

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301R013/19 Dopravní a manipulační technika

Bakalářská práce

Konstrukční návrh stavebnicového systému rámu vozidla typu “buggy“

Autor bakalářské práce: Jan Škarda

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D. – KKS

Akademický rok 2017/2018

Plzeň

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat Doc. Ing. Josefu Formánkovi Ph.D. za vedení práce a cenné rady ohledně řešeného problému.

Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a byla mi celou dobu studia oporou.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Škarda	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Formánek, Doc. Ing., Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh stavebnicového systému rámu vozidla typu “buggy“		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZDÁNÍ	2018
----------------	---------	----------------	-----	----------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	47	TEXTOVÁ ČÁST	37	GRAFICKÁ ČÁST	10
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se zabývá přepracováním svařovaného rámu pro rekreační buggy na modulární. V práci jsou nejprve specifikovány požadavky. Následně je řešení rozděleno do okruhů a zpracovány jednotlivé koncepce. Pevnostní a tuhostní vlastnosti konstrukce jsou zhodnoceny pomocí metody MKP. V práci je také věnována pozornost ekonomické stránce a technickému posouzení vybraných koncepcí.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	rám, buggy, modulární systém, rekreační vozidlo, MKP

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Škarda	Name Jan	
FIELD OF STUDY	2301R016 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Formánek, Doc. Ing., Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Engineering design of the "buggy" vehicle frame based on modular system		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	47	TEXT PART	37	GRAPHICAL PART	10
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTION	This bachelor thesis deals with redesigning of the welded frame to modular frame. Firstly, the requirements for design are specified. After that the solution is divided into sections and processed individual concepts. The strength and stiffness are verified by FEM. The economical and technical part is also taken into count.
KEY WORDS	Frame, buggy, modular system, recreational vehicle, FEM

Obsah

1	Úvod	1
2	Vyjasnění a rozpracování požadavků	3
2.1	Uvedení do řešené problematiky	3
2.2	Zpřesnění a doplnění zadání	3
2.3	Současný stav techniky	4
2.4	Analýza problému	5
2.5	Specifikace požadavků na navrhovaný technický systém	5
3	Navržení koncepčních variant	7
3.1	Výchozí rozhodnutí.....	7
3.2	Návrh koncepčních variant	7
3.2.1	Okruh I: Návrh koncepce spojení modulů.....	7
3.2.1	Okruh II: Návrh koncepce centrování modulů při montáži.....	11
3.2.2	Okruh III: Návrh koncepce spojení klece.....	14
3.3	Výběr vhodné varianty.....	16
3.3.1	Výběr koncepce spojení modulů	16
3.3.2	Výběr koncepce centrování modulů	17
3.3.1	Výběr koncepce spojení klece	17
4	Návrh celkové konstrukce	18
4.1	Popis konstrukčního provedení.....	18
4.2	Výpočtové hodnocení konstrukce.....	22
4.3	Rozměrový popis konstrukce.....	29
5	Orientační nástin nákladů spojených s konstrukcí a výrobou.	30
6	Posouzení konkurenceschopnosti	31
6.1	Technické posouzení.....	31
6.2	Ekonomické posouzení	31
7	Závěr.....	32
8	Zdroje a seznamy	34
8.1	Internetové zdroje	34
8.2	Seznam obrázků.....	35
8.3	Seznam tabulek	36

1 Úvod

Použití speciálních automobilů (dále jen buggy) se dělí na tři kategorie, které jsou buggy závodní, rekreační a pracovní.

Závodní buggy soutěží v autokrosu. Nejčastěji závodí na okruhu o délce okolo jednoho kilometru. Na těchto tratích se často střídá stoupání, klesání, rovné úseky a úseky technicky velmi obtížné. Při závodech může při větším počtu závodníků dojít ke kolizím mezi závodními vozy. Tento typ závodů je oblíbený nejen u nás, ale celosvětově. Závodní buggy jsou na míru stavěné stroje splňující nejvyšší nároky dané náročnými podmínkami na trati. Závodní stroje jsou osazeny komponenty a motory s omezenou životností, vzhledem k extrémním nárokům na vysoký výkon v kombinaci s co možná nejmenší hmotností. [1]

Buggy se často používají jako rekreační vozítka pro dospělé i pro děti. Požadavky na jejich výrobu nejsou tak složité jako pro závodní buggy nebo jiných typů motorových vozidel. U této kategorie vozidel se nepředpokládají tak časté skoky, převrácení nebo nárazy. Je zde, jako u všech oblastí trhu tlak na cenu. Ten se podepisuje i na konstrukcích rámu, kdy rámy rekreačních buggy nedosahují srovnatelných vlastností s buggy závodními.

Pracovní buggy se používají především na lesnické práce. Díky jejich velikosti projedou i do špatně přístupných oblastí. Většina pracovních buggy má těžší rám z důvodu robustnosti a manévrování v terénu.

Rám buggy je jedna z nejpodstatnějších částí celého vozu. Dobře navržený a sestavený rám musí pro optimální vlastnosti buggy splňovat množství požadavků, které jsou ve stručnosti popsány v této práci. Cílem předkládané práce je navrhnout modulární rám buggy na rekreační jízdu/hobby závody s ohledem na jednoduchost a rychlé smontování jednotlivých dílů. Návrh je proveden přepracováním pevného rámu, který je jako vstup do konstrukce. Dosažením modularity rám získá řadu přidaných vlastností, které jsou také spolu s obtížemi a nevýhodami zhodnoceny v této práci.



Obrázek 1 - Závodní buggy viz. [5]



Obrázek 2 - Rekreační buggy viz. [6]



Obrázek 3 - Pracovní buggy viz. [7]

2 Vyjasnění a rozpracování požadavků

2.1 Uvedení do řešené problematiky

V této kapitole jsou popsány základní požadavky na rám buggy. Důležitou vlastností rámu je tuhost při jízdě. Zejména torzní tuhost při přenosu dynamických sil působících na tlumiče je jednou ze zásadních funkcí rámu. Rám musí silové působení od kol a tlumičů spolehlivě zachytit a přenést. Při nízké tuhosti rámu by buggy reagovala měkce a nepřesně. Příliš vysoká tuhost by zase byla spojená s vysokou hmotností rámu a tím i snížení zrychlení.

Dalším požadavkem na rám je splnění bezpečnostních parametrů zejména při převrácení, ale i při nárazech. Rám musí mít dostatečnou elastickou a případně plastickou kapacitu pro zachycení takových sil. Při kolizi nesmí dojít k takovému defektu, který by přímo mohl ohrozit posádku buggy. Porušený spoj v konstrukci rámu může při roztržení zvýšit riziko poranění. Bezpečný rám musí být při kolizi schopen zachovat bezpečnost a nepřipustit roztržení.

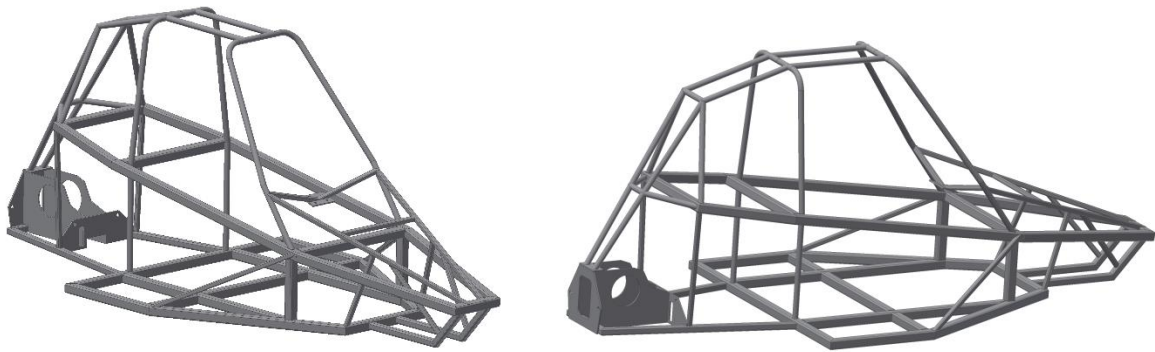
Rám svou velikostí určuje velikost podvozku a tím i chování celé buggy. Dlouhý rám bude stabilnější při vyšších rychlostech. Kratší rám bude zase lehčí a bude umožňovat větší manévrovatelnost. Poloměr zatočení je úzce spojen s velikostí rámu a uložením kol v něm.

Dále rám slouží k uchycení celé řady komponentů od motoru až po světla a další příslušenství. Modularita rámu by neměla negativně ovlivnit ergonomii vozidla a tím i jeho přidanou hodnotu.

2.2 Zpřesnění a doplnění zadání

Zadáním práce je přepracovat pevný rám na modulární rám. Kompletní výkresová dokumentace pevného rámu je vstupem do konstrukce. Návrh bude proveden pro jeden typ modulárního rámu. Obecně ale musí být umožněna záměna jednotlivých částí rámu. Navržená buggy má sloužit jako rekreační vozidlo. Pevný rám lze v zásadě rozdělit na dvě hlavní části. Spodní tužší část ze silnějších profilů působí jako podvozek a největší měrou se podílí na tuhosti rámu. Horní část z poddajnějších profilů slouží zejména jako ochranná klec při nárazu a převrácení.

Návrh je rozdělení rámu do základních modulů, které budou pomocí modularity rámu umožňovat jejich výměnu. Rám bude rozdělen do tří hlavních částí. V zadním modulu bude uložen motor se zadní nápravou. Ve středovém modulu bude jezdec a v předním modulu bude uložena přední náprava. Rám musí obsahovat i komponenty nutné pro zajištění bezpečnosti řidiče při převrácení. Tuto bezpečnost bude zajišťovat klec zahrnutá ve čtvrtém modulu.



Obrázek 4 - Vstupní rám podle výkresové dokumentace

2.3 Současný stav techniky

V dnešní době jsou rámy nejčastěji svařovány z ocelových, nebo hliníkových profilů. Rám se svařuje ve speciálních přípravcích pro zajištění přesnosti a jednoduchosti ve výrobě. Svary musí být dostatečně precizní a z důvodu pevnosti se nezabrušují. Při zabrušování by mohlo dojít ke snížení nosného průřezu svaru, nebo svařovaného profilu. Na spodní část rámu se šroubuje podlaha ze silného duralového plechu, nebo kompozitního laminátu. Boky jsou často opatřeny kevlarovými sendviči. Tato ochrana je velice lehká a dobře pohlcuje energii při nárazu. Musí však být pevně připevněny k rámu vozu. Materiál uvnitř sendviče je uspořádán jako včelí plástev, obvykle se pro jeho konstrukci používá hliníková fólie nebo papír. Minimální tloušťka kompozitního panelu je 15 mm. [1] Rámy skládané ze svařovaných modulů se na trhu nevyskytují ačkoli je to velmi slibná konstrukční varianta, která by mohlo zaujmout svojí variabilitou.



Obrázek 5 - Svařený rám na montážním stole viz. [8]

2.4 Analýza problému

Rozdělení vstupního rámu na čtyři moduly by bylo bez úprav v konstrukci nemožné. Proto byl konstrukční vstup přepracován do podoby, kde rám samotný nese zatížení a horní klec je pouze ochrana jezdce při převrnutí auta. Samotné spojení jednotlivých modulů s sebou přináší řadu úskalí. Nevhodně řešený spoj může výrazně snížit tuhost rámu, protože bude působit jako lokální nespojitost v tuhosti rámu. Také musí být dostatečně bezpečný, aby při kolizi nedošlo k jeho porušení. Spoj musí mít tak dostatečnou elastickou a plastickou kapacitu, aby při překročení provozních hodnot zatížení došlo k deformaci okolního rámu a rozložení energie nárazu do větší části konstrukce. Porušení spoje a vznik ostrého konce, který se při nárazu pohybuje směrem k jezdci, je nepřijatelný.

Dalším problémem je snadnost a rychlost spojení a rozložení. Rychlost montáže je důležitá zejména u koncového zákazníka, který si s tímto požadavkem kupuje modulární vozidlo. Konstrukční uzly musí být navrženy tak, aby při rozdělování na jednotlivé moduly nevznikl problém s jejich uvolněním, popřípadě s opětovnou montáží.

Další problém nastává u normalizace rozměrů a s tím spojená jednoduchost výroby a následné montáže u výrobce nebo u koncového zákazníka. Pokud se modularita v oblasti buggy uplatní, bylo by dobré, aby rozměry od všech výrobců byly stejné. Modul pohonné jednotky musí padnout na prostřední modul, i když nebude stejný výrobce.

Hmotnost modulárního rámu bude nejspíše vyšší, než je hmotnost pevného rámu. Vyšší hmotnost je daná požadavky na jednotlivé spoje. Neméně důležitým bodem, je celková cena konstrukce a vstupního materiálu. Ta se oproti konvenčním svařovaným ráům zvýší z důvodu vyšší pracnosti, nákladů na spojovací materiál a řešení výše uvedených problémů.

2.5 Specifikace požadavků na navrhovaný technický systém

Hlavní požadavky jako tuhost, bezpečnost, ergonomie a modularita byly popsány v úvodu této práce. Kromě těchto požadavků jsou ale i další ryze praktické. Jednotlivé díly rámu musí být zejména při menších kolizích schopné rozložení a opětovného složení. Celá užitná hodnota rámu i navržené modularity by se při nedodržení tohoto požadavku výrazně snížila.

V této kapitole jsou uvedeny základní rozhodnutí a jsou popsány parametry, které by navrhovaný rám měl splňovat.

Požadavky	hodnota
Celkový rozvor náprav	2300 mm
Maximální délka rámu	2800 mm
Maximální šířka rámu	1300 mm
Maximální hmotnost jezdce	100 kg
Maximální hmotnost rámu	120 kg
Nejvyšší uvažovaná přetížení ve svislém směru	5 g

Tabulka 1 - požadavky na technický systém

Výroba dílčích spojení nesmí být technologicky ani finančně náročná z důvodu konkurenceschopnosti na trhu celkového výrobku. V dnešní době je také velmi důležitá rychlost výroby, zvláště pokud uvažujeme zakázkovou výrobu pro soukromé subjekty.

3 Navržení koncepčních variant

3.1 Výchozí rozhodnutí

Celý rám bude rozdělen na čtyři moduly. Zadní modul, který ponese pohonnou jednotku, uložení zadní nápravy a tlumení ramen. Prostřední modul pro řidiče. Přední modul nesoucí přední nápravu a bezpečnostní modul s ochranou klecí. Spojení jednotlivých modulů bude provedeno tak, aby bylo rozebíratelné pomocí standartních montážních nástrojů, bez nutnosti speciálních přípravků.

Zřetel při posuzování jednotlivých variant bude kladen hlavně na dostatečnou tuhost tak, aby jednotlivá spojení zajišťovala spojitý silový tok v rámu. Spojení nesmí působit jako kloub, který by snižoval tuhost rámu. Z hlediska bezpečnosti musí mít spoj mimo tuhosti i dostatečnou únosnost tak, aby při kolizi měl dostatečnou elastickou a plastickou kapacitu. Při nárazu, nebo při mimořádném zatížení se musí deformační energie rozložit do větší části rámu. Navržený spoj musí být dostatečně únosný, aby toto rozložení umožnil. Pokud by měl spoj malou elastickou a plastickou kapacitu, hrozil by v něm defekt, případně až roztržení rámu a vznik ostrého konce, který je z hlediska bezpečnosti nepřijatelný.

Pro splnění požadavků uvedených v zadání byly vytvořeny tři koncepční okruhy, které se zabývají základními požadavky na spojení jednotlivých modulů.

Okruh I: Spojení modulů

Okruh II: Centrování modulů

Okruh III: Spojení klece s rámem

3.2 Návrh koncepčních variant

Pro každý spojovací uzel je vytvořena koncepce. Následně je ze všech koncepčních variant vybrána celková kombinace dílčích konstrukčních řešení. Výsledná konstrukce by tak měla splňovat zadané požadavky.

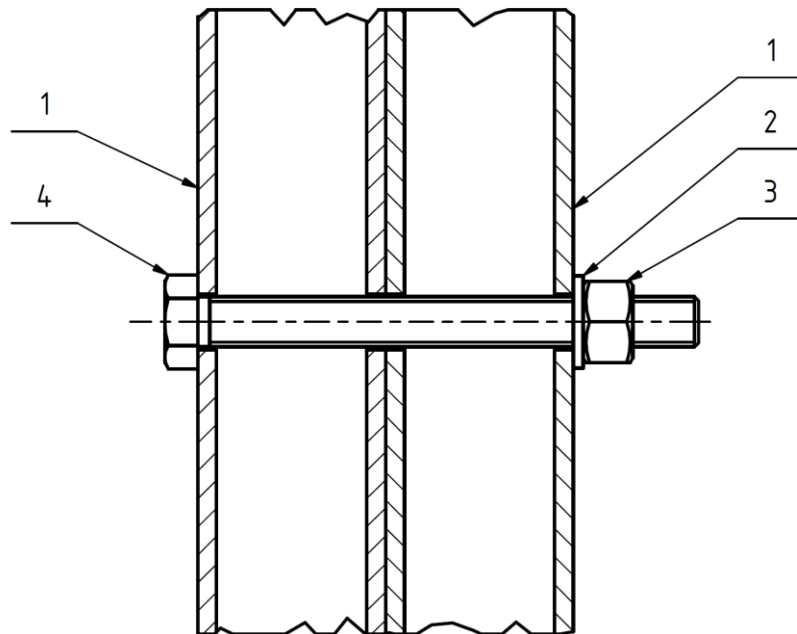
3.2.1 Okruh I: Návrh koncepce spojení modulů

Navrhované koncepce musí umožnit rozebíratelné, ale bezpečné a stabilní spojení modulů.

Koncepce A.

