



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH ZÁVODNÍHO VOZIDLA KATEGORIE R1

DESIGN OF R1-CLASS RACING CAR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Bureš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. David Bureš
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

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 diplomové práce:

Návrh závodního vozidla kategorie R1

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automobily s označením R1 odpovídají příslušným FIA předpisům vypsanych pro tuto kategorii vozidel určených pro automobilové soutěže. Vozidla této rallye kategorie mají povolený nejnižší rozsah úprav a velké množství dílů je totožných se sériovou variantou, ze které musí vycházet, tím se z nich stávají cenově nejdostupnější vozidla pro automobilové soutěže. Přesto je počet jejich zástupců nejnižší ze všech rallye kategorií, proto i návrh nového vozidla měl více vycházet z požadavků potenciálních uživatelů, než je tomu u ostatních zástupců.

Cíle diplomové práce:

Souhrn pravidel a řádů pro vozidla R1.
Přehled dosavadních zástupců kategorie R1.
Průzkum trhu a stanovení požadavků na vozidlo.
Výběr vozidla s detailním popisem úprav.
Konstrukční návrh ochranného rámu.
Stanovení malosériové ceny vozidla.

Seznam doporučené literatury:

BUDYNAS, Richard G., NISBETT, J. Keith a SHIGLEY, Joseph Edward. Shigley's mechanical engineering design. 10th edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015. 1104 s. ISBN 0073398209.

MILLIKEN, William a MILLIKEN, Douglas. Race Car Vehicle Dynamics. 1st edition. Warrendale: SAE, 1995. 857 s. ISBN 1-56091-526-9.

JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily (1): Podvozky. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.

GILLESPIE, Thomas. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. 519 s. ISBN 1-56091-199-9.

REIMPELL, Jornsens. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

DIXON, John C. The Shock Absorber Handbook. 2nd Edition. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2007. 432 s. ISBN 0-7680-0050-5.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce je vytvoření koncepčního návrhu vozidla pro rallye kategorie Ra5 (dříve R1). Práce obsahuje výklad pravidel pro tuto kategorii, přehled dosavadních zástupců a stanovení požadavků na toto vozidlo. Je zde popsán výběr vozidla a jeho úpravy včetně výběru konkrétních komponent. Práce se dále zabývá konstrukcí a homologačními zkouškami několika návrhů ochranného rámu, které jsou vzájemně srovnány. Také byla stanovena malosériová cena tohoto vozidla.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rallye, R1, Ra5, koncepční návrh, FIA, ochranný rám, MKP

ABSTRACT

The goal of this thesis is to create a conceptual design of a rally car in Ra5 (former R1) category. The thesis contains interpretation of regulations, overview of former cars in this category and requirements for such vehicle. The thesis describes choice of vehicle and description of modifications, including specific components. The thesis also describes construction of several designs of rollcage, which were mutually compared, and their homologation tests. The thesis also determines small series price of such vehicle.

KEYWORDS

Rally, R1, Ra5, conceptual design, FIA, rollcage, FEM

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUREŠ, David. *Návrh závodního vozidla kategorie R1*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124189>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 92 s. Vedoucí práce Petr Hejtmánek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Hejtmánka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 23. června 2020

.....

Bc. David Bureš

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Petrovi Hejtmánkovi, Ph.D. za rady a poznatky při tvorbě této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval mé rodině a přátelům, kteří mě vždy při studiu podporovali.

OBSAH

Úvod	10
1 Souhrn pravidel a řádů pro vozidla Ra5 (dříve R1).....	11
1.1 Definice a homologace	11
1.2 Rozměry, hmotnost	12
1.3 Motor	12
1.4 Palivový okruh.....	13
1.5 Elektrické vybavení	13
1.6 Převedy	13
1.7 Zavěšení	14
1.8 Podvozek.....	14
1.9 Karoserie	16
2 Přehled dosavadních zástupců	19
2.1 Současní	19
2.2 Ostatní	21
2.3 Bez mezinárodní homologace.....	24
2.4 Přehled nejdůležitějších parametrů uvedených zástupců.....	25
3 Průzkum trhu a stanovení požadavků na vozidlo	27
4 Výběr vozidla s detailním popisem úprav	29
4.1 Obecné	29
4.2 Rozměry, hmotnost	30
4.3 Motor	31
4.4 Palivový okruh.....	34
4.5 Elektrické vybavení	34
4.6 Převedy	34
4.7 Zavěšení	38
4.8 Podvozek.....	39
4.9 Karoserie	42
4.10 Zachované díly	44
5 Konstrukční návrh ochranného rámu	45
5.1 Výklad regulací FIA pro ochranné rámy	45
5.2 Konstrukce rámu.....	53
6 Stanovení malosériové ceny vozidla	73
6.1 Obecné	73
6.2 Motor	73
6.3 Palivový okruh.....	75

6.4	Elektrické vybavení	75
6.5	Převody	76
6.6	Zavěšení	77
6.7	Podvozek.....	77
6.8	Karoserie	79
6.9	Součet.....	81
6.10	Další proměnné	83
Závěr.....		85
Seznam použitých zkratk a symbolů		92

ÚVOD

Rallye je automobilový sport skládající se z několika částí. Jednou z těchto částí je rychlostní zkouška. Jedná se o úsek na uzavřené komunikaci, který se posádka snaží projet v co nejnižším čase. Rallye obsahuje různý počet rychlostních zkoušek, většinou mezi 10 a 25. Časy posádky na jednotlivých rychlostních zkouškách se sčítají a určují celkové pořadí posádek. Další částí rallye jsou přejezdy mezi jednotlivými rychlostními zkouškami. Zde má posádka za úkol přejet z konce jedné rychlostní zkoušky na začátek další rychlostní zkoušky a dorazit na něj v přesně určený čas. Pokud toto posádka nedodrží, je penalizována. Přejezdy probíhají po běžných komunikacích a posádky jsou povinny dodržovat dopravní předpisy. [1] [2]

Aby bylo zaručeno, že proti sobě budou soutěžit srovnatelné automobily, byly vytvořeny kategorie. Ty definují parametry, které musí automobil splňovat, aby se mohl rallye v dané kategorii účastnit. Jedná se například o minimální hmotnost, maximální objem válců motoru, úpravy převodovky, bezpečnostní prvky nebo výměny sériových podvozkových či brzdových dílů za díly závodní. Tyto specifikace vydává FIA – Mezinárodní automobilová federace.

FIA (Fédération Internationale de l'Automobile), česky Mezinárodní automobilová federace, je organizace založená roku 1904 za účelem sdružení správy a bezpečnosti motoristického sportu. Tato organizace zajišťuje například Formuli 1, WRC nebo WEC, kde mimo jiné vytváří pravidla a regulace, schvaluje homologace a testuje bezpečnost. V dnešní době zastřešuje 236 klubů a 80 milionů motoristů po celém světě. [3] [4]

Kategorie Ra5 (dříve R1) zajišťuje vozidla na rallye s nejnižším povoleným rozsahem úprav; jsou tedy nejpodobnější sériovým vozidlům, ze kterých vycházejí, a tudíž disponují nejnižší cenou. Přesto je v době psaní této práce možno koupit pouze jeden nový automobil této kategorie, který se však svou cenovkou blíží vozům vyšších kategorií. I to může být jedním z důvodů, proč závodní týmy i jezdci samotní nejeví o tuto kategorii přílišný zájem. Cílem této práce je vytvoření koncepčního návrhu konkurenceschopného automobilu této kategorie, který bude lépe odrážet požadavky jezdců i závodních týmů a zároveň bude dostupný pro širší portfolio závodníků.

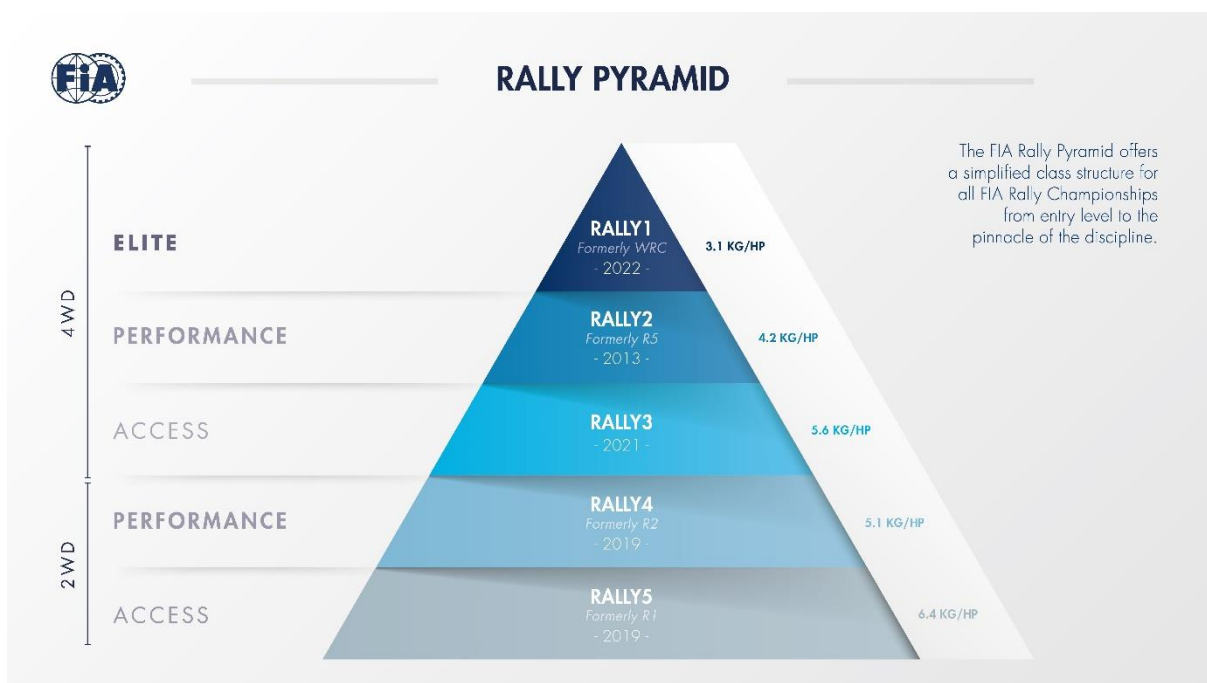
Rallye také vděčíme za technický pokrok v celém automobilovém průmyslu. Vysoká kompetitivnost mezi závodními týmy zapříčinila zdokonalování současných řešení, či vývoj řešení nových, která se posléze dostala i do sériových vozidel. Řeč je například o kotoučových brzdách nebo pohonu všech kol.

Práce obsahuje výklad pravidel pro tuto kategorii a popisuje možné úpravy vozidla. Jsou zde popsáni současní i minulé zástupci této kategorie, stejně jako vozidla soutěžící v této kategorii v lokálních pohárech. Práce dále popisuje preference jezdců, závodních týmů, činovníků, hobby jezdců a fanoušků. Je zde podrobně popsán výběr vozidla a výměna jednotlivých komponent. Práce dále popisuje konstrukci ochranného rámu pro toto vozidlo a srovnání několika variant včetně jejich porovnání z hlediska napětí a deformací. Práce také obsahuje nacenění několika variant tohoto vozidla.

1 SOUHRN PRAVIDEL A ŘÁDŮ PRO VOZIDLA RA5 (DŘÍVE R1)

Informace v následující kapitole byly převzaty z oficiálních řádů FIA [5].

Kategorie Ra5 (dříve R1) zahrnuje nejméně modifikovaná závodní vozidla určena pro rallye, která mají nejbližší své sériové podobě. V průběhu psaní této práce byla tato kategorie přejmenována z R1 na Ra5, což přineslo i změny v řádech, například nutnost použití automatického hasicího systému, změnu maximálního objemu motoru a minimální hmotnosti a další drobné změny. Výklad pravidel v této práci je aktuální k 6.3. 2020.



Obr. 1 Rallye pyramida [6]

1.1 DEFINICE A HOMOLOGACE

Vozidla kategorie Ra5 musí být cestovní vozy nebo velkosériové produkční vozy s benzínovým motorem, a to včetně rotačních motorů. Povolen je náhon jedné nápravy (přední nebo zadní).

Pro homologaci automobilu kategorie Ra5 je nezbytné, aby bylo vyrobeno nejméně 2 500 totožných kusů automobilů během 12 po sobě jdoucích měsíců a homologováno FIA jako cestovní vůz.

Maximální objem motoru v kategorii Ra5 činí 1 600 cm³ pro atmosférické motory a 1 333 cm³ pro přeplňované motory.

Automobil, ze kterého závodní verze vychází, musí mít alespoň 4 místa podle definice cestovního vozu.

1.2 ROZMĚRY, HMOTNOST

Minimální hmotnost vozidel s atmosférickým motorem nebo motorem přeplňovaným do 1 067 cm³ činí 1 030 kg, u vozidel s přeplňovaným motorem od 1 067 cm³ do 1 333 cm³ činí 1 080 kg. Tato hmotnost je reálná, bez řidiče a navigátora, jejich vybavení a s maximálně jedním rezervním kolem. Všechny kapaliny (maziva, chladiva a podobné) musí být na normální úrovni dané výrobcem s výjimkou nádob kapaliny ostřikovačů čelního skla a světlometů, paliva a chlazení mezichladiče stlačeného vzduchu (pokud je homologován), které musejí být prázdné.

Světlá výška musí být vždy stejná nebo větší, než jaká je hodnota uvedena v homologačním listě.

1.3 MOTOR

Plastové kryty motoru lze odebrat, pokud je jejich výhradní funkcí zakrýt mechanické komponenty a mají pouze estetickou funkci. Izolační materiál a z venku neviditelné obložení umístěné pod kapotou může být odstraněno.

Uchycení motoru a jeho ukotvení může být upraveno za předpokladu, že úhel a poloha motoru v motorovém prostoru zůstanou nezměněny. Počet uchycení motoru musí zůstat stejný.

Musí být ponechán původní systém přeplňování, ovšem při splnění předpokladů uvedených v řádech FIA může být použit nový chladič stlačeného vzduchu.

Počet válců je limitován na 6, kompresní poměr musí zůstat stejný jako ve vozidle, ze kterého úpravy vychází.

Písty, ojnice, kliková hřídel, ložiskové pánve, hlava válců i její těsnění musí zůstat stejné jako ve vozidle, ze kterého úpravy vychází.

Setrvačnick může být v souladu se směrnicemi FIA vyměněn za jiný.

Princip vstřikovacího systému musí zůstat zachován, ovšem jeho komponenty mohou být v souladu se směrnicemi FIA modifikovány. Vstřikovače musí zůstat stejné jako ve vozidle, ze kterého úpravy vychází.

Vačkové hřídele, řemenice, vahadla, zdvihátka, sací potrubí, sací a výfukové ventily, škrticí klapka, pružiny sacích a výfukových ventilů, misky pružin sacích a výfukových ventilů a výfukové svody musí zůstat stejné jako ve vozidle, ze kterého úpravy vychází. Není povolena úprava časování.

Vzduchový filtr může být vyměněn, pokud funguje na stejném principu jako originální díl.

Výfukové potrubí může být vyměněno, pokud je nový díl souladu se směrnicemi FIA. Mohou být použity díly pro odstínění tepla. Poloha katalyzátoru může být změněna a katalyzátor samotný může být vyměněn, pokud je nový díl souladu se směrnicemi FIA.

Může být použita jakákoli značka a typ zapalovacích svíček, omezovačů otáček a kabelů.

Může být použit nový chladič a jeho ventilátory, pokud jsou v souladu se směrnicemi FIA, stejně jako termostat, expanzní nádobka a vedení vody.

Olejová měrka je libovolná, ale musí být vždy přítomna a nesmí plnit žádnou jinou funkci. Může být přesunuta ze své původní pozice. Olejový filtr (nebo jeho vložka) je povinný a musí ním procházet veškerý průtok oleje. Originální vedení oleje může být nahrazeno jiným. Olejové čerpadlo musí zůstat původní. Je povoleno umístění přepážek do olejové vany.

1.4 PALIVOVÝ OKRUH

Palivová nádrž musí být v souladu se směrnicemi FIA. Její kapacita musí být mezi 50 a 100 litry. Mohou být použita pouze homologovaná palivová čerpadla. Tyto díly musí být adekvátně chráněny.

Je možno nahradit originální palivové čerpadlo za několik nízkotlakých palivových čerpadel ponořených v nádrži.

Vedení paliva je libovolné za předpokladu, že je v souladu se směrnicemi FIA. Je povolena instalace chladiče v palivovém vedení o maximální kapacitě 1 litr.

1.5 ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ

Maximální povolené napětí je 16 V s výjimkou pohonu vstřikovačů a světelných systémů (výbojky, LED žárovky apod.).

Mohou být přidány další pojistky. Pojistkové skříně mohou být přemístěny nebo odstraněny. Klakson může být upraven, nebo může být přidáno další tlačítko klaksonu v dosahu navigátora.

Značka, kapacita a kabeláž baterie jsou libovolné. Počet baterií daný výrobcem musí zůstat zachován. Musí být použita baterie z velkosériového katalogu nebo z katalogu závodních dílů. Maximální kapacita činí 250 Ah, minimální hmotnost baterie je 8 kg. Baterie musí být umístěna na původním místě, nebo v prostoru pro posádku. Baterie musí být suchého typu, pokud není umístěna v motorovém prostoru. Pokud je baterie umístěna v prostoru pro posádku, musí být umístěna za základnou sedadla řidiče či spolujezdce. Každá baterie musí být bezpečně uchycena a kladná svorka baterie musí být chráněna.

Alternátor i startér musí zůstat stejné jako ve vozidle, ze kterého úpravy vychází.

Je dovolena instalace šesti přídavných světlometů, včetně jejich relé v takové formě, která neporušuje zákony dané země. Pokud jsou ponechány originální mlhové světlometry, jsou započítány jako přídavné světlometry. Směrová světla a jejich umístění musí zůstat nezměněno, pokud byla osazena na produkčním voze.

1.6 PŘEVODY

Může být použita nová spojka, pokud je v souladu se směrnicemi FIA.

Může být použita nová převodovka (sekvenční), pokud je v souladu se směrnicemi FIA. Držáky převodovky a jejich uchycení na karoserii mohou být modifikovány. Změny převodových stupňů musí být prováděny mechanicky. Může být použito zařízení pro dodatečné mazání a chlazení převodovky.

Mechanický diferenciál s omezenou svorností může být libovolné koncepce. Koncový převod je libovolný.

Poloosy a podélné hřídele mohou být vyměněny, pokud jsou v souladu se směrnicemi FIA.

1.7 ZAVĚŠENÍ

Je povoleno zesílení strukturálních částí zavěšení a jejich kotevních bodů přidáním materiálu.

Silentbloky pro upevnění pomocných rámců a/nebo příčných nosníků mohou být z odlišného materiálu než originální (například tvrdší silentbloky, hliníkové, nylonové kroužky), pokud poloha pomocných rámců a příčných nosníků zůstane vůči karoserii ve všech osách nezměněna.

Náboj předního a zadního kola může být originální nebo pocházející z automobilu vyrobeného ve více než 2 500 kusech.

Těhlice předního kola, její uchycení a zadní nápravnice mohou být zesíleny (duté profily jsou povoleny).

Zesílení předních a zadních ramen a nápravnice je povoleno pouze přidáním materiálu, který kopíruje původní tvar a je s ním v kontaktu. Původní díly musí být snadno identifikovatelné a zesílení nesmí spojit dva různé díly k sobě. Jehlová ložiska jsou zakázána.

Vyztužení pomocných rámců a jejich uchycení přidáváním materiálu je povoleno. Vyztužení nesmí vytvořit duté části a nesmí umožnit spojení dvou různých dílů do jednoho.

Vinuté pružiny jsou libovolné. Ať je umístění originálních pružin jakékoli, je dovolena jejich výměna za vinuté pružiny soustředné vůči tlumičům. Světlá výška musí být vždy stejná nebo větší, než jaká je hodnota uvedena v homologačním listě.

Torzni tyče jsou libovolné, ovšem musí být dodržen bod o světlé výšce vozidla.

Přední a zadní stabilizátory musí být originální nebo musí pocházet z automobilu vyrobeného ve více než 2 500 kusech. Mohou být odstraněny nebo odpojeny.

Tlumiče jsou libovolné, pokud jsou v souladu se směrnicemi FIA. Možnost změny nastavení pružin a tlumičů z prostoru pro posádku je zakázána.

Vzpěry typu McPherson jsou libovolné.

Přední a zadní horní uložení je libovolné, pokud je v souladu se směrnicemi FIA.

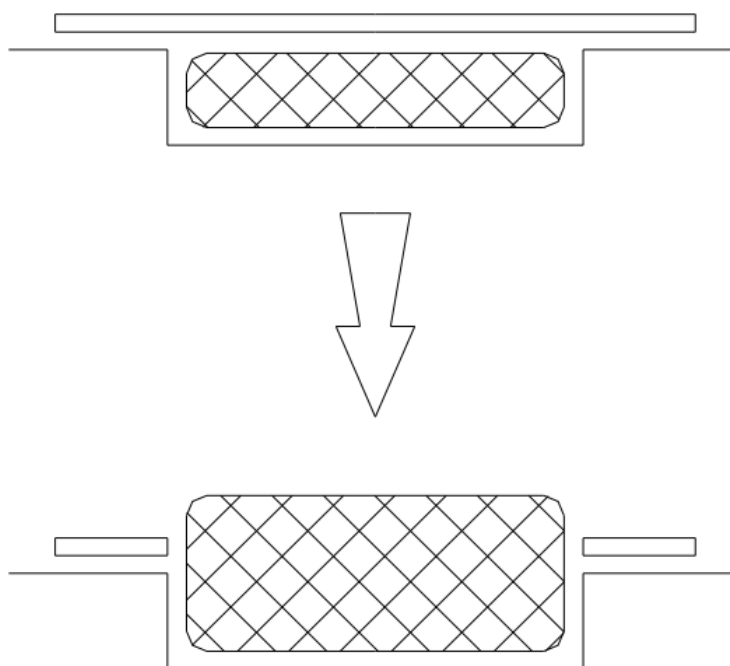
1.8 PODVOZEK

Kombinace ráfků a pneumatik nesmí za žádnou cenu přesáhnout šířku 8“ a průměr 650 mm. Upevnění kol šrouby může být změněno na upevnění pomocí vodících kolíků a matek. Použití distančních podložek je povoleno. Je zakázáno použití jakéhokoli zařízení, které zachová schopnosti pneumatiky při vnitřním tlaku rovném nebo nižším tlaku atmosférickému. Vnitřek pneumatiky (prostor mezi ráfkem a vnitřní částí pneumatiky) musí být vyplněn pouze vzduchem.

Pro šotolinové rallye jsou povoleny pouze ráfky o rozměru 6“x15“ o minimální hmotnosti 8 kg.

Pro asfaltové rallye jsou povoleny pouze ráfky o rozměru 6,5“x16“ o minimální hmotnosti 7,5 kg.

Rezervní kolo nebo kola nejsou povinná. Pokud jsou ve vozidle umístěny, musí být pevně ukotveny a nesmí být umístěny v prostoru určeném pro posádku. Umístěním rezervního kola nesmí vzniknout žádná modifikace karoserie. Pokud je originálně rezervní kolo umístěno v uzavřeném krytu a je zaměněno za kolo širší, je možné odstranit část krytu, která by zabraňovala umístění kola.



Obr. 2 Správné umístění rezervního kola

Brzdový systém musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Pokud je vozidlo originálně vybaveno systémem ABS, řídicí jednotka a části tohoto systému mohou být odstraněny. Brzdové potrubí může být nahrazeno potrubím leteckého typu.

Pro každou brzdu je povolena instalace jednoho chladicího potrubí, které musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Může být přidáno zařízení oškrabující bláto usazené na brzdových kotoučích a/nebo kolech. Může být použito zařízení na ochranu brzd před odletujícími kameny.

Materiál a způsob montáže (nýtování nebo lepení) brzdového obložení jsou libovolné, pokud je zachován jeho rozměr.

Zesílení pedálové skupiny přidáním materiálu je povoleno za předpokladu, že pedálová skupina zůstane snadno identifikovatelná a nespojí dva díly pevně k sobě.

Nový hlavní brzdový válec může být použit za předpokladu, že pochází z automobilu vyrobeném ve více než 2 500 kusech. Přední a zadní regulátor nebo omezovač tlaku může být libovolné koncepce.

Blokovací mechanismus ruční brzdy může být odstraněn, aby bylo docíleno efektu okamžitého odblokování („fly-off handbrake“).

Třmen a kotouč s unašečem mohou být vyměněny za nové díly, které musí pocházet z automobilu vyrobeného ