším krokem bylo získání přesné pozice montážních bodů nádrže, čehož se dosáhlo proložením skenovaných bodů rovinou nebo válcovou plochou.



Obr. 12 Model vytvořený v softwaru PTC Creo

Model byl upravován a vytvářen v softwaru PTC Creo. Nejdříve byla importována naskenovaná data ve formátu STL, která se použila jako předloha. Vzhledem ke komplikovanému tvaru nádrže se použilo modelování pomocí ploch, které se jevílo nejvhodněji. K modelování byl využíván modul Style, který umožňuje tvorbu ploch pomocí 3D křivek.



Obr. 13 Modely vytvořené v softwaru PTC Creo



3.3.3 LEPENKOVÝ MODEL

Pro ověření, zda je navržený model prakticky realizovatelný, byl vytvořen model z lepenky, z níž byly sestaveny jednotlivé řezy a ty slepeny dohromady.



Obr. 14 Výroba modelu nádrže z lepenky

Tento model poskytl představu o tom, jak bude motocykl s větší nádrží vypadat, zda nebude nádrž příliš vysoká a zejména jestli zachová stejný jízdní komfort jako doposud nebo změni styl posedu na motocyklu.



Obr. 15 Motocykl s kompletním modelem z lepenky



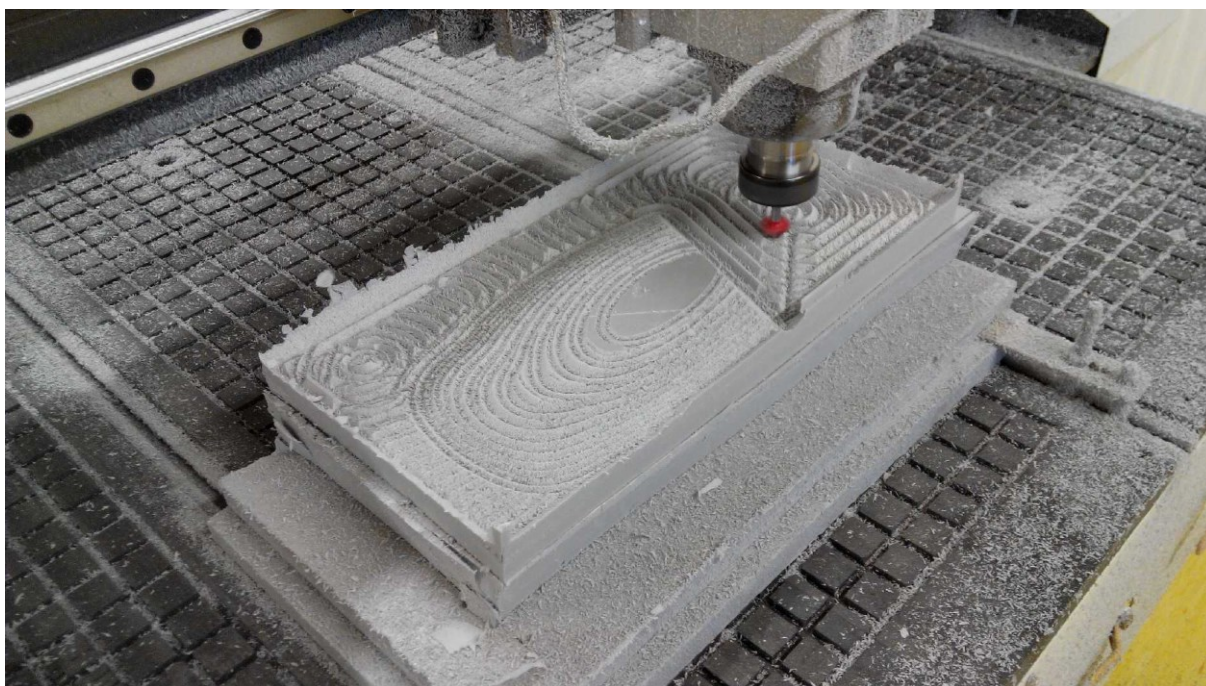
Lepenkový model potvrdil, že základní tvar nádrže je vymodelován dobře, na motocykl se vleze a jezdcí ani částem motocyklu nepřekáží. Vzhledem k tomu, že byl model vyroben však pouze z řezů a nenahrazuje kompletní tvar nádrže, bylo nutné jej brát jako pouhé částečné ověření správnosti modelu, nikoliv jako stoprocentně věrohodný model.