Spojení dvou tenkostěnných ocelových profilů (dále používáno: „jekl“) pomocí šroubového spoje se jeví jako nejjednodušší varianta. Výrobní nároky na jeho zhotovení jsou nízké a spojovací šroub lze v případě potřeby snadno nahradit. Pro sešroubování jeklů musí být docíleno dostatečného vystředění vrtaných děr. Při nedostatečném vystředění by se šroub třel o stěnu otvoru, což by mohlo poškodit závit, nebo vrtaný otvor. Takové spojení bude náchylné na vrzání díky torznímu namáhání a styku dvou třecích ploch. Předpětí ve šroubovém spoji dokáže omezit tření ploch jen v blízkém okolí šroubového spoje. Dále od šroubového spoje se snižuje přítlačná síla a tím i narůstá riziko vrzání. Typ šroubového spoje

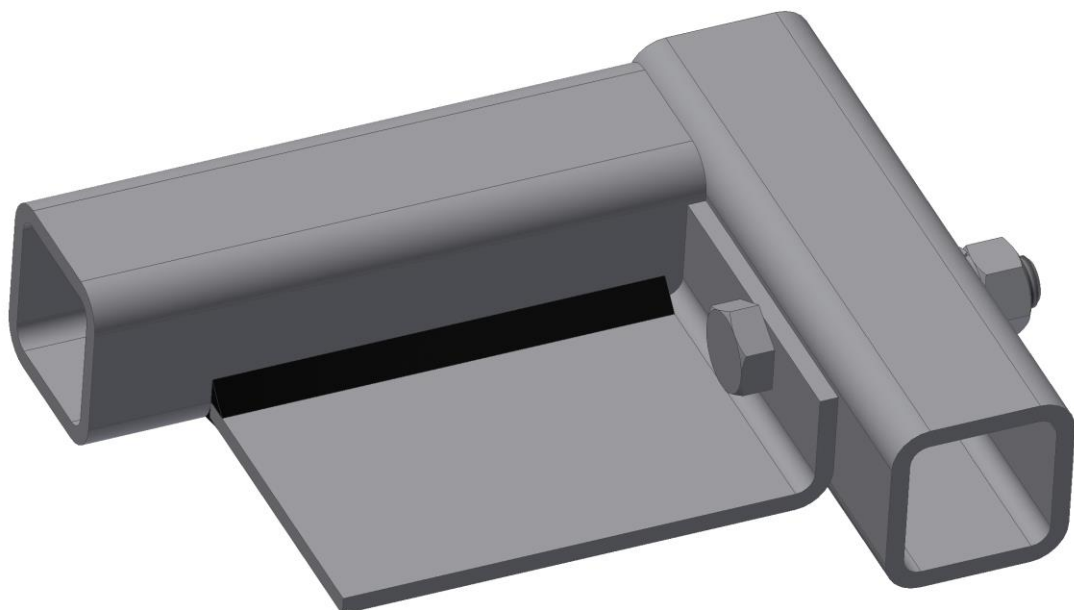
a velikost přepětí musí brát v potaz tuhost spojovaných profilů. Malé předpětí by nedokázalo zajistit pevné spojení mezi spojovanými profily. Mohlo by tak dojít ke vzájemnému pohybu profilů a konečně i k povolení spoje. Vysoké předpětí by vedlo k plastické deformaci spojovaných profilů. Tím by opět došlo ke ztrátě předpětí a k podobnému výsledku jako u nízkého předpětí. Z hlediska stability se tak nejedná o bezpečné spojení.



Obrázek 6 - Spojení dvou jeklů pomocí šroubového spoje

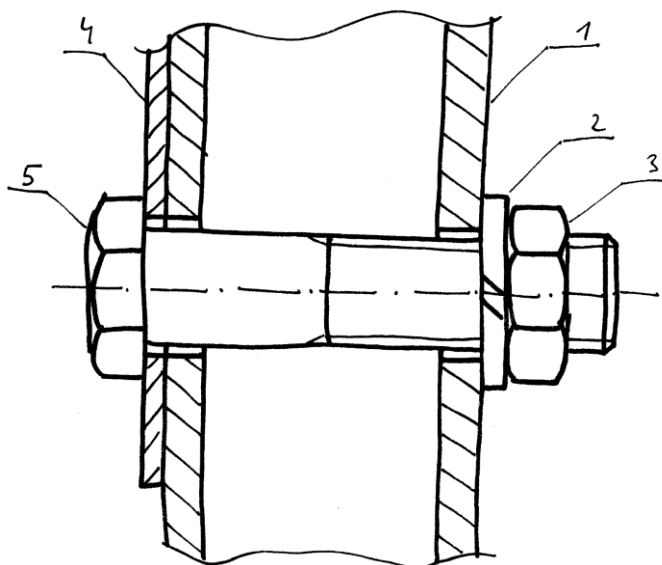
Legenda: 1) jekl, 2) podložka, 3) matice, 4) šroub

Koncepce B.



Obrázek 7 - Spojení pomocí ohnutého plechu

Uvažuje spojení jeklu s plechem. Šroubové spojení ve stylu šroub-matka je rychlé z hlediska montáže. Spojení jeklu s ohnutým plechem eliminuje některé nedostatky v koncepci A. Plocha třecích ploch je snížena a předpětí vyvolané šroubovým spojem by tak mělo snížit riziko vrzání. Spoj v koncepci má také vyšší plastickou deformační kapacitu. Při případné kolizi se může spojovací plech výrazně deformovat a zachytit tak síly působící na spoj. Nevýhodou spoje je nižší tuhost ve všech směrech a náchylnost na ztrátu předpětí, podobně jako u koncepcí A. Na obrázku č. 7 je 3D model koncepcí s plechem. Na obrázku č.8 je skica zobrazující navrženou koncepci v řezu.

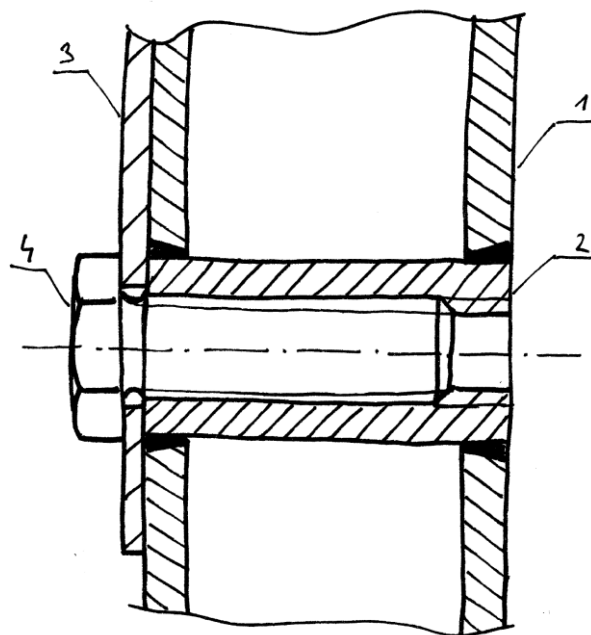


Obrázek 8 – Spoj šroub s matkou

Legenda: 1) jekl, 2) podložka, 3) matice, 4) spojovací plech, 5) šroub

Koncepcí C.

Uvažuje spojení jeklu s plechem, který je pevně svařený se spojovaným rámem. V jeklu je navařena vložka se závitem, která je k připojovanému plechu spojena pomocí šroubu. V této koncepci se sníží únosnost a tuhost spoje díky pevnostnímu rozdílu šroub-vložka. Výhodou koncepcí C je vyšší stabilita předepnutého spoje. Tuhost spoje je omezena tuhostí spojovacího plechu. Výrobně je koncepcí C složitější než koncepcí předchozí. V případě poškození závitu vložky ať kolizí, opotřebením, nebo chybnou montáží, může dojít ke snížení únosnosti spoje. Oprava poškozeného závitu je pak díky pevnému spojení vložky s rámem komplikovaná.

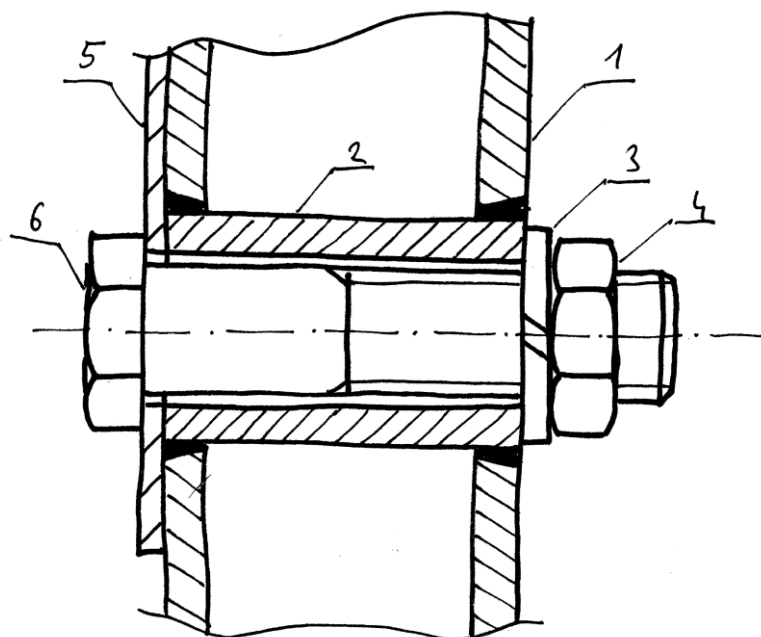


Obrázek 9 - Spoj šroub do vložky

Legenda: 1) jekl, 2) trubková vložka, 3) spojovací plech, 4) šroub

Koncepce D.

Uvažuje spojení jeklu s plechem. Tato koncepce využívá výhod navařené vložky a jednoduchosti šroubového spoje. Díky vložce šroubový spoj dosáhne předepínací síly, ale zároveň umožňuje snadnou výměnu šroubu, matice i podložky. Tuhost spoje je jako u předchozích spojů ovlivněna tuhostí spojovacího plechu.

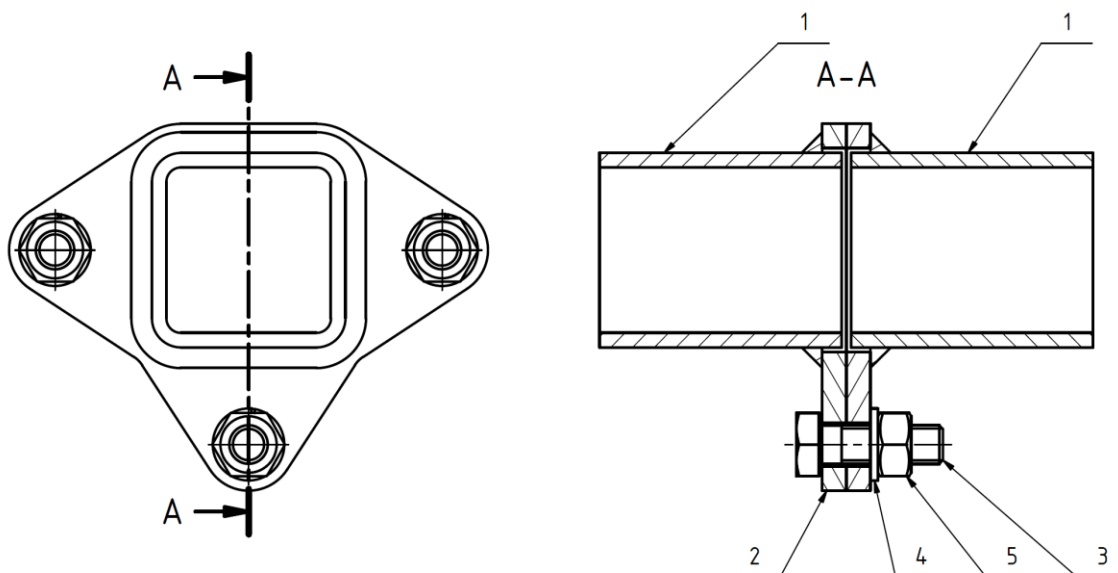


Obrázek 10 - Spoj šroub s matkou skrz vložku

Legenda: 1) jekl, 2) trubková vložka, 3) podložka, 4) matice, 5) spojovací plech, 6) šroub

Koncepce E.

Tato koncepce využívá více šroubů pro dosažení vyšší pevnosti i tuhosti. Spojení umožňuje spojitý silový tok v rámu, protože nedochází k lokální změně tuhosti. Předpětí ve šroubech je díky plošnému kontaktu plechů stabilní. Nevýhodou spoje je větší prostorová náročnost a nutnost opracování kontaktních ploch. U těch by totiž po svaření došlo k výrazné deformaci. Výrobně se tak jedná o nejnáročnější koncepci.



Obrázek 11 - Spoj pomocí výpalku z plechu

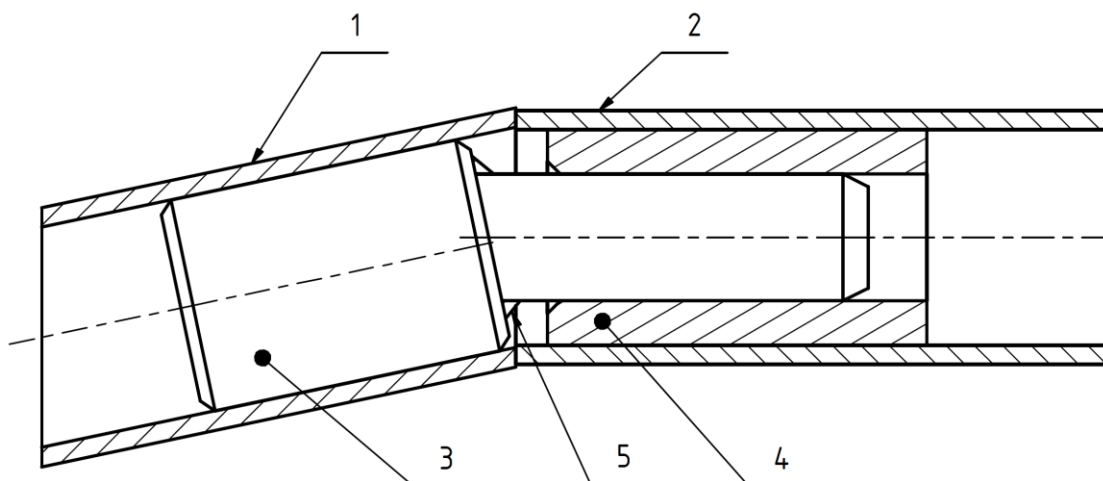
Legenda: 1) jekl, 2) výpalek z plechu, 3) šroub, 4) podložka, 5) matice

3.2.1 Okruh II: Návrh koncepce centrování modulů při montáži

Centrování musí zajistit vzájemnou polohu modulů tak, aby se omezilo přídavné torzní a ohybové namáhání spojení modulů. Samozřejmý je i požadavek na rozebíratelnost správné centrování.

Koncepce A.

Centrování nesouosých profilů je dosaženo pomocí svařeného trnu. Díky svaření soustružených dílů je dosaženo požadovaného uložení s přesnou vůlí. Zároveň je díky vloženému prvku (4) zajištěna větší únosnost spoje jednotlivých modulů. Navržená koncepce je totiž schopna zachytit významnou část sil působících na spoj. Výrobně se jedná o složité řešení, kdy zejména trn s sebou přináší výrazné technologické nároky.

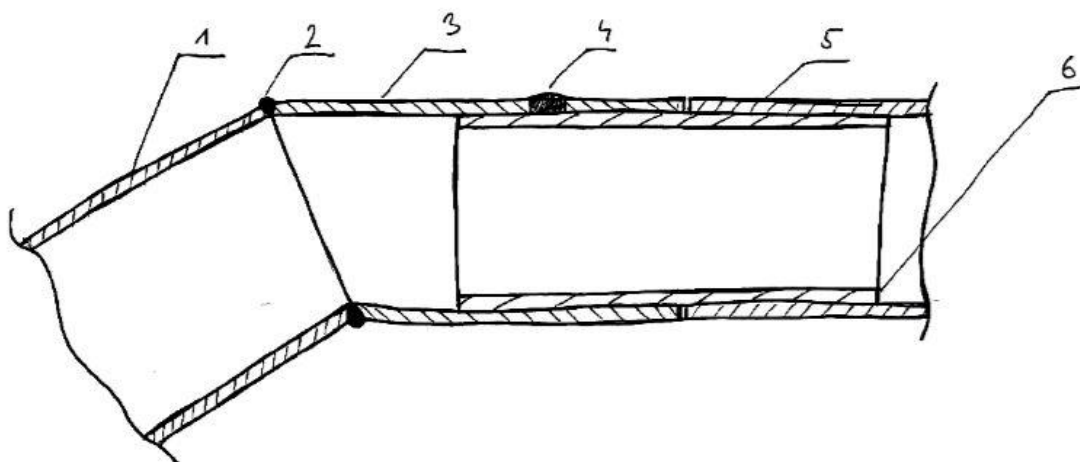


Obrázek 12 - Centrování nesouosých profilů

Legenda: 1), 2) jechl, 3) svařený přípravek, 4) přesná vložka, 5) svar

Koncepce B.

Centrování nesouosých profilů pomocí vloženého čtvercového profilu. Profil je na jedné straně zavařen a na druhé straně pouze vsunut do většího jecklu. Tento typ centrování zajistí jednodušší montáž jednotlivých modulů, ale z důvodu normalizovaných rozměrů vyráběných profilů bude uložení s vůlí. Díky tomu tato varianta bude při jízdě dělat hluk.

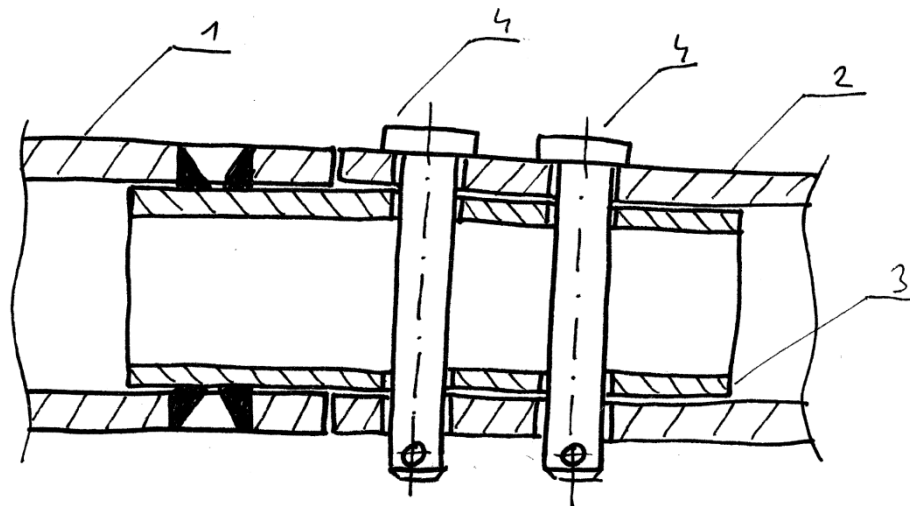


Obrázek 13 - Centrování nesouosých profilů vloženým profilem

Legenda: 1),3),5) jechl, 2),4) svar, 6) vložený čtvercový profil

Koncepce C.

Centrování souosých profilů pomocí vloženého profilu je jednoduchá metoda jak na výrobu, tak na montáž. Nevýhoda této metody je vysoká obtížnost dosažení souososti jednotlivých dílů. Vložené kolíky dokáží přenášet tečné zatížení, ale z důvodu montáže musí být uloženy s velkou vůlí. Vůle v tomto případě zapříčiní nižší stabilitu celého rámu.

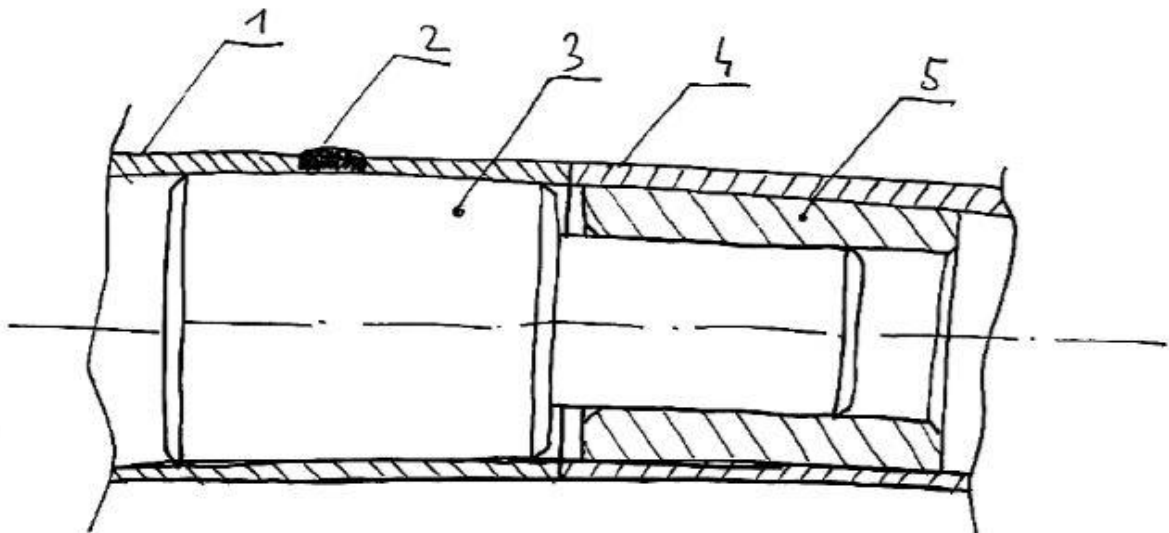


Obrázek 14 - Centrování profilů pomocí vloženého profilu

Legenda: 1),2) jekl, 3) vložený profil, 4) kolík

Koncepce D.

Centrování souosých profilů pomocí rotační součásti. Použitím této koncepce docílíme velmi přesného uložení jednotlivých modulů. Výroba rotačních součástí je jednou z nejlevnějších variant a také je velmi jednoduchá. Podobně jako koncepce A je tato varianta schopná spolehlivě zachytit významnou část sil působících na spoj.



Obrázek 15 - Centrování profilů pomocí rotační součásti

Legenda: 1),4) jekl, 2) svar, 3) rotační součást, 5) vložka

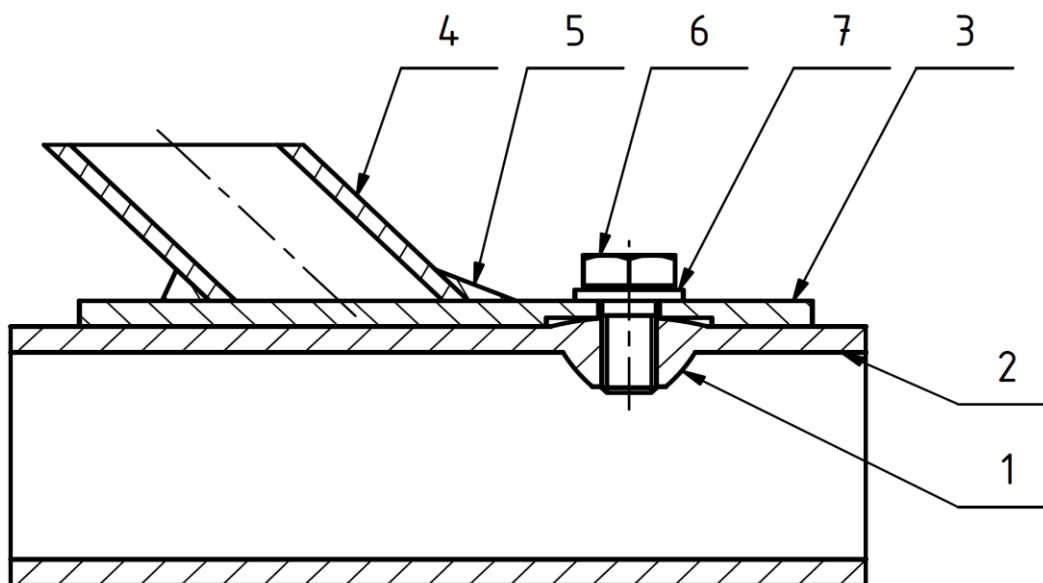
3.2.2 Okruh III: Návrh koncepce spojení klece

Jedinou ochranou při převrácení závodního automobilu je klec. Kvalitní spojení klece s rámem je proto z hlediska bezpečnosti jezdce velmi důležité. Celková plasticita klece musí, zajistit pohlcení rázu z nehody. Spojení klece tedy musí vydržet nesourodé napětí a vlastnostem spojení klece s rámem musí být věnována zvýšená pozornost.

Koncepce A.

Utažení šroubu do závitu vyhotoveného po termickém vrtání je výhodnou variantou v sériové výrobě. U výroby na objednávku nebo v malém počtu výrobků je speciální nástroj na termické vrtání velkou finanční položkou a prodražuje cenu rámu.

Největší slabinou spoje je nízká bezpečnost. Šroub nesmí být namáhaný na ohyb. Může totiž díky vrubovému účinku závitu snadno dojít k jeho roztržení. Při roztržení šroubu by v prostoru posádky vzniklo výrazné nebezpečí v podobě ostré tyče klece. K ohybu ale dojde prakticky okamžitě při deformaci spojovacího plechu, protože jeho tuhost je nejnižší v navrženém spoji. Spojovací plech je navíc zeslabený kvůli přesahu plochy vzniklé po termickém vrtání. Zvýšení bezpečnosti spoje musí být dosaženo dostatečnou tloušťkou spojovacího plechu, nebo použitím dvou šroubů tak, aby se omezila možnost ohybového namáhání spojovacích šroubů.



Obrázek 16 - Připojení klece k rámu pomocí termického vrtání

Legenda: 1) termické vrtání, 2) rám, 3) spojovací plech, 4) klec, 5) svar, 6) šroub, 7) podložka

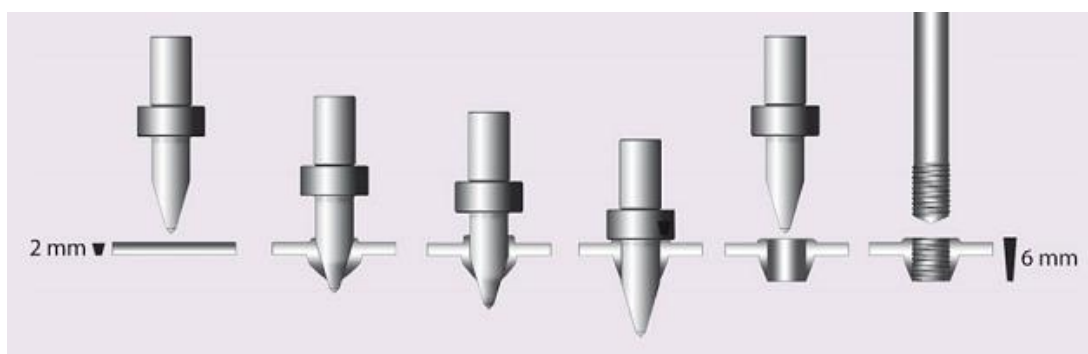
Termické vrtání

Kombinací vrtání a tváření za použití „termo-vrtáků“ se vytvoří přesný otvor bez vrtání a nadbytečný materiál se použije pro vytvoření lemu otvoru – zcela bez přidání dalších materiálů. V místě takto vzniklého zesílení lze pak vyřezat až třikrát delší závit než v původním materiálu. Získáme tak velmi stabilní šroubový spoj vyhovující vysokým požadavkům na kvalitu a pevnost.

Technologie tepelného tváření otvorů se podobá běžnému vrtání. Působením rotace, tlaku a speciální geometrie karbidového nástroje vzniká dostatečné teplo k tomu, aby materiál okolo vrtáku změknul a stal se tvárným. [2]

Tváření závitů

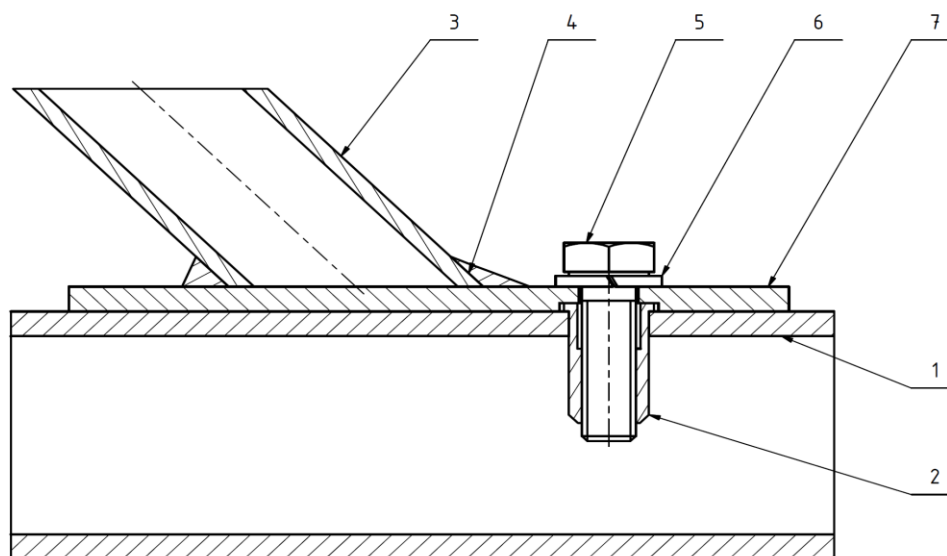
Díky tváření materiálu za studena dostáváme stabilní závity. Tvářecí závitníky jsou speciální nástroje pro beztržkovou tvorbu závitů uvnitř otvoru. Tvářecí proces má mimořádný zpevňující účinek na materiál a nenarušuje vlákněný směr materiálu. Oproti řezání závitů není při tváření závitů materiál oddělován, ale nástroj se speciální geometrií materiál vtlačuje do oblasti profilu závitu. Při tomto procesu je materiál zpevněn natolik, že vzniklý závit vydrží vyšší statické i dynamické zatížení. [2]



Obrázek 17 - Termické vrtání postup viz. [2]

Koncepce B.

Spojení šroubu s nýtovací maticí je velmi levný a rychlý spoj jak na výrobu, tak na montáž. Ostatní vlastnosti spoje jsou srovnatelné s koncepcí A.



Obrázek 18 - Spojení klece k rámu pomocí nýtovací matice

Legenda: 1) rám, 2) nýtovací matice, 3) klec, 4) svar, 5) šroub, 6) podložka, 7) spojovací plech

Nýtovací matice

Nýtovací matice jsou používány jako spojovací prvek, po jehož aplikaci vznikne neporušený závit připravený k přišroubování dalšího materiálu, či v případě, že je potřeba v plechu či jiném materiálu připravit odolný závit pro další aplikace, zejména pokud je přístup pouze z jedné strany. Matice je vložena do připravené díry a díky speciálnímu nástroji, který vložku přitlačuje a zároveň utahuje šroub v ní. Díky těmto pohybům se roznýtuje a drží uvnitř díry. [3]



Obrázek 19 - Nýtovací matice viz. [3]

3.3 Výběr vhodné varianty

V rozhodovacích tabulkách je přiřazeno bodové ohodnocení jednotlivých koncepcí.

3.3.1 Výběr koncepce spojení modulů

	Koncepce A	Koncepce B	Koncepce C	Koncepce D	Koncepce E
Výroba	9	7	4	5	6
Montáž	8	8	10	8	7
Cena	9	7	5	5	6
Zaručení předepnutí	2	2	3	9	8
bezpečnost	5	5	6	9	7
Opětovná montáž	1	2	4	9	8
Σ	34	31	32	45	42

Tabulka 2 - Výběr koncepce spojení modulů

V rozhodovací tabulce výběru varianty spojení modulů “vyhrála“ koncepce D. Tato varianta je složitější na výrobu, ale zato splňuje požadavky na předepnutí spoje. Finanční stránka koncepce je průměrná. Výhodou této koncepce je snadná výměna spojovacího materiálu.

3.3.2 Výběr koncepce centrování modulů

	Koncepce A	Koncepce B	Koncepce C	Koncepce D
Výroba	3	9	10	7
Montáž	9	7	7	9
Cena	2	10	10	5
Přesnost spoje	9	1	1	10
Bezpečnost	9	5	6	10
Stabilita rámu	9	3	3	10
Σ	41	35	37	51

Tabulka 3 - Výběr koncepce centrování

V tabulce výběru koncepce centrování modulů vyšla koncepce D (centrování sousých profilů). Tato varianta je jednoduchá na montáž a zajistí osovou přesnost ve spoji. V našem stávajícím modelu není možné koncepci použít z důvodu nesouososti jednotlivých profilů. Proto je ve finální konstrukci použita koncepce A s druhým nejvyšším počtem bodů. V této variantě bude složitější zajistit přesnou výrobu. Montáž u koncového zákazníka však zůstane stejně uživatelsky příjemná. Tato přesnost a jednoduchost montáže je vykoupena cenou výroby centrovacího členu.

3.3.1 Výběr koncepce spojení klece

	Koncepce A	Koncepce B
Výroba	8	5
Montáž	9	9
Cena	4	8
Bezpečnost	8	8
Σ	29	30

Tabulka 4 - Výběr koncepce spojení klece

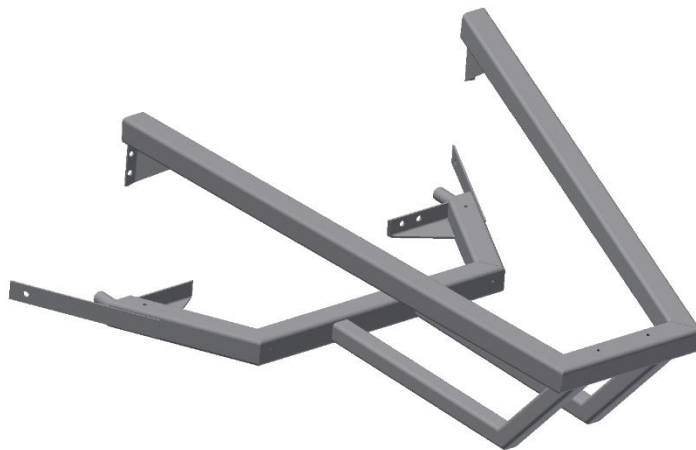
V poslední rozhodovací tabulce je porovnání dvou koncepcí spojení ochranné klece s rámem. Obě koncepce jsou vyrovnané. Koncepce A je vhodná pro sériovou výrobu což náš rám nesplňuje. Proto je v konečném řešení použita koncepce B (nýtovací matice) a to z důvodu menších nákladů na výrobu. U použité varianty je možnost opravy (výměny) matice při stržení závitu. Tuto výhodu termické vrtání postrádá.

4 Návrh celkové konstrukce

4.1 Popis konstrukčního provedení

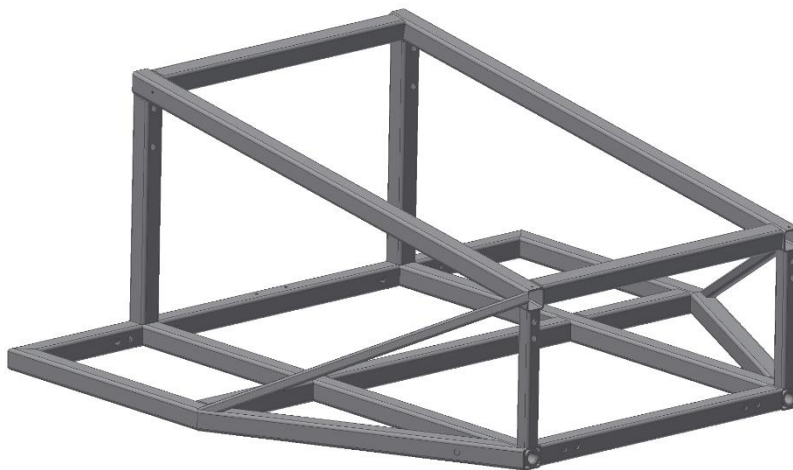
Na základě specifikovaných požadavků byla vytvořena konstrukce, která se skládá z modulárního rámu a ochranné klece. Spojovací plechy jsou navrženy tak, aby zajišťovali dostatečnou tuhost spoje v rovnováze s dostatečnou plastickou kapacitou. Samotný rám se skládá ze tří oddělených modulů.

Přední modul nese přední říditelnou nápravu.



Obrázek 20 - Přední modul

Prostřední modul ponese jezdce, sedačku a nádrž na pohonnou hmotu. Výhoda modularity je možnost výměny prostředního modulu pro jednoho pasažéra za modul pro dva pasažéry. Místo pro nádrž vyhovuje rozměrově i pro bateriové články.



Obrázek 21 - Prostřední modul

Zadní modul nese zadní nápravu a motor.

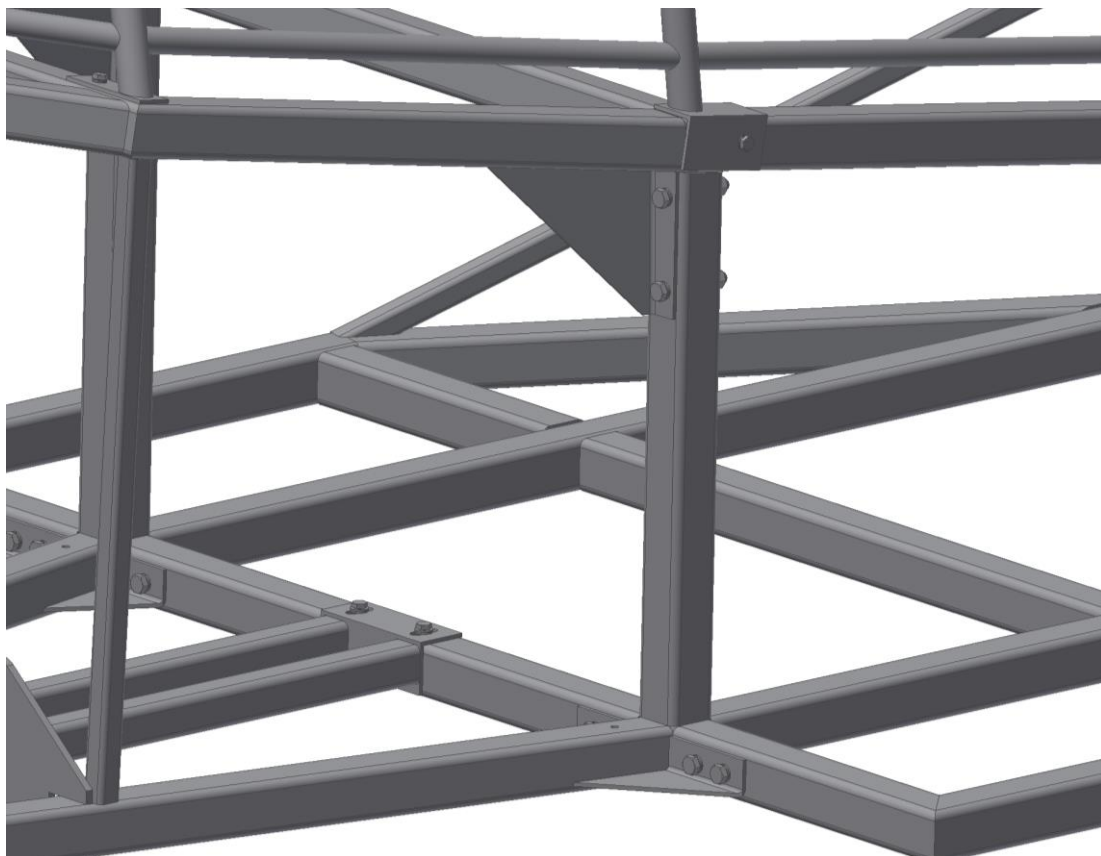


Obrázek 22 - Zadní modul

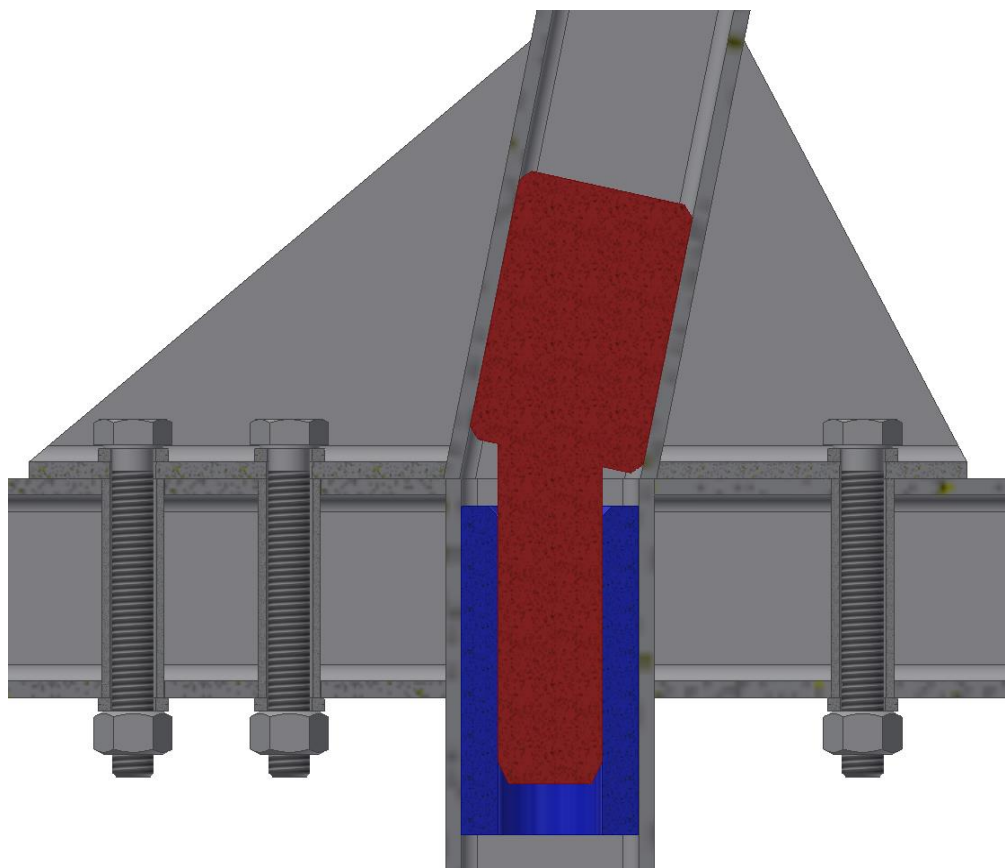
Ochranná klec je spojena s jednotlivými moduly. V přední části je vyztužena kvůli uložení volantu.



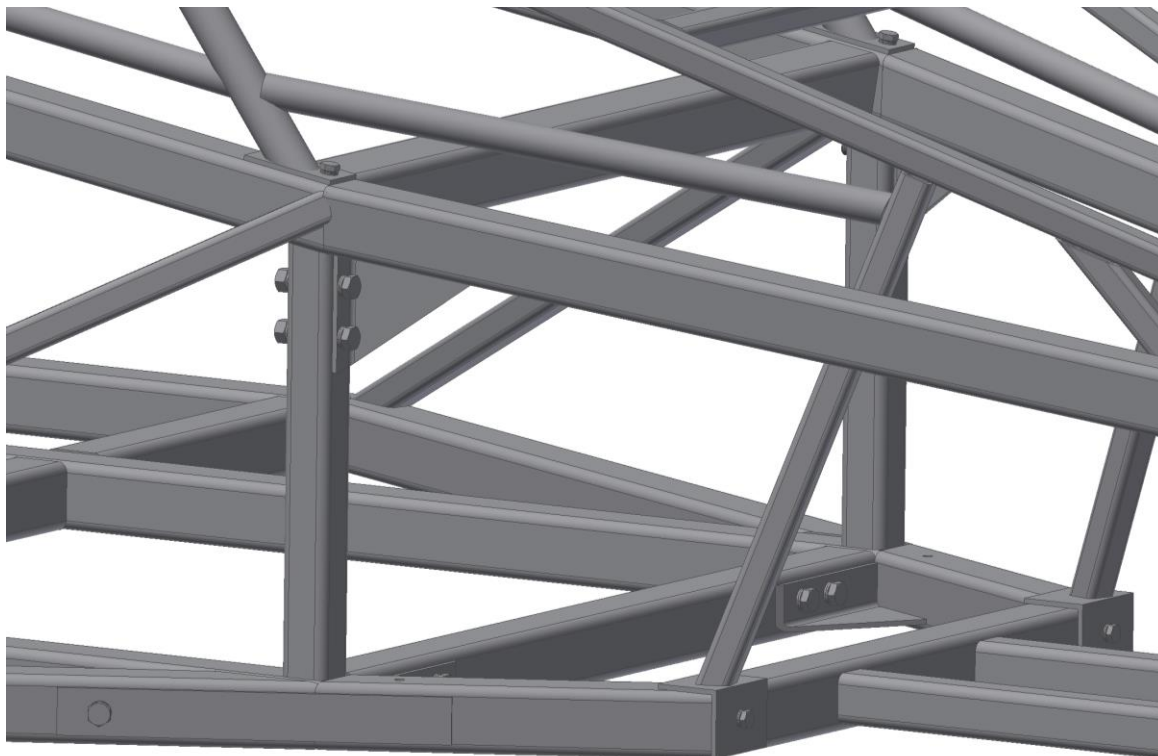
Obrázek 23 - Ochranná klec



Obrázek 24 - Detail spoje zadního modulu s prostředním



Obrázek 25 - Řez spoje zadního modulu s prostředním

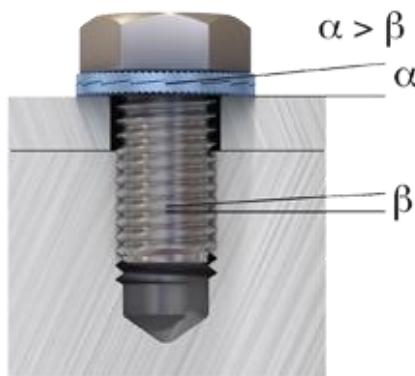


Obrázek 26 - Detail spoje předního modulu s prostředním

NORD-LOCK

Díky zkušenostem z praxe budou u všech spojů použity podložky Nord-Lock. Tyto podložky zajistí stabilní a bezpečné spojení i při dynamickém namáhání vzniklém při jízdě.

Výrobky Nord-Lock pracující na principu závěrného klínu jsou na trhu uznávány pro svou schopnost pojistit šroubové spoje vystavené velkým vibracím, nebo dynamickému zatížení. Systém se nemůže samovolně povolit, neboť vytváří zajišťovací klín pod hlavou šroubu/maticí. Napětí vzniklé v podložce způsobí samojistnost spoje. Jedná se tak o vhodné řešení spojů, u nichž při selhání hrozí škody na zdraví, nebo majetku. Technologie závěrného klínu zajišťuje šroubový spoj tahem, nikoli třením. Systém se skládá z páry podložek, které jsou na jedné straně opatřeny klíny a na protilehlé straně radiálními zuby. [4]



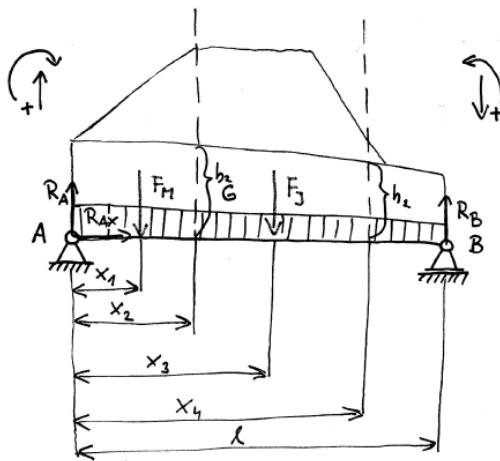
Obrázek 27 - Systém Nord-Lock viz. [4]

4.2 Výpočtové hodnocení konstrukce

Pro správné fungování celé modulární konstrukce je zásadní, aby spojovací prvek (šroub) vydržel požadované namáhání. Proto je důležité si nejdříve určit napětí, které používaný šroub přenáší. Vypočítané zatížení porovnáme s mechanickými vlastnostmi ocelových šroubů (obrázek 28).

Pro ruční výpočet byl celý rám zjednodušen na nosník o dvou podporách. Uvažujeme zatížení od motoru F_M , zatížení od jezdce a sedačky F_J a vlastní tíhu celého rámu reprezentovanou spojitým zatížením G . V konstrukci je použit šroubový spoj s vůlí, takže nepřenáší smykovou sílu T ale pouze osovou sílu na šroub vyvolanou ohybovým momentem ve spoji dvou modulů. Daný moment vyvolává ve spodních šroubech tahové napětí a v horních šroubech tlakové. Jelikož tlakové napětí se rozloží do rámu tak budou kontrolovány jenom spodní šrouby, a to na spoji prostředního s předním modulem. V tomto spoji jsou použity pouze 4 šrouby čili je to nejslabší místo konstrukce.

V dalším kroku bylo spočítáno namáhání na čep. Čep je namáhán smykovým napětím od posouvající síly T_1 .



$$\begin{aligned} h_1 &:= 500 \text{ mm} \\ h_2 &:= 330 \text{ mm} \\ x_1 &:= 444 \text{ mm} \\ x_2 &:= 842 \text{ mm} \\ x_3 &:= 1140 \text{ mm} \\ x_4 &:= 1300 \text{ mm} \\ l &:= 2640 \text{ mm} \\ F_J &:= 1500 \text{ N} \\ F_M &:= 400 \text{ N} \\ m &:= 107 \text{ kg} \\ G &:= 0.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \end{aligned}$$

$$\Sigma F_{ix} = 0:$$

$$R_{ax} := 0$$

$$\Sigma F_{iy} = 0:$$

$$R_A - F_M - F_J + R_B - G \cdot l = 0$$

$$\Sigma M_{iA} = 0:$$

$$F_M \cdot x_1 + F_J \cdot x_3 - R_B \cdot l + G \cdot l \cdot \frac{l}{2} = 0$$

$$R_B := \frac{F_M \cdot x_1 + F_J \cdot x_3 + \frac{G \cdot l^2}{2}}{l} = (1.243 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$R_A := F_M + F_J - R_B + G \cdot l = (1.713 \cdot 10^3) \text{ N}$$

x_2 přistupujeme k nosníku zleva

$$\Sigma F_{iy} = 0:$$

$$R_A - F_M - G \cdot x_2 + T_1 = 0$$

$$T_1 := -R_A + F_M + G \cdot x_2 = -976.2 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{ix2} = 0:$$

$$R_A \cdot x_2 - F_M \cdot (x_2 - x_1) - G \cdot x_2 \cdot \frac{x_2}{2} + M_1 = 0$$

$$M_1 := -R_A \cdot x_2 + F_M \cdot (x_2 - x_1) + G \cdot \frac{x_2^2}{2} = -1.141 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Obrázek 28 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.1

x_4 přistupujeme k nosníku zprava

$$\Sigma F_{iy} = 0:$$

$$-R_B + G \cdot (l - x_4) + T_2 = 0$$

$$T_2 := R_B - G \cdot (l - x_4) = 707 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{ix_4} = 0:$$

$$R_B \cdot (l - x_4) - G \cdot (l - x_4) \cdot \frac{(l - x_4)}{2} + M_2 = 0$$

$$M_2 := -R_B \cdot (l - x_4) + G \cdot \frac{(l - x_4)^2}{2} = -1.307 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Vypočítaný ohybový moment působí na spodní šrouby tahovým napětím a na horní šrouby tlakovým napětím.

síla ve šroubech v bodě x_2

síla ve šroubech v bodě x_4

$$F_{\check{s}x_2} := \frac{|M_1|}{\frac{h_1}{2}} = (4.565 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$F_{\check{s}x_4} := \frac{|M_2|}{\frac{h_2}{2}} = (7.918 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Používáme absolutní hodnotu z důvodu zvolené orientace v momentové podmínce

v bodě x_2 je 6 šroubů na tah

v bodě x_4 jsou 4 šrouby na tah

zajímá nás nejslabší místo konstrukce tedy bod x_4

$$F_{\check{s}j} := \frac{F_{\check{s}x_4}}{4} = (1.98 \cdot 10^3) \text{ N}$$

použité šrouby M8 x 1

$$d_2 := 7.35 \text{ mm}$$

$$d_3 := 6.773 \text{ mm}$$

$$S_J := \frac{\pi \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2}{4} = 39.164 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t := \frac{F_{\check{s}j}}{S_J} = 50.545 \text{ MPa}$$

Rm pro šroub pevnosti 8.8 je 800 MPa viz. obrázek 28. Počítaný šroub vyhovuje i s uvažovanou bezpečností 10.

Obrázek 29 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.2

Výpočet čepu

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$T_1 = -976.2 \text{ N}$$

$$S_{\zeta} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.159 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s := \frac{|T_1|}{S_{\zeta}} = 3.107 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na počítaný čep je zanedbatelné => čep vyhovuje.

Obrázek 30 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.3

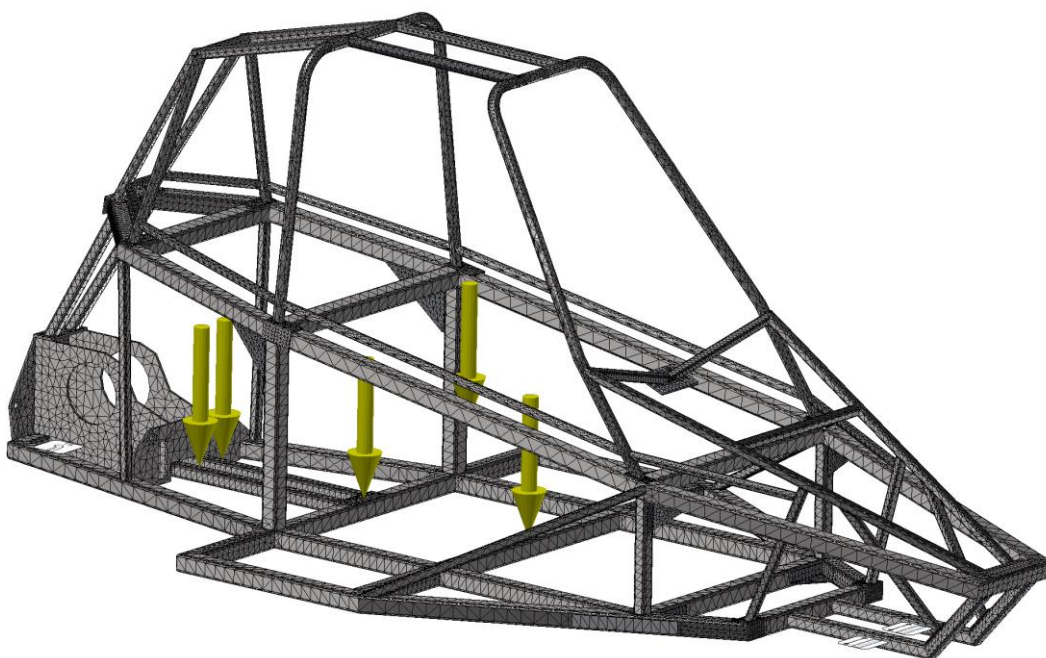
Vlastnosti	Pevnostní třída	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8 M pod 16	8.8 M nad 16	10.9	12.96
Pevnost v tahu Rm (N/mm ²)	jmen.	300	400		500		600	800		1000	1200
	min.	330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dolní mez v kluzu ReL6), MPa	jmen.	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-
	min.	330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Smluvní mez kluzu Rp0,2, MPa	jmen.	-						640	640	900	1080
	min.	-						640	660	940	1100
Pevnostní charakteristika při zvýšených teplotách v N/mm ² (ISO 898-1)	+100 °C	-	-	-	270	-	-	590		875	1020
	+200 °C	-	-	-	230	-	-	540		790	925
	+250 °C	-	-	-	215	-	-	510		745	875
	+300 °C	-	-	-	195	-	-	480		705	825
Tažnost A v %	min.	25	22	14	20	10	8	12		9	8
Vickers HV F>=98 N	HV min.-max.	95-250	120-250	130-250	155-250	160-250	190-250	250-320	255-335	320-380	385-435
Brinell BV F=30 D ²	HB min.-max.	90-238	114-238	124-238	147-238	152-238	181-238	238-304	242-318	304-361	366-414
Rockwell HR	HRB min.-max.	52-99,5	67-99,5	71-99,5	79-99,5	82-99,5	89-99,5	-	-	-	-
	HRC min.-max.	-	-	-	-	-	-	22-32	23-34	32-39	39-44

Obrázek 31 - Mechanické vlastnosti ocelových šroubů ISO 898-1 viz [9]

V počítačové simulaci uvažujeme, že rám je zatížen vlastní tíhou, hmotností jezdce se sedačkou a zatížením od motoru. Uvažovaná hmotnost jezdce se sedačkou je 120 kg. Po zvážení dalších hmotností, jako je řízení vozidla, a další potřebné prvky pro správné fungování automobilu, byla maximální hmotnost jezdce se sedačkou vynásobena dílčím koeficientem 1,25. Ve výpočtu je tedy uvažována hmotnost 150 kg. Do zatížení od motoru byla započtena i hmotnost pohonné hmoty nebo baterií, v případě užití elektro motoru. Rám je podepřený v místech přední a zadní nápravy pomocí pevných vazeb.

Materiál jeklových profilů rámu je S355JR s pevností v kluzu o velikosti 355 MPa. Mez pevnosti materiálu S355JR je 470 MPa. Zvolený materiál je zaručeně svařitelný, lehce obrobitelný a vhodný tak pro výrobu. Jedná se navíc o materiál cenově dostupný.

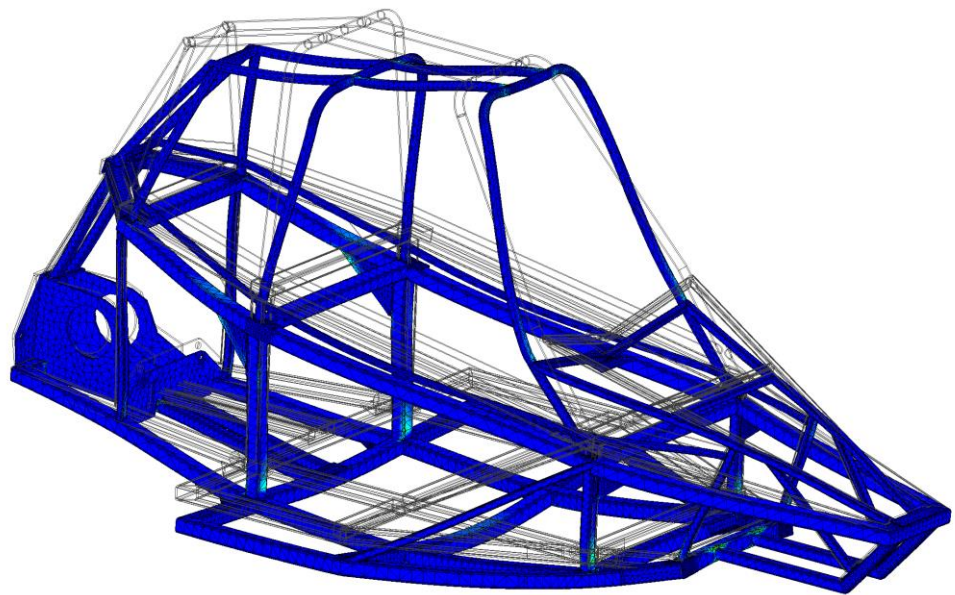
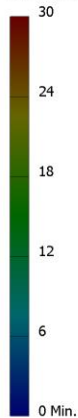
Pro zjištění tuhosti konstrukce je proveden výpočet pomocí metody konečných prvků v programu Inventor. Na obrázku níže je zobrazena konečněprvková síť reprezentující rám simulované konstrukce. Simulace realizovaná v této práci je zjednodušená z hlediska přesnosti výpočetního modelu i rozsahu uvažovaných provozních stavů. Přesnější definice spojení jednotlivých modulů však přesahuje rozsah této bakalářské práce a realizovaná simulace má za cíl ukázat chování celkové konstrukce při působení zatížení.



Obrázek 32 – Rám okrajové podmínky pro výpočet

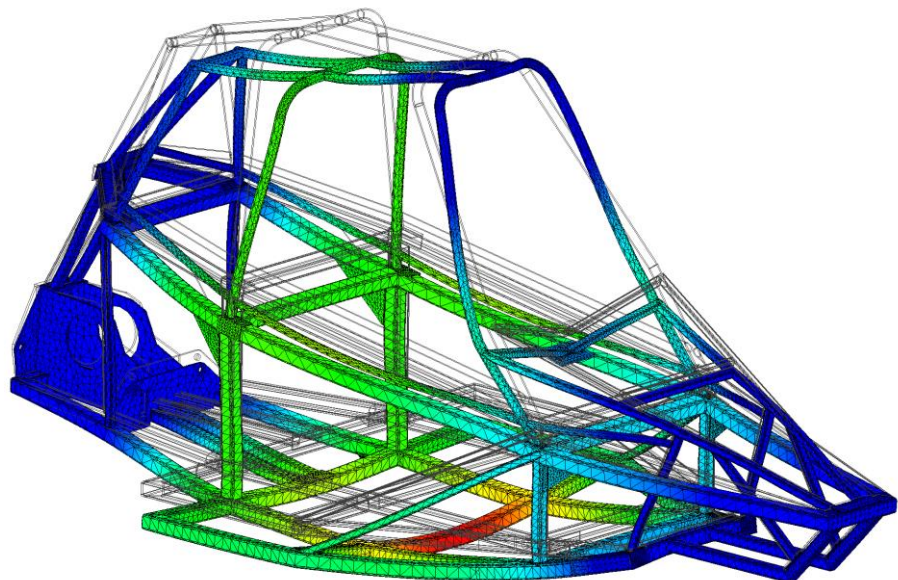
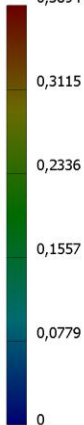
První simulovaný provozní stav popisuje výše specifikovaná zatížení při působení vlastní hmotnosti. Na výsledcích níže je rozložení výsledného napětí zobrazené pomocí hypotézy Von Mises. Strukturální napětí na konstrukci je nižší než 30 MPa. Dalším výsledkem je celková deformace simulované konstrukce.

Uzly:529082
Prvky:272448
Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
18.12.2017, 20:09:33



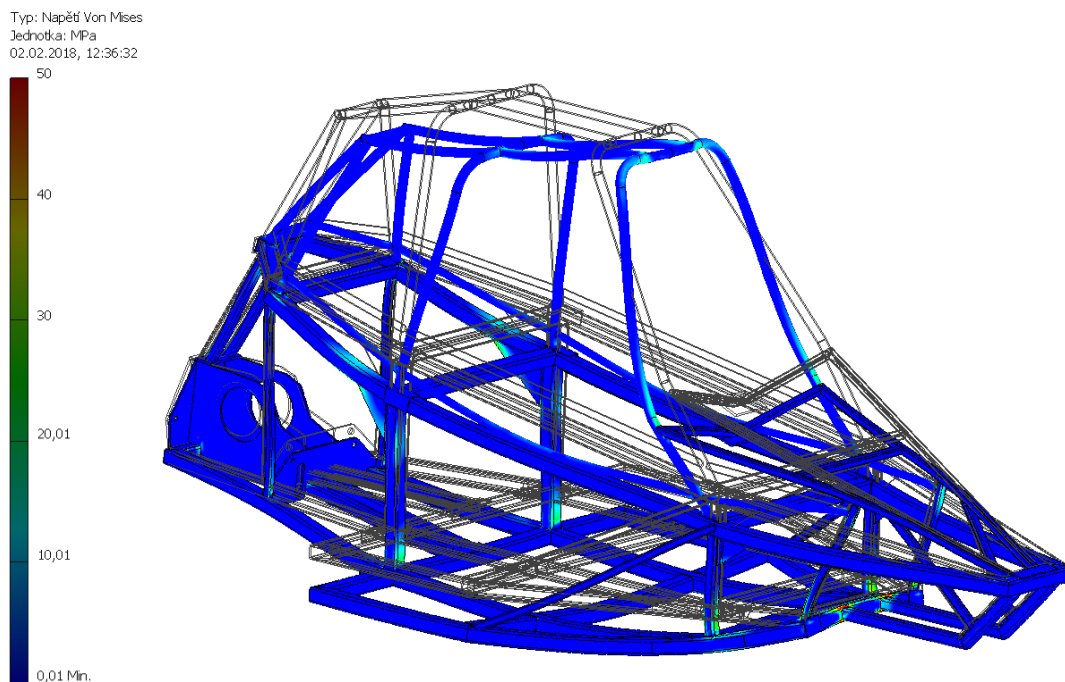
Obrázek 33 - Výsledné napětí rámu

Uzly:529082
Prvky:272448
Typ: Posunutí Y
Jednotka: mm
18.12.2017, 20:14:29
0,3894 Max.

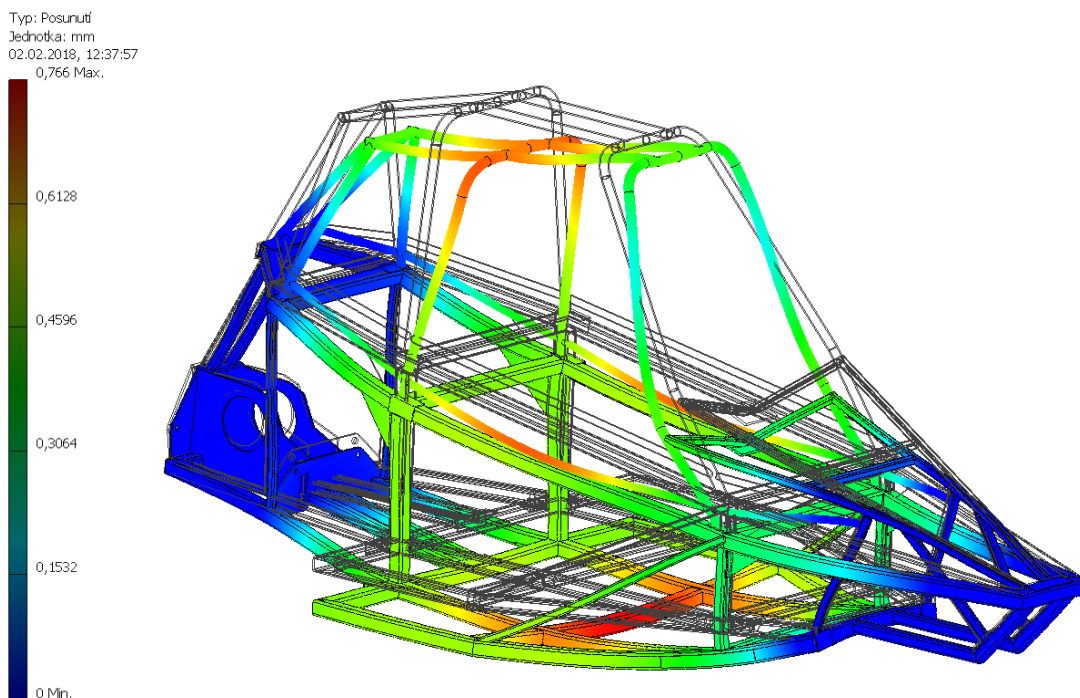


Obrázek 34 - Výsledná deformace rámu

Druhý provozní stav popisuje zatížení vzniklé při doskoku o zrychlení 5G. Zejména v oblasti předního modulu je patrné lokální špičkové napětí. Strukturální napětí na konstrukci je ale nižší než 50 MPa. Napětí vypočítané pomocí simulace je nižší než dovolené napětí pro zvolený konstrukční materiál. Celková deformace rámu je menší než jeden milimetr a tuhost rámu se tak jeví jako dostatečná.



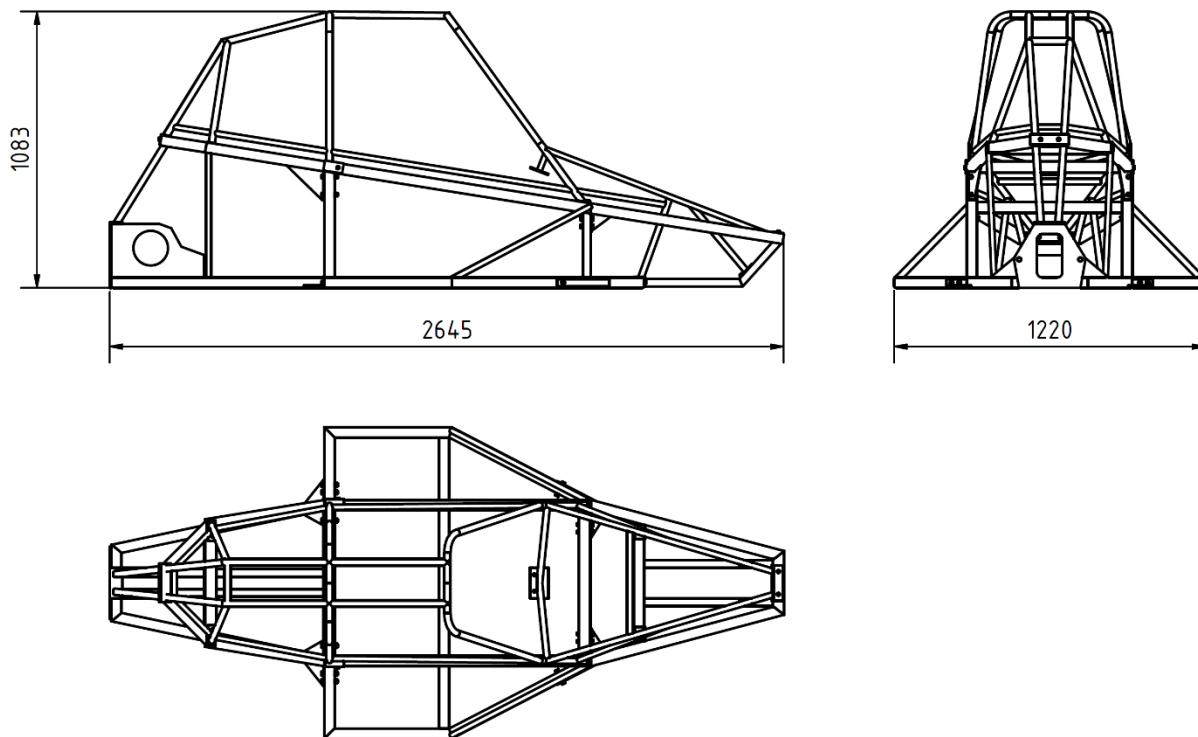
Obrázek 35 - Výsledné napětí rámu při zatížení 5g



Obrázek 36 - Výsledná deformace rámu při zatížení 5g

4.3 Rozměrový popis konstrukce

Z orientačních kót, je vidět, že konečná konstrukce splňuje vstupní požadavky na technický systém. V tabulce jsou rozepsány hmotnosti jednotlivých modulů. Hmotnosti jsou uvažovány bez spojovacího materiálu. Celková hmotnost buggy bude vyšší z důvodu celkové výbavy vozidla.



Obrázek 37 - Rám orientační rozměry

Hmotnost	kg
Klec	17
Přední modul	20
Prostření modul	48
Zadní modul	22
Celková	107

Tabulka 5 - Rám hmotnosti

5 Orientační nástin nákladů spojených s konstrukcí a výrobou.

V této kapitole je spočítán orientační nástin nákladů na výrobu a vývoj modulárního rámu. Ceny kupovaných profilů a plechů jsou převzaty z internetového obchodu Feron. Výroba rámu a další technologicky nutné operace jsou naceněny pouze orientačně a budou se lišit podle sazby jednotlivých výrobních firem. Práce konstruktéra je položka, která je pouze jednorázová a v nákladech na jeden rám bude rozpočítána podle počtu vyráběných kusů.

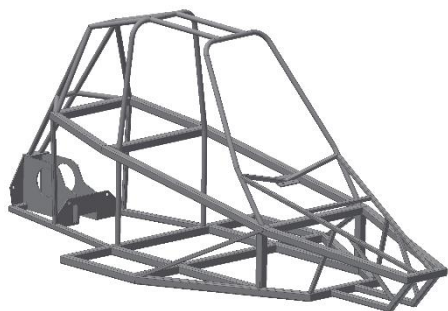
Položka	Odhad ceny
Spojovací plechy t = 3mm – S355JR – celková hmotnost 2,6 kg	64 Kč
Obdélníkový Profil 40x40 – S355JR – celková délka 13,4 m	900 Kč
Obdélníkový profil 20x20 – S355JR – celková délka 3,2 m	146 Kč
Ocelová trubka tr 25x3 – S355JR – celková délka 3,8 m	133 Kč
Ocelová trubka tr 20x3 – S355JR – celková délka 2,4 m	89 Kč
Centrování pro vyosené spoje – 4 ks	450 Kč
Centrování pro spoje v ose – 2 ks	170 Kč
Počet svarových spojů – 145 ks	4800 Kč
Spojovací materiál – 144 ks	286 Kč
Podložky Nord-Lock – 95 ks	2568 Kč
Nýtovací matice – 16 ks	30 Kč
Tryskání a lakování částí rámu – 4 ks	5800 Kč
Příprava trubek a profilů – 66ks	3500 Kč
Práce na stavění rámu – 42 h	25200 Kč
Konstrukční práce – 120 h	35000 Kč
Celkové náklady	79136 Kč

Tabulka 6 - Hrubý nástin nákladů

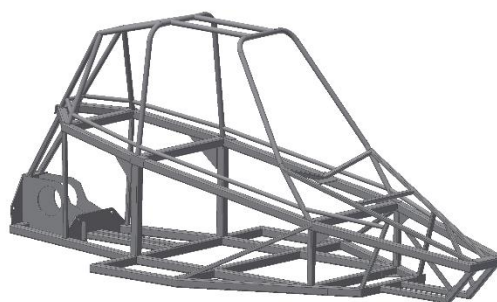
6 Posouzení konkurenceschopnosti

6.1 Technické posouzení

Navržený modulární rám dosahuje vlastností srovnatelných s klasicky řešeným rámem svařeným do jednoho nerozebíratelného celku. Tento rám je podle předpokladu lehčí, ale podle orientačního výpočtu má modulární rám lepší pevnostní vlastnosti. Další výhodou navrženého rámu je rozebírání jednotlivých modulů pomocí snadno dostupných šroubových spojů umožňuje rychlou záměnu jednotlivých modulů. Cílem takové záměny může být celá řada modifikací či oprav. První možností je výměna části, která byla poškozená při havárii. Další možností je záměna pohonné jednotky. Může se tak změnit výkon, nebo typ pohonné jednotky. Typem je myšleno i nahrazení zážehového motoru s nádrží elektromotorem s bateriemi. Po změně středního modulu s ochrannou klecí je také možné upravit počet osob jedoucích v buggy. Moduly mohou být také osazeny různými typy náprav. Ty mohou být uzpůsobené pro různé jízdní prostředí, jako jsou jízda v terénu, nebo na silnici. Snadné záměně musí být přizpůsobeno i příslušenství buggy. Jedná se například o snadno oddělitelný rozvod kabelové výzbroje, nezávislost pohonné jednotky i jednoduchost oddělení systému řízení.



Obrázek 38 - Vstupní rám



Obrázek 39 - Modulární rám

	Vstupní rám	Modulární rám
Hmotnost	88 kg	107
Strukturální napětí	Max 50 Mpa	Max 30 Mpa

Tabulka 7 - Porovnání vstupního rámu s modulárním

6.2 Ekonomické posouzení

Modulární rám cílí na specifického zákazníka s potřebou velké flexibility a variability. Může se jednat o provozovatele většího množství buggy, které budou využívat společnou platformu, ovšem s možností velké variability. Vyšší cena spojená s výrobou rámu musí být vyvážená přidanou hodnotou v podobě variability nabízené buggy. Provozovatel velkého množství buggy má zájem o co nejvyšší využití jím nabízených strojů. Variabilita mu tak umožňuje přizpůsobit se aktuální potřebě jeho zákazníků a nabízet širší paletu strojů. Snižuje se tak počet nevyužívaných strojů, které by měl pro dosažení srovnatelné škály typů, které ale v současné situaci nemají zákazníky.

7 Závěr

V této bakalářské práci je proveden návrh modulárního rámu pro speciální automobil, který se nazývá Buggy. Modulární systém je v dnešní době velmi oblíbeným konceptem pro svoji variabilitu. V oblasti buggy je ale stále tento potenciál nevyužitý. Před navržením koncepčních variant je popsán současný stav techniky, problémy spojené s modulárním rámem a specifikace požadavků na navrhovaný technický systém. Hlavní požadavek na konstrukci rámu je spojení a centrování jednotlivých modulů. Pro splnění specifikovaných požadavků je řešení rozděleno do tří okruhů a pro každý z těchto okruhů je realizováno několik koncepčních variant. Okruh I: Spojení modulů, okruh II: Centrování modulů a okruh III: Spojení klece s rámem. Toto rozdělení slouží k lepší orientaci v řešené problematice a k systematickému nalezení vhodného konstrukčního řešení. Na základě hodnocení navržených koncepčních variant je proveden výběr vhodné konstrukční varianty. Oproti vstupnímu pevnému rámu je výstupní rám těžší, zato ale získal přidanou hodnotu díky modularitě. Konstrukční změny rámu dopomohli k větší tuhosti celého rámu. Navržená konstrukce je hodnocena zjednodušenou analýzou pomocí metody konečných prvků. Provedená analýza ukazuje dobré chování konstrukce spojené s dostatečnou tuhostí a bezpečností. Maximální dovolená únosnost šroubových spojů je určena pomocí analytického výpočtu. Tato hodnota je poté ověřena dovoleným namáháním z normy ISO 898-1. Šroubový spoj je navržen s bezpečností přes 10. To znamená že, šroubový spoj má vyšší únosnost než okolní spojovaný materiál. Při havárii tak může dojít k výrazné plastické deformaci bez porušení spoje. Méně dimenzovaný šroub by při kolizi mohl způsobit roztržení a tím i možnost vytvoření ostrého konce, který je z hlediska bezpečnosti nepřijatelný. Pro navržený rám je proveden hrubý odhad nákladů spojených s jeho výrobou. Následně je posouzena technická a ekonomická konkurenceschopnost navrženého rámu. Po technické stránce navržený modulární rám splňuje všechny specifikované parametry. Z hlediska ekonomické konkurenceschopnosti je třeba nalézt specifického zákazníka, který ocení širší variabilitu vykoupenu vyššími výrobními náklady. Jednalo by se například o jezdecké školy, kde by mladší jezdci měli možnost učit se na „dospělých“ rámech které by byly osazeny zadním modulem se slabší pohonnou jednotkou. Nebo provozovatele větších vozových parků, kteří mají omezené prostory na parkování velkého množství buggy. Tímto modulárním systémem by získali velkou škálu rekreačních vozítek na malém parkovacím prostoru. V neposlední řadě možnost záměny prostředního modulu pro jednoho jezdce za modul pro dva pasažéry přináší další možnosti rekreačního vyžití. V analýze současného stavu techniky nebyl nalezen modulární rám, proto by tento typ rámu mohl vyplnit prázdné místo na trhu s buggy, který je celosvětově rozšířený.



Obrázek 40 - Modulární rám



Obrázek 41 - Modulární rám s elektrickým pohonem a sedačkou

8 Zdroje a seznamy

8.1 Internetové zdroje

1. Autoklub České Republiky, řády FIA [online]. c2012 [cit. 11. 1. 2018]. <<http://autoklub.cz/text/101-rady-fia-priloha-j.html>>.
2. Thermdrill, jak to funguje [online]. c2010 [cit. 8. 2. 2018]. <<http://www.thermdrill.cz/jak-to-funguje/princip-cinnosti/>>.
3. Bralo, Nýtovací matice [online]. c2008 [cit. 12. 2. 2018]. <<https://www.bralo.cz/produkty/nytovaci-matice/>>.
4. Nord-Lock international, Wedge locking [online]. c2018 [cit. 2. 1. 2018]. <<http://www.nord-lock.com/cs/nord-lock/wedge-locking/>>.
5. Závodní buggy, Autokrosář, [online]. c2013 [cit. 10. 1. 2018]. <http://www.autokrosar.cz/index.php/zobrazeni-galerie/?zobraz_galerii=586>.
6. Rekreční buggy, Prague weekend, [online]. c2018 [cit. 10. 1. 2018]. <<https://www.praguestagweekend.com/stag-party/prague-action-and-fun/prague-buggy-racing/>>.
7. Pracovní buggy, Ráj čtyřkolek, [online]. c2008 [cit. 10. 1. 2018]. <<https://www.rajctyrkolek.cz/pracovni-nakladni-ctyrkolka-linhai-utv-400-4x4>>.
8. Four wheeler, Buggy frame, [online]. c2018 [cit. 24. 3. 2018]. <<http://www.fourwheeler.com/project-vehicles/131-0705-project-fun-buggy/photo-10.html>>.
9. Tabulka vlastností ocelových šroubů, šroub a matka, [online]. c2016 [cit. 23. 4. 2018]. <<https://www.sroubamatka.cz/cs/technicke-informace/mechanicke-vlastnosti-ocelovych-sroubu.html>>.

8.2 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Závodní buggy viz. [5]	2
Obrázek 2 - Rekreační buggy viz. [6].....	2
Obrázek 3 - Pracovní buggy viz. [7]	2
Obrázek 4 - Vstupní rám podle výkresové dokumentace.....	4
Obrázek 5 - Svařený rám na montážním stole viz. [8]	4
Obrázek 6 - Spojení dvou jeklů pomocí šroubového spoje.....	8
Obrázek 7 - Spojení pomocí ohnutého plechu.....	8
Obrázek 8 – Spoj šroub s matkou.....	9
Obrázek 9 - Spoj šroub do vložky	10
Obrázek 10 - Spoj šroub s matkou skrz vložku.....	10
Obrázek 11 - Spoj pomocí výpalku z plechu.....	11
Obrázek 12 - Centrování nesouosých profilů	12
Obrázek 13 - Centrování nesouosých profilů vloženým profilem	12
Obrázek 14 - Centrování profilů pomocí vloženého profilu	13
Obrázek 15 - Centrování profilů pomocí rotační součásti.....	13
Obrázek 16 - Připojení klece k rámu pomocí termického vrtání.....	14
Obrázek 17 - Termické vrtání postup viz. [2]	15
Obrázek 18 - Spojení klece k rámu pomocí nýtovací matice	15
Obrázek 19 - Nýtovací matice viz. [3]	16
Obrázek 20 - Přední modul.....	18
Obrázek 21 - Prostřední modul.....	18
Obrázek 22 - Zadní modul.....	19
Obrázek 23 - Ochranná klec	19
Obrázek 24 - Detail spoje zadního modulu s prostředním	20
Obrázek 25 - Řez spoje zadního modulu s prostředním	20
Obrázek 26 - Detail spoje předního modulu s prostředním.....	21
Obrázek 27 - Systém Nord-Lock viz. [4]	21
Obrázek 28 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.1	23
Obrázek 29 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.2.....	24
Obrázek 30 - Ruční výpočet v programu Mathcad č.3.....	25

Obrázek 31 - Mechanické vlastnosti ocelových šroubů ISO 898-1 viz [9].....	25
Obrázek 32 – Rám okrajové podmínky pro výpočet.....	26
Obrázek 33 - Výsledné napětí rámu	27
Obrázek 34 - Výsledná deformace rámu	27
Obrázek 35 - Výsledné napětí rámu při zatížení 5g	28
Obrázek 36 - Výsledná deformace rámu při zatížení 5g	28
Obrázek 37 - Rám orientační rozměry	29
Obrázek 38 - Vstupní rám	31
Obrázek 39 - Modulární rám	31
Obrázek 40 - Modulární rám	33
Obrázek 41 - Modulární rám s elektrickým pohonem a sedačkou	33

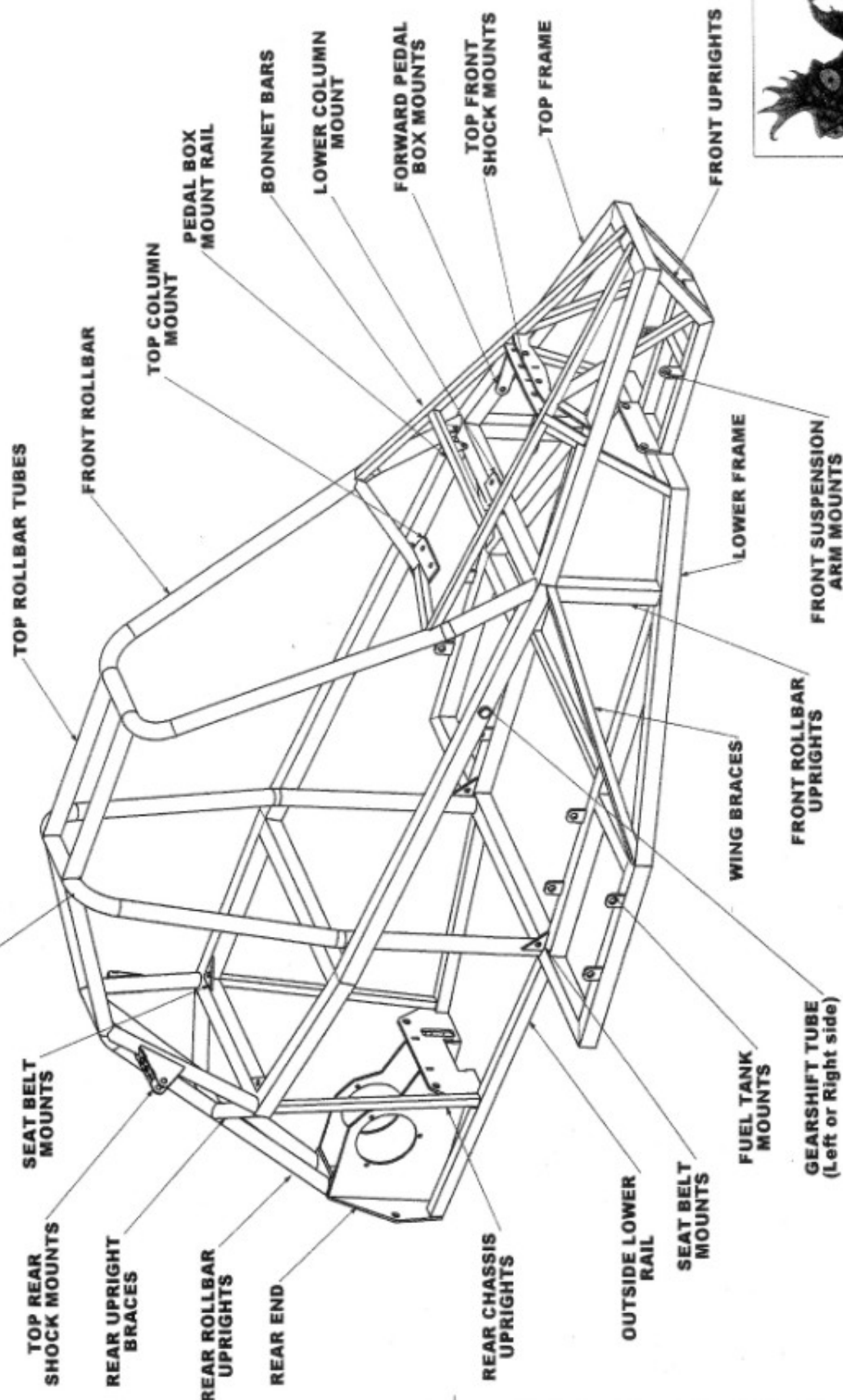
8.3 Seznam tabulek

Tabulka 1 - požadavky na technický systém	6
Tabulka 2 - Výběr koncepce spojení modulů.....	16
Tabulka 3 - Výběr koncepce centrování.....	17
Tabulka 4 - Výběr koncepce spojení klece.....	17
Tabulka 5 - Rám hmotnosti	29
Tabulka 6 - Hrubý nástin nákladů	30
Tabulka 7 - Porovnání vstupního rámu s modulárním	31

PŘÍLOHA č. 1

Vstupní výkresy do konstrukce

THIS DRAWING SHOWS THE LOCATION OF CHASSIS PARTS



DRAWING TITLE: **CHASSIS FRONT VIEW 3D**
 DRAWING NO. _____ PAGE **3**

Sanger
 design

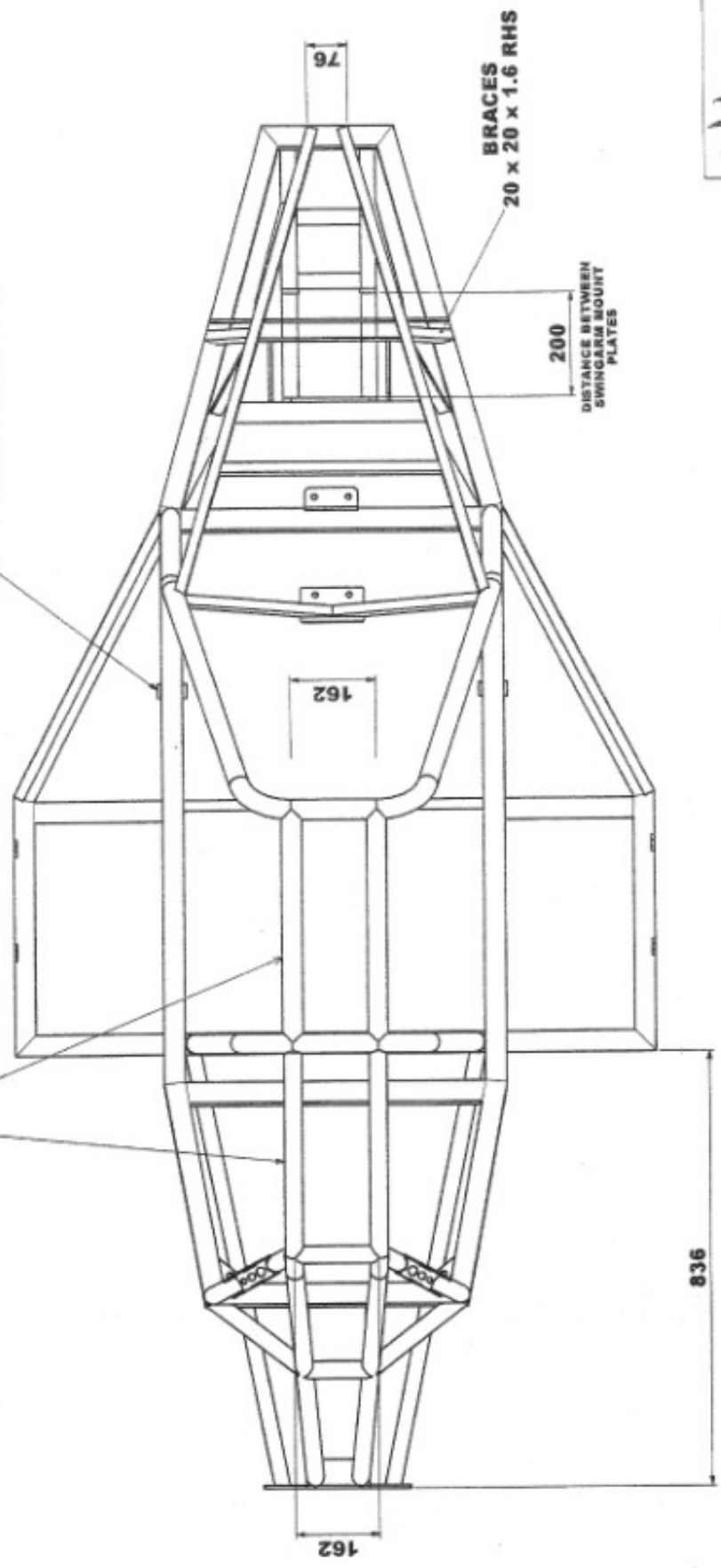
THIS DESIGN REMAINS THE PROPERTY OF THE EDGE PRODUCTS & IS NOT TO BE REPRODUCED, STORED IN A RETRIEVAL SYSTEM, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR MEANS: ELECTRONIC, MECHANICAL, PHOTOCOPIING, RECORDING OR OTHERWISE WITHOUT PRIOR WRITTEN PERMISSION FROM
 © THE EDGE PRODUCTS 2001

THE EDGE PRODUCTS
 PO BOX 292, KARRINYUP
 WESTERN AUSTRALIA, 6018.
 SEE US IN COLOUR ON THE NET WWW.EDGE-3RLL.COM
 PH - (08) 9249 8886 (INT 618) FAX - (08) 9249 9821 (INT 618)



THESE TUBES PARRALEL AND INLINE

GEARSHIFT PIVOT TUBE POSITION ON WHICHEVER SIDE SUITS DRIVER



BRACES
20 x 20 x 1.6 RHS

200
DISTANCE BETWEEN
SWINGARM MOUNT
PLATES

76

162

836

162



DRAWING TITLE
**CHASSIS
TOP VIEW**

DRAWING No. PAGE
8

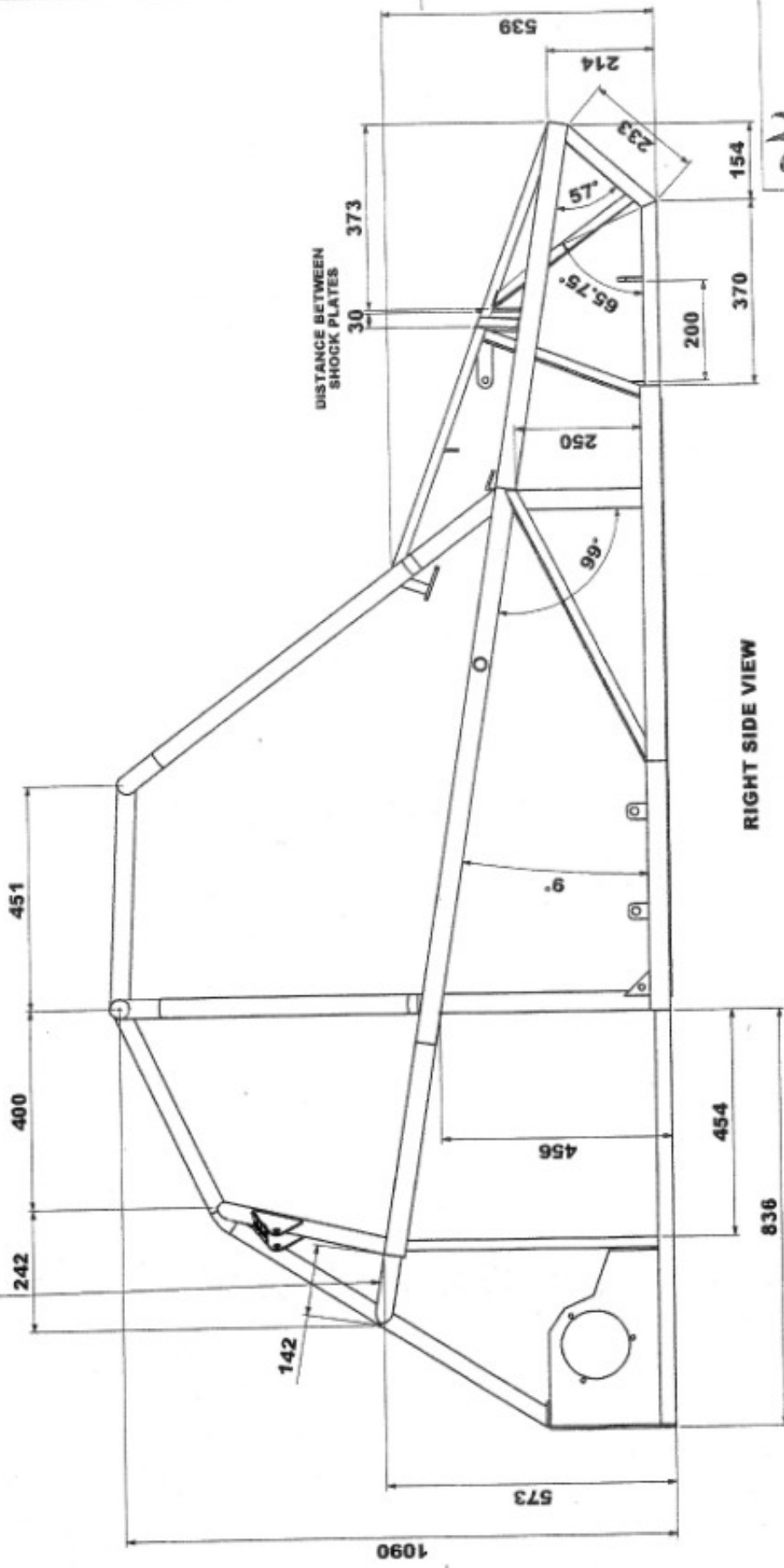
Sanger
design

THIS DESIGN REMAINS THE PROPERTY OF THE EDGE PRODUCTS & IS NOT TO BE REPRODUCED, STORED IN A RETRIEVAL SYSTEM, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR MEANS ELECTRONIC MECHANICAL PHOTOCOPYING, RECORDING OR OTHERWISE WITHOUT PRIOR WRITTEN PERMISSION FROM THE EDGE PRODUCTS 2001

THE EDGE PRODUCTS
PO BOX 292, KARRINYUP
WESTERN AUSTRALIA, 6018.
SEE US IN COLOUR ON THE NET WWW.EDGE.AU.COM
PH. (08) 9248 5888 (INT 618) FAX. (08) 9248 9521 (INT 618)



REAR UPRIGHT BRACES
PARALLEL WITH TOP FRAME



RIGHT SIDE VIEW



DRAWING TITLE: CHASSIS SIDE VIEW
DRAWING No. 9

Sanger design

THIS DESIGN REMAINS THE PROPERTY OF THE EDGE PRODUCTS & IS NOT TO BE REPRODUCED, STORED IN A RETRIEVAL SYSTEM, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR MEANS ELECTRONIC, MECHANICAL, PHOTOCOPIING, RECORDING OR OTHERWISE WITHOUT PRIOR WRITTEN PERMISSION FROM
© THE EDGE PRODUCTS 2001

THE EDGE PRODUCTS
PO BOX 292, KARRINYUP
WESTERN AUSTRALIA, 6018.
SEE US IN COLOUR ON THE NET WWW.EDGE3U.COM
PH - (08) 9249 6686 (INT 618) FAX - (08) 9249 6521 (INT 618)



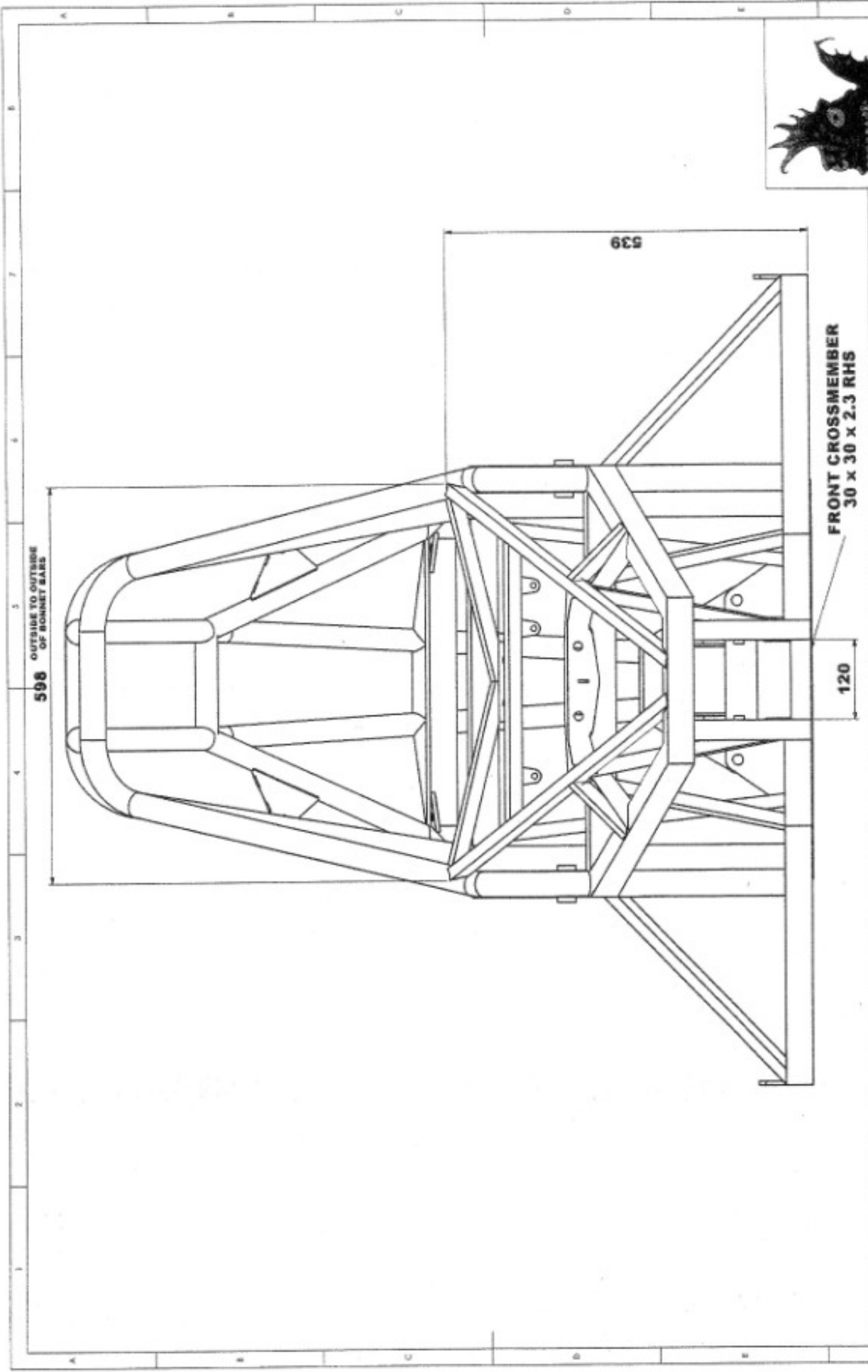


DRAWING NO. **10**
PAGE

Sauger
design

THIS DESIGN REMAINS THE PROPERTY OF THE EDGE PRODUCTS & IS NOT TO BE REPRODUCED, STORED IN A RETRIEVAL SYSTEM, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR MEANS, ELECTRONIC, MECHANICAL, PHOTOCOPYING, RECORDING OR OTHERWISE WITHOUT PRIOR WRITTEN PERMISSION FROM
© THE EDGE PRODUCTS 2001

THE EDGE PRODUCTS
PO BOX 292, KARRINYUP
WESTERN AUSTRALIA, 6018.
SEE US IN COLOUR ON THE NET www.edge-4ll.com
PH - (08) 9249 5086 (INT 618) FAX - (08) 9249 9521 (INT 618)

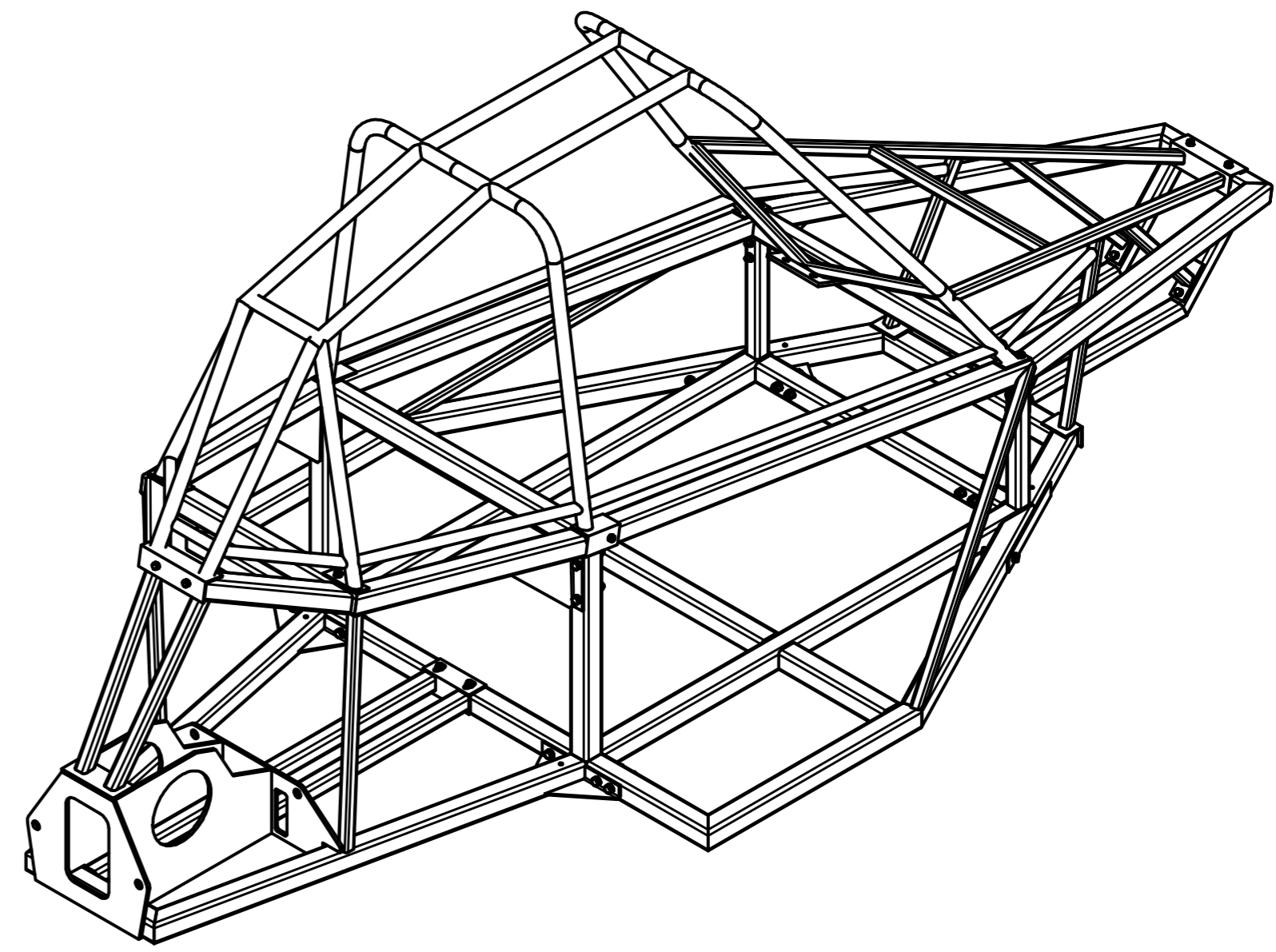
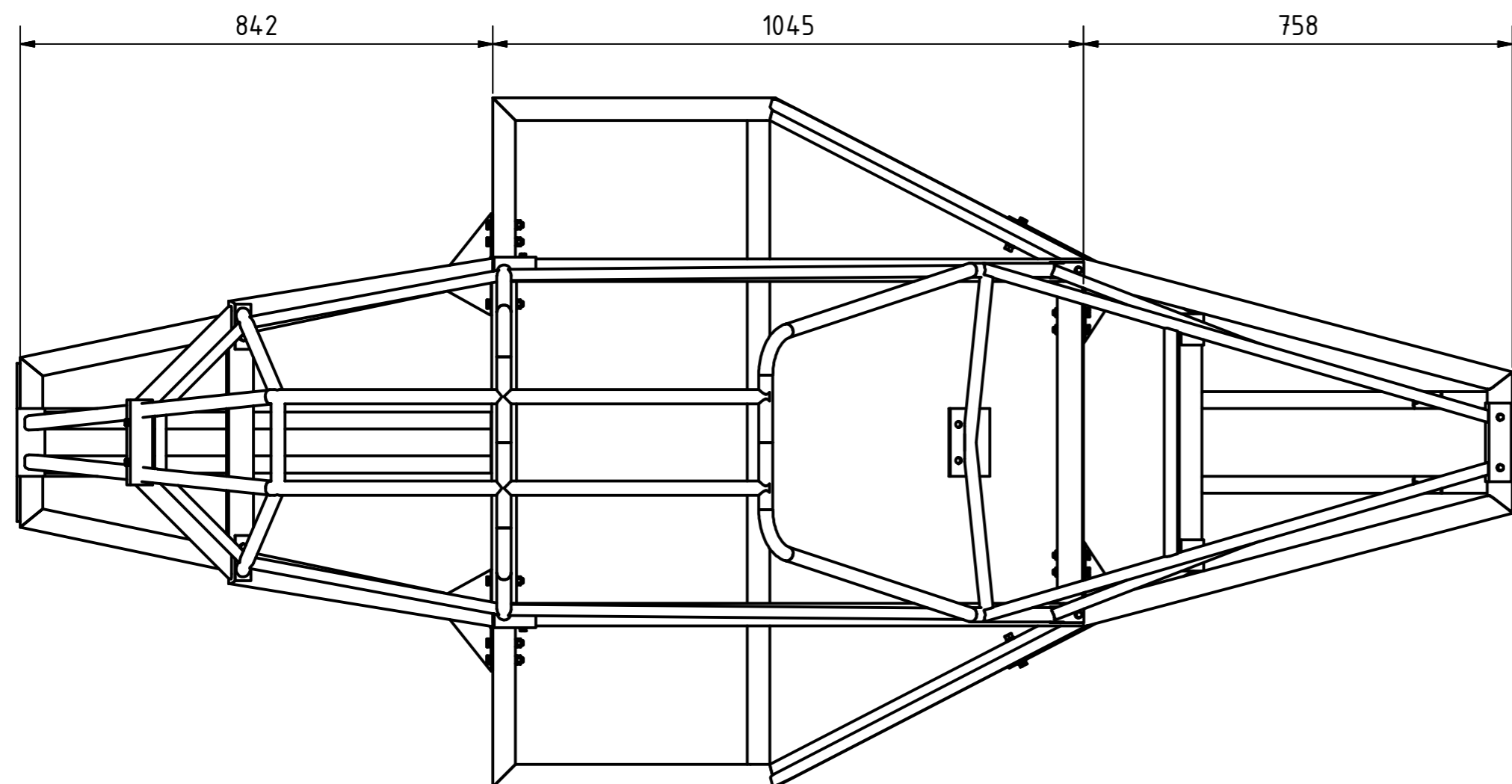
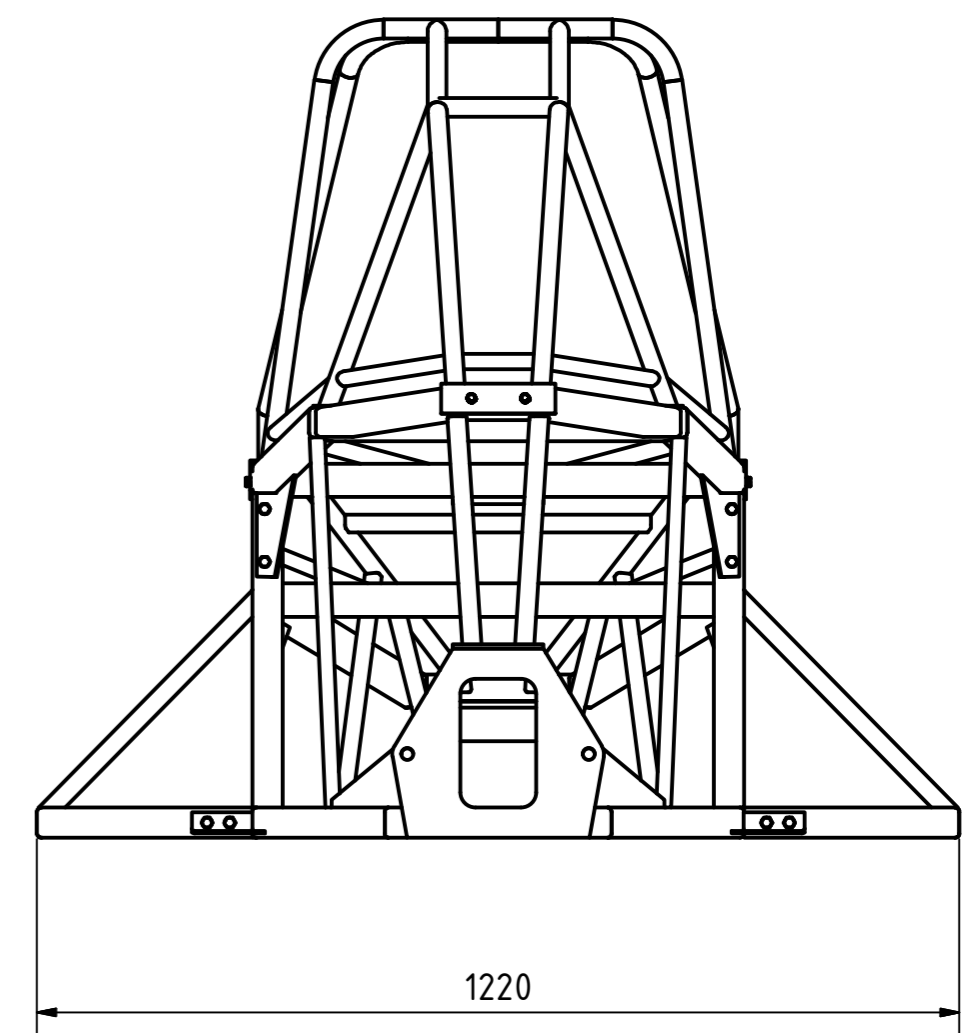
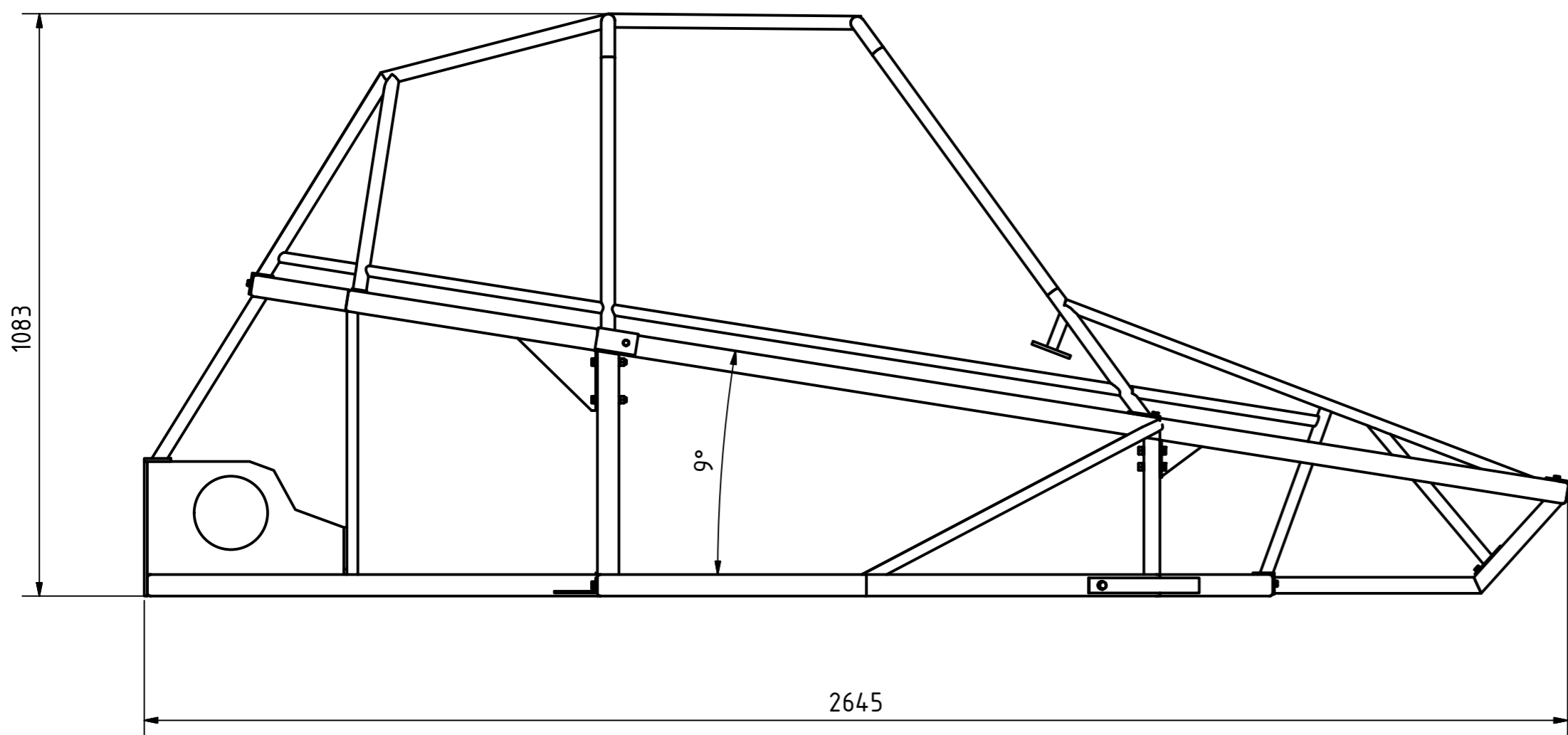


FRONT CROSSMEMBER
30 x 30 x 2.3 RHS

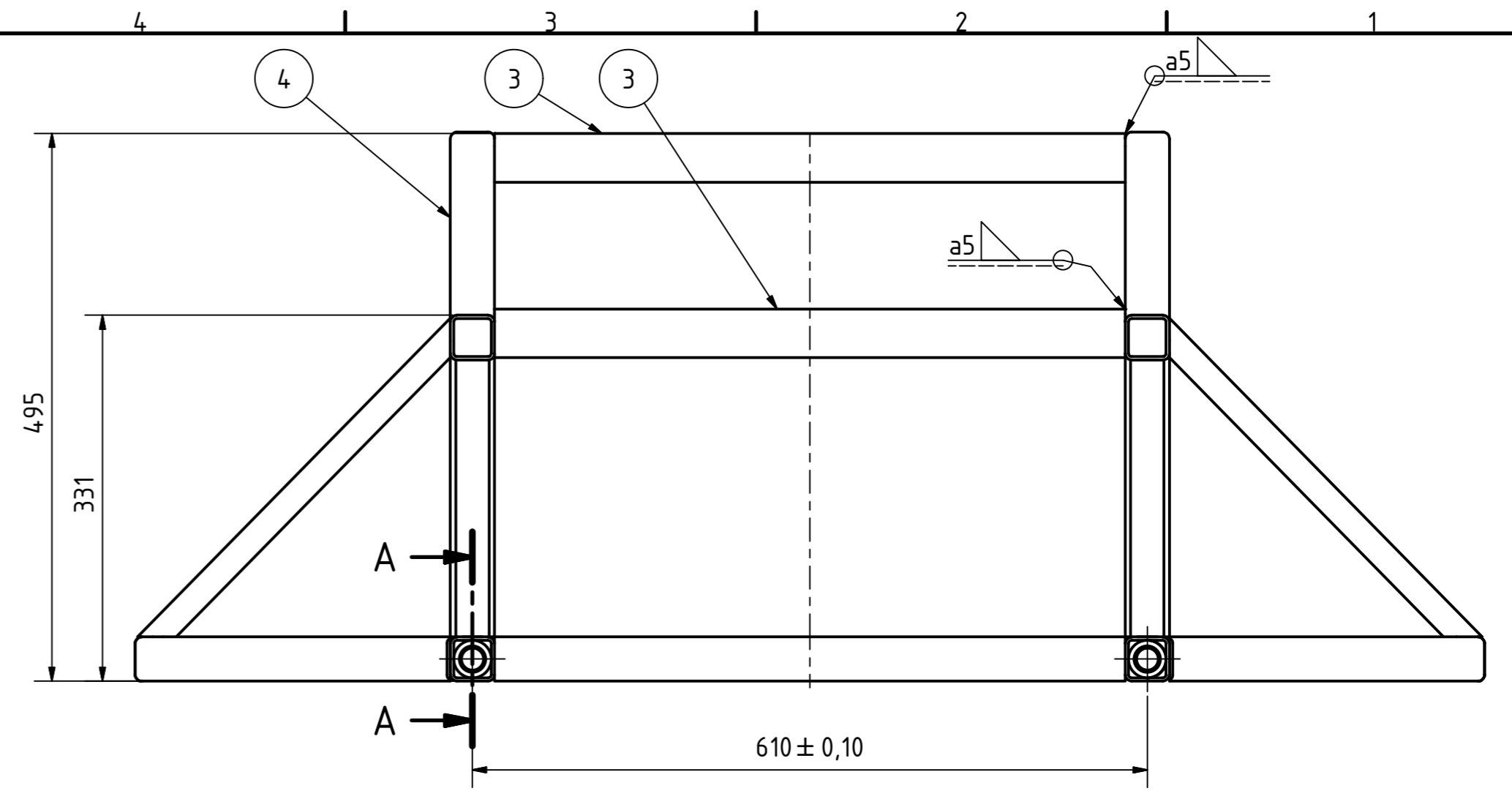
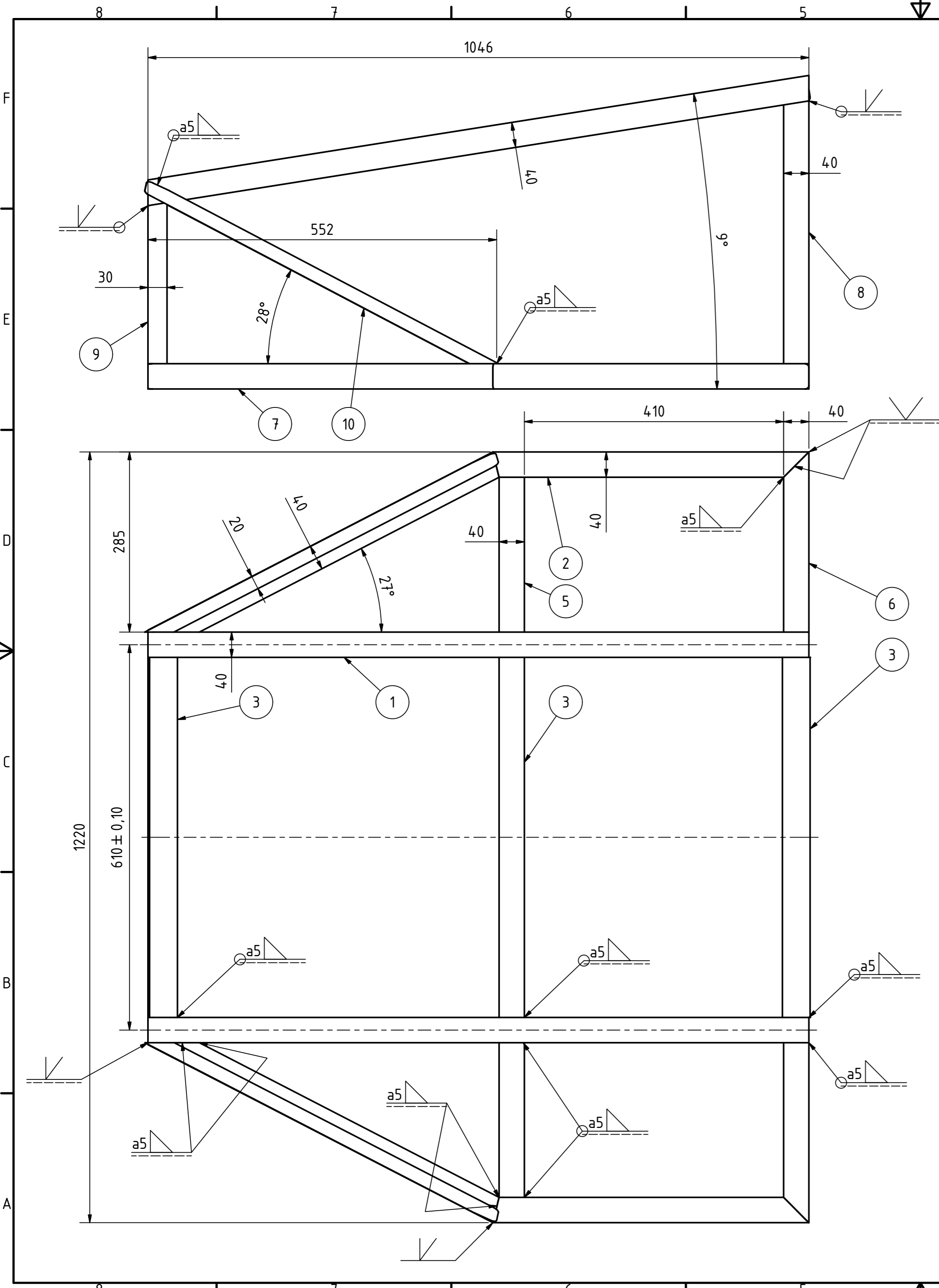
596 OUTSIDE TO OUTSIDE OF BONNET BARS

539

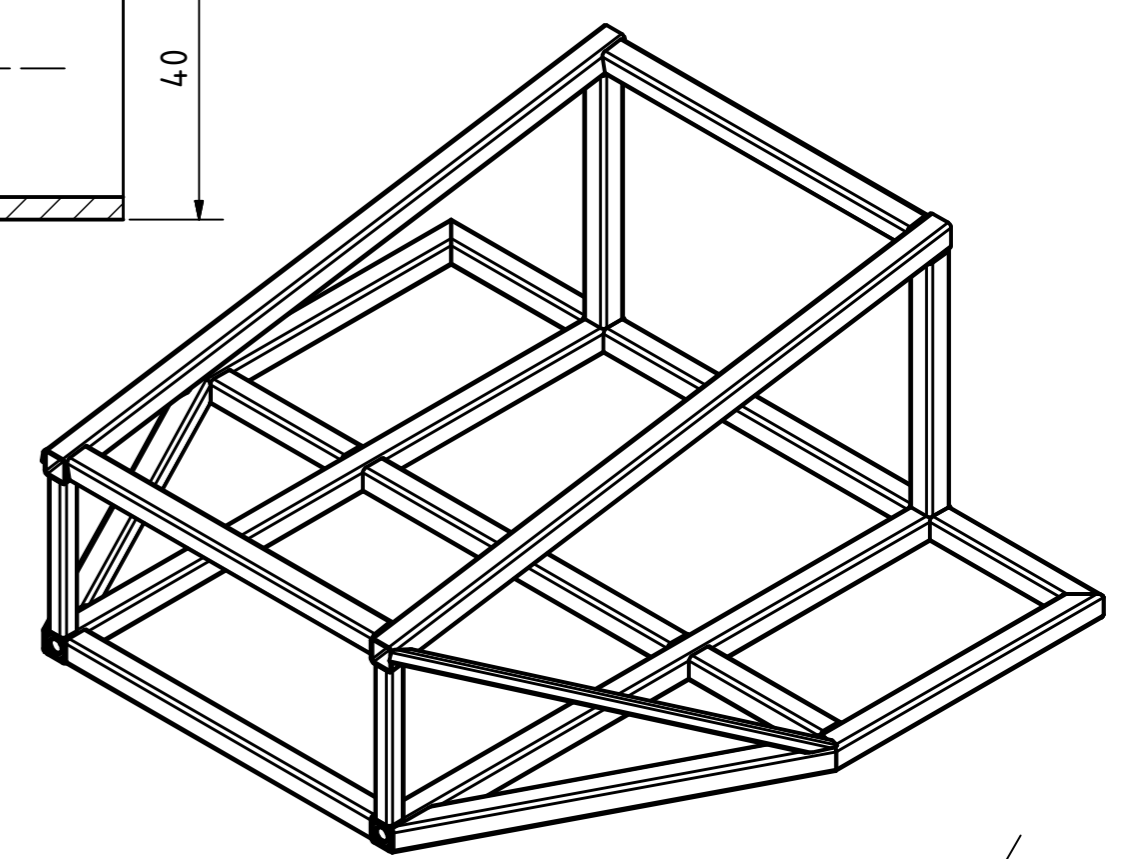
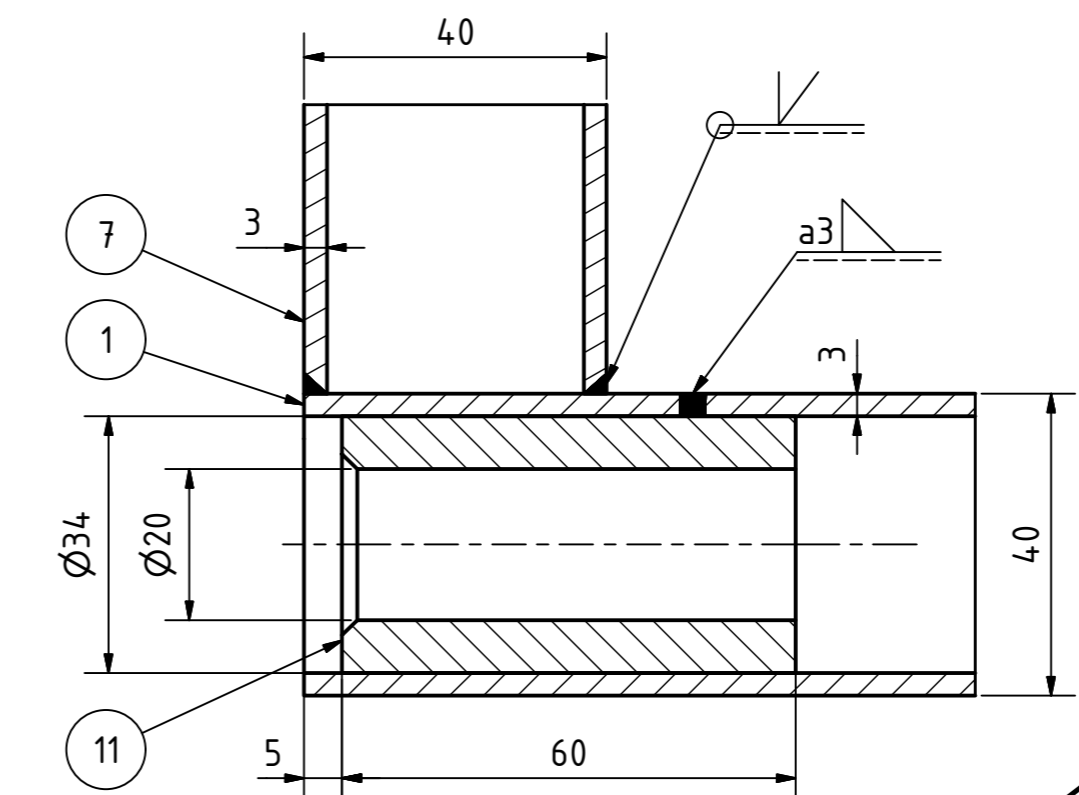
120



Měřítko 1:10	Hmotnost (kg) 107	Promítání 	Formát A2
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN ŠKARDA	Název Rám Buggy orientační rozměry	
	Datum 2.5.2018	Číslo dokumentu BP_Ram Buggy_001_000	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	List Listů	
	Datum	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	



A-A (1:1)
pro všechny podobné spoje



Měřítko 1:5	Hmotnost (kg) 48	Promítání 	Formát A2
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN ŠKARDA	Název PROSTŘEDNÍ MODUL	
	Datum 2.5.2018	Číslo dokumentu BP_Ram Buggy_002_000	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil	List Listů	
	Datum	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	

Číslo polož.	Název - označení	Polotovary Materiál	Hmotn. (kg)	J.	Množ.
	Číslo výkresu - označení normy				
1	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 1046	3,5		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
2	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 450	1,5		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
3	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 570	1,8		5
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
4	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 1060	3,5		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
5	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 245	0,8		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
6	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 285	0,9		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
7	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 614	1,9		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
8	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 40 x 3 - 420	1,4		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
9	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 30 x 3 - 255	0,6		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
10	Tenkostěnný ocelový profil	TR 4HR 20 x 3 - 625	0,7		2
	BP_Ram Buggy_002_001	EN 10 219 S355 JR			
11	Kulatina	KR 35 - 62	0,3		4
	BP_Ram Buggy_002_011	S355 JR			



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KKS

KATEDRA
KONSTRUOVÁNÍ
STROJŮ

Kreslil JAN ŠKARDA

Datum 2.5.2018

Schválil

Datum

Druh dokumentu

SEZNAM POLOŽEK

Název

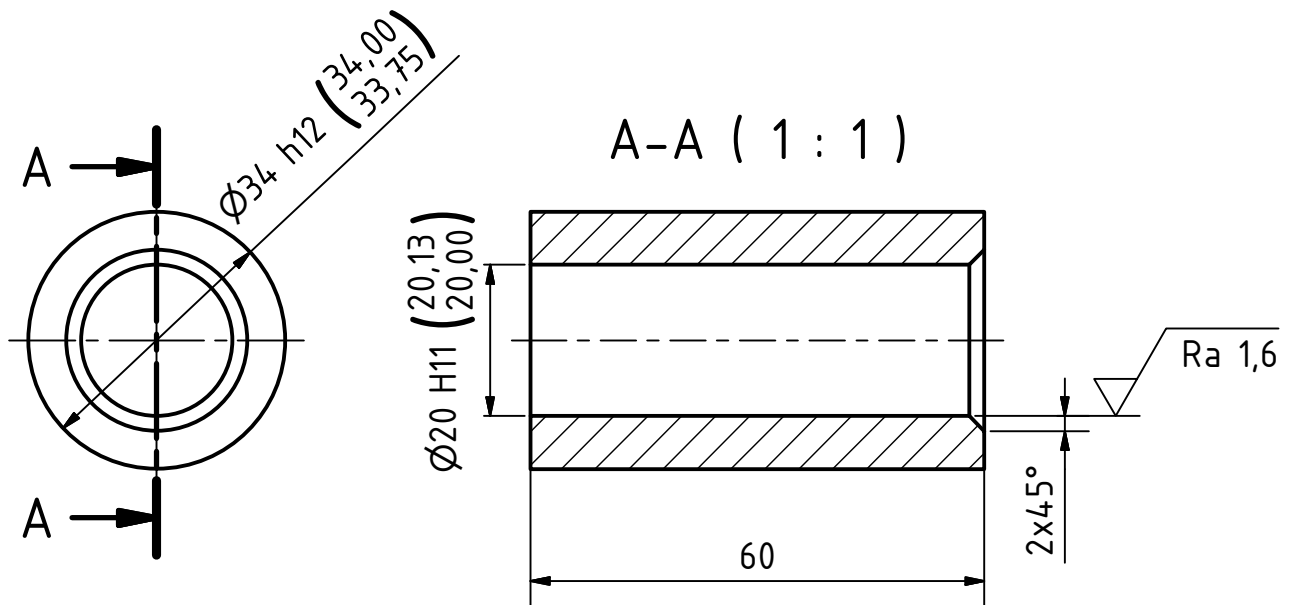
KUSOVNÍK

Číslo dokumentu

BP_Ram Buggy_002_000_K

List

Listů



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		2:1	ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg)	Tolerování
		0,3	ISO 8015
			Promítání
Materiál - Polotovár KR 35 - 62 - S355 JR			Formát A4

	Kreslil JAN ŠKARDA Datum 2.5.2018	Název Vložka
	Schválil Datum	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	List Listů