Obr. 16 Lepenkový model navržené nádrže z pohledu jezdce

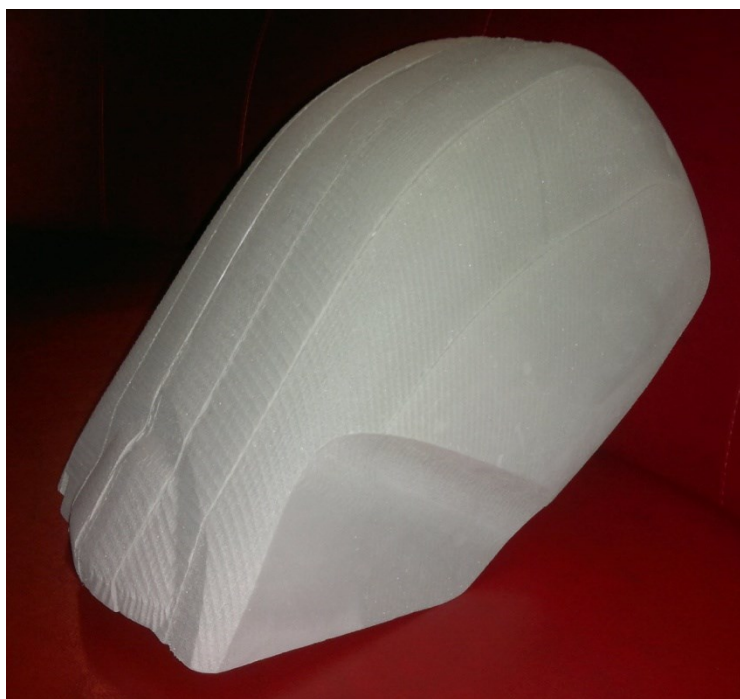
3.3.4 POLYSTYRENOVÝ MODEL

K usnadnění vlastní výroby nádrže byl zhotoven také model z polystyrenu. Byl použit extrudovaný polystyren, protože ten vyniká vysokou pevností a na rozdíl od klasického expandovaného polystyrenu má rovnoměrnou strukturu, tedy se tolik neštěpí na kuličky a není nasákavý. Má vyšší pevnost nejen v tlaku, ale i v ohybu [17].



Obr. 17 Výroba polystyrenového modelu na tříosé CNC frézce

Po vytvoření CAM programu bylo vyfrézováno sedm polystyrenových dílů na tříosé CNC frézce R1320 Servo, ty byly posléze slepeny dohromady a vytvořily tak polystyrenový model, který bude využíván klempířem jako podklad pro výrobu.



Obr. 18 Polystyrenový model zhotovený ze 7 dílů



3.4 VÝROBA NAVRŽENÉ NÁDRŽE

Polystyrenový model nádrže byl společně s motocyklem poskytnut klempíři. Po nasazení modelu na motocykl byly zjištěny drobné chyby v modelování a ukázalo se, že lepenkový model skutečně nebyl stoprocentně vypovídající. Jednou z vad byla přebývající hrana v oblasti přechodu sedla a nádrže, která by měnila posed a jízdní komfort. Zároveň byla nádrž u sedla celkově příliš široká a rozhodlo se ji v tomto místě zúžit.

Přestože byla snaha zajistit, aby tvar rozšířené nádrže nijak neomezoval jezdce ani vlastnosti motocyklu, zjistilo se, že při plném vytočení řídítek navržený polystyrenový model nádrže skutečně lehce s řídítky koliduje a zmenšuje tak rejď motocyklu. Vzhledem k této překážce i plánovanému zúžení nádrže u sedla by došlo k podstatnému zmenšení navrženého objemu, což je nežádoucí.

Po konzultaci s klempířem o tom, zda by tvarově složitější nádrž výrazně zkomplikovala nebo případně zdražila výrobu, bylo rozhodnuto, že se navržená nádrž ještě zvedne o malý kus do výšky a také do šířky. Narážení řídítek do nádrže bude vyřešeno vytvořením prolisů.

Samotná nádrž se bude vyrábět ručně z měkkého leteckého hliníku o tloušťce 2 mm. Jako předloha pro výrobu bude použit polystyrenový model. Nejprve je nutné vyrobit stříhy jednotlivých plechových dílů, které budou následně vyklepány do požadovaného tvaru a napasovány na polystyrenovou maketu. Posléze budou jednotlivé díly svařeny dohromady a svary přebroušeny tak, aby nádrž vyhovovala z estetického hlediska.



4 NÁVRH KUFRŮ A JEJICH UPEVNĚNÍ

Po rozhodnutí použít k uložení zavazadel hliníkové kufry bylo třeba zvážit, jaký by měly mít objem, jakou silou zatíží motocykl, a podle těchto informací navrhnout jejich upevnění na motocykl. Ukázalo se, že hliníkové kufry se nejčastěji vyrábějí ve standardních objemech kolem 30, 45 a 60 litrů. Ty se staly inspirací pro návrh vlastních kufrů.



Obr. 19 Hliníkový kufr o objemu 36 litrů a rozměrech 440x380x200 mm [18]

4.1 VELIKOST KUFRŮ

V minulosti byl na cesty dostačující pouze celkový třicetilitrový objem textilních brašen. Spousta věcí ale musela být uložena i na zadním sedadle motocyklu a nosiči. Nyní je navíc v plánu převážet i náhradní díly, nářadí a jiné věci, které dosud v zavazadlech nebyly.

Přesto vzhledem k malé velikosti i hmotnosti motocyklu Yamaha XG250 Tricker bylo třeba důkladně zvážit maximální zatížení a velikost kufrů. Při rozhodování hrály roli i běžně prodávané rozměry, v případě že by se kufry nevyráběly na míru, ale bylo by nutné zakoupit kufry sériové. Po zohlednění těchto skutečností byly další návrhy směřovány k nejmenší běžně dostupné velikosti kufrů, a to objemu kolem 30 litrů.

4.1.1 LEPENKOVÝ MODEL KUFRU

Byl vyroben lepenkový model kufru o objemu cca 32 litrů, aby se zjistilo, zda není objem příliš velký a splňuje představy o prostoru a komfortu. Ukázalo se, že se skutečně jedná o maximální objem kufrů, který může být na motocyklu a zároveň nebude překážet ani motocykl přetěžovat.



Obr. 20 Motocykl Yamaha XG250 Tricker s modelem kufru z lepenky

Kufr byl však zhotoven v rozměrech 195x450x370 mm, které se ukázaly jako nepříliš vhodné zvolené, jelikož kufr byl sice úzký, ale příliš vysoký a v takových rozměrech by hrozilo, že by při náklonu motocyklu došlo ke kontaktu s vozovkou. Bylo proto rozhodnuto zvolit kufr, který bude sice rozšiřovat motocykl, ale nebude zmenšovat možnost náklonu a bezprostředně ovlivňovat riziko pádu.

4.2 DRŽÁKY KUFRŮ

Informace o velikosti kufrů a tedy i o přibližné zátěži a objemu zavazadel byla velmi důležitá pro návrh jejich upevnění. Kufry bylo zamýšleno upevnit na pomocný rám – držák – připevněný k rámu motocyklu.

4.2.1 MATERIÁL

Materiál držáků kufrů bylo nutné navrhnout tak, aby splňoval pevnostní požadavky a vydržel i nejhorší zacházení včetně častého sundávání a upevňování kufrů a jízdy v terénu.



Zároveň je třeba dbát na co největší usnadnění výroby. Držáky kufrů budou proto vyrobeny z bežešvé ocelové trubky 20x1,5 mm z materiálu 11 353 o mezi kluzu $R_e = 230$ MPa [19]. Ocelová trubka byla zvolena vzhledem k velmi dobré únavové životnosti a jednoduché výrobě.

4.2.2 TVAR A UPEVNĚNÍ

Navržené držáky kufrů jsou upevněny u stupaček a v podsedlové části motocyklu pomocí šesti šroubů M8. Oba držáky mají obdélníkový tvar a jsou vzájemně spojeny příčkou, která je zpevňuje a chrání proti ohybu. Zároveň na pravé straně respektují umístění výfuku. Model byl vytvořen v softwaru PTC Creo pomocí modulu Extended Framework Generator, který umožňuje v případě potřeby snadno měnit průřez trubky.

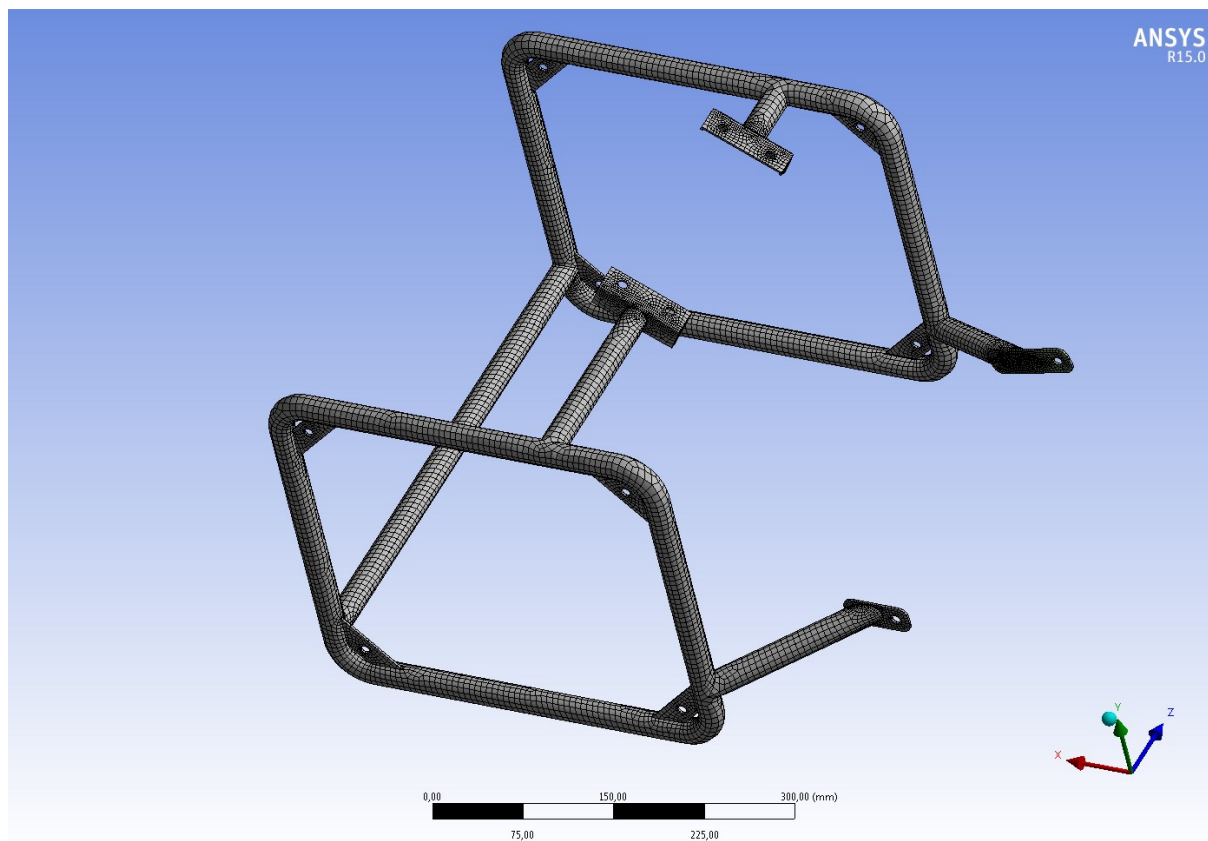


Obr. 21 Model držáků kufrů vytvořený v PTC Creo



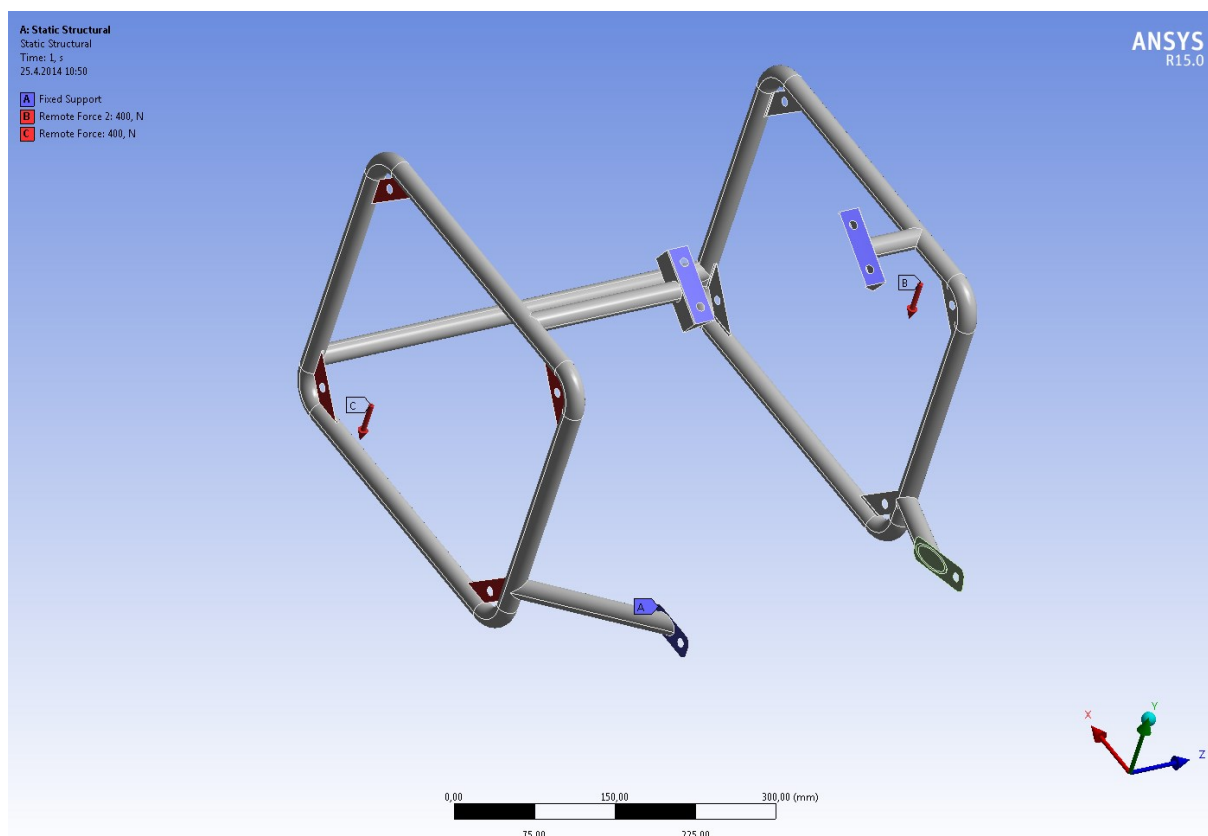
4.2.3 PEVNOSTNÍ VÝPOČET

Po navržení konkrétních držáků bylo třeba ověřit, zda vydrží předpokládanou zátěž a provést pevnostní výpočet. Pro definici geometrie držáku byl použit skořepinový model, kdy je geometrie definována střednicovou plochou se zadanou tloušťkou, neboť pro konstrukci byly použity tenkostěnné profily.



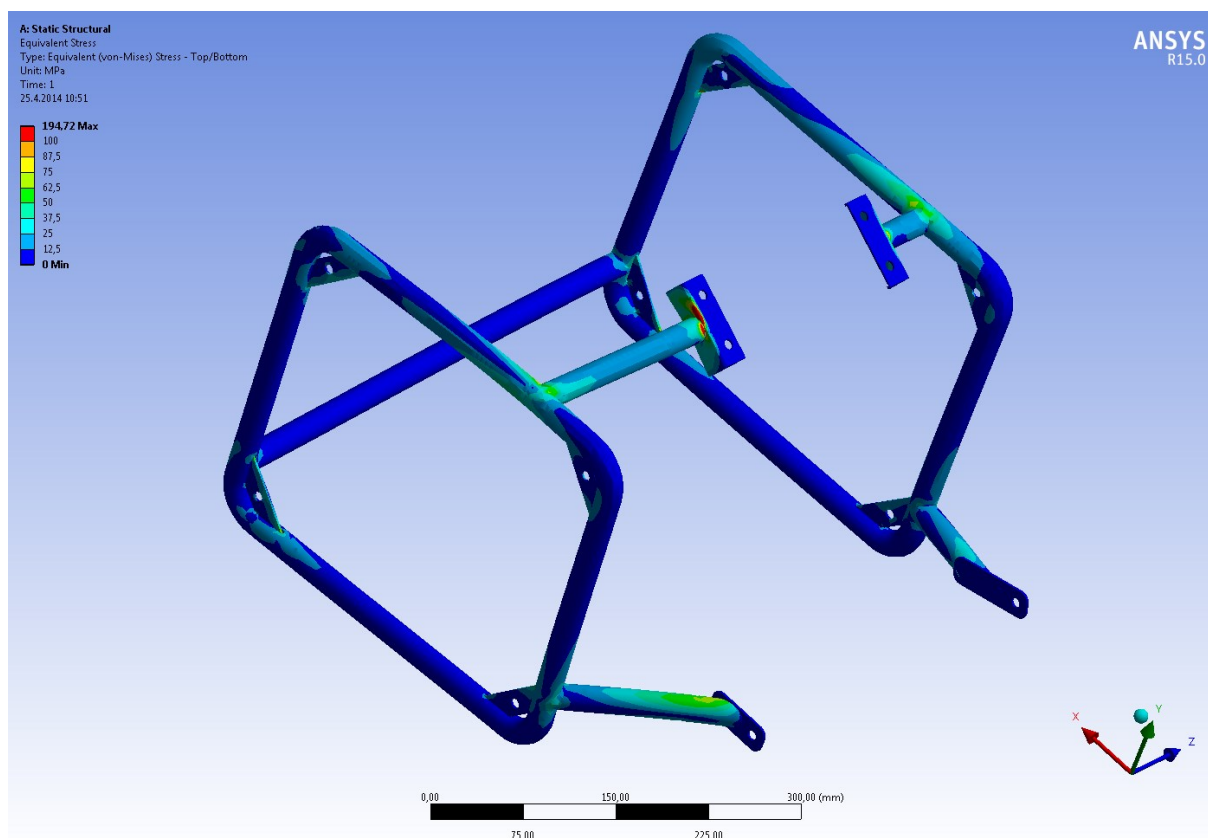
Obr. 22 MKP síť

Vzhledem k tomu, že držáky kufrů jsou zatíženy nejen staticky hmotností kufrů a jejich obsahu, ale hlavně dynamicky rázy při přejezdu nerovností, bylo by ideální uskutečnit měření v terénu, kdy by pomocí akcelerometru umístěného na držáku kufru byl stanoven reálný zatěžovací profil, který by byl použit pro výpočet. Tento přístup ale vyžaduje výrobu prototypu držáků a poměrně náročné měření, které nebylo možné z časových důvodů uskutečnit.



Obr. 23 Simulace zatížení

Bylo tedy nutné přistoupit ke zjednodušení, kdy jsou držáky zatíženy pouze staticky. Předpokládaná maximální zátěž kufru, jeho obsahu a přídatných kanystrů, které budou na kufru upevněny, byla stanovena na 20 kg. Na základě doporučení z podobných aplikací byl zvolen dynamický koeficient 2, tedy každý kufr je zatěžován silou ekvivalentní zátěži 40 kg umístěné do předpokládaného těžiště kufru a působící na upevňovací body kufru. Z důvodu zjednodušení výpočtového modelu bylo pro simulaci upevnění použito pevných vazeb Fixed Support, umístěných v uchycovacích bodech držáku.



Obr. 24 Výpočet napětí

Maximální vypočtené napětí pro výše uvedené zatížení je 194,72 MPa v okolí spojení trubky s konzolou. Vzhledem k tomu, že vypočtené napětí je nižší než mez kluzu materiálu a krom tohoto kritického místa je napětí podstatně nižší, lze říci, že dle dané metodiky výpočtu z pevnostního hlediska držáky kufrů vyhovují.



ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout úpravy pro expediční přestavbu motocyklu, s kterým má být absolvována cesta do Střední Asie. Dvě diskutované úpravy zahrnovaly větší palivovou nádrž a upevnění zavazadel na motocykl.

Při návrhu větší palivové nádrže se nejdříve vybíral materiál a rozhodnutí padlo na 2 mm silný letecký hliník, který je vysoce tvárný, dobře svařitelný, značně korozně odolný i pevný. Pro usnadnění modelování tvaru nové nádrže byla původní nádrž naskenována pomocí 3D skeneru a z modelu takto získaného byl odvozen model nádrže s větším objemem. Pro ověření, zda se model povedlo vymodelovat správně, byl sestaven lepenkový model z řezů, který potvrdil přibližnou tvarovou správnost modelu. Poté byl rovněž vytvořen model ze sedmi dílů extrudovaného polystyrenu na tříosé CNC frézce, který byl určen jako podklad pro výrobu a poskytnul jasnější představu o správnosti vytvořeného počítačového modelu. Ukázalo se, že vytvořený model má drobné nedostatky a výsledný tvar bude muset být upraven při výrobě.

Při návrhu upevnění zavazadel na motocykl bylo nejdříve třeba rozhodnout, jaká bude velikost hliníkových kufrů, a tedy jaká zátěž bude vyvinuta na pomocný rám – držáky kufrů. Vzhledem k malé velikosti motocyklu byly zvoleny kufrы o objemu cca 30 litrů a společně s jejich obsahem a přidělanými kanystry činila maximální zátěž 20 kilogramů. Byl vytvořen model držáků z ocelových trubek uchycených pomocí šesti šroubů a poté bylo nutné ověřit, zda návrh pevnostně vyhovuje. Z důvodu zjednodušení byl proveden pouze statický výpočet s dynamickým koeficientem, který zátěž zdvojnásobil a zahrnul tak do výpočtu i dynamické vlivy. Nejvyšší vypočtené napětí v kritickém místě bylo nižší než mez kluzu použitého materiálu, a tak bylo v rámci dané metody ověřeno, že držáky kufrů byly navrženy správně a pevnostně vyhovují.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] YAMAHA MOTOR CO.,Ltd. *XG250 Owner's Manual*. Japan: Yamaha Motor Co.,Ltd., 2005.
- [2] *Tradebit.com* [online]. Tradebit, Inc. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <https://www.tradebit.com/usr/manuals/pub/9002/Yamaha-tricker-XG250-G.jpg>.
- [3] *Osvědčení o registraci vozidla*. Magistrát města Havířova, 2013.
- [4] Fuel Tank. *Motorcyclespareparts.eu* [online]. 2013 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <https://www.motorcyclespareparts.eu/special-pages/model.aspx?brand=4&type=13&year=352716&model=353321&part=353371>.
- [5] YAMAHA MOTOR CORPORATION, U.S.A. *XT250X/XT250XC Owner's Manual*. Japan: Yamaha Motor Corporation, U.S.A., 2007. Dostupné z: <http://rawrats.com/OwnersManual.pdf>.
- [6] *Pashnit.com* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.pashnit.com/forum/attachment.php?attachmentid=62806&stc=1&d=1199669846>.
- [7] Rule Changes: FIM Announcement. *Motogp.com* [online]. 2004 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.motogp.com/en/news/2004/Rule+changes+FIM+Announcement>.
- [8] JOHNSON, T. Properties of FRP Composites. *About.com* [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://composite.about.com/od/referencematerials/a/Properties-Of-Frp-Composites.htm>.
- [9] JOHNSON, T. Understanding CFRP Composites. *About.com* [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://composite.about.com/od/aboutcarbon/a/Understanding-Cfrp-Composites.htm>.
- [10] Carbon Tank. *Bottpower.com* [online]. © 2013 Bottpower Technology S.L. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.bottpower.com/eng/wp-content/uploads/2013/06/130612-carbon-tank-02.jpg>.
- [11] MACKE, R. About My Fiberglass Fuel Tanks. *Egyptian.net* [online]. [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://egyptian.net/~raymacke/Cbnskif27.htm>.
- [12] TŘEBICKÝ, V. Vlastnosti paliv s obsahem biosložek. *Biom.cz* [online]. 2009-08-17 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vlastnosti-paliv-s-obsahem-bioslozek>. ISSN: 1801-2655.
- [13] Nycote 7-11 Products. *Nycote.com* [online]. [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.nycote.com/products_nycote711.html.
- [14] SCHAEFFLER, D. J. Stamping 101: Material Guidelines. *Thefabricator.com* [online]. 2008-01-15 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/metalsmaterials/stamping-101-material-guidelines>.



- [15] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké učení technické v Brně: VUTUM, 2010. 108 – 109 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [16] Cafe Style Gas Tank. *Motorcycleclassics.com* [online]. 2012-02-13 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z:
<http://www.motorcycleclassics.com/~media/Images/MCC/Editorial/Blogs/Bulletin%20Board/Legendary-Motorcycles%20Caf%C3%A9%20Style%20Gas%20Tanks/Cafe%20Style%20Gas%20Tank.jpg>.
- [17] Polystyrén. *Litomysky.cz* [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z:
<http://www.litomysky.cz/mat/ps.htm>.
- [18] Boční malý Al svařovaný kufr. *Bighusky.cz* [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z:
http://www.bighusky.cz/clankyfoto/fg_248255_113336.jpg.
- [19] FIALA, Jaromír, BEBE, Adolf a MATOŠKA Zdeněk. *Strojnické tabulky 1*. Praha: SNTL, 1990. 800 s. ISBN 04-214-89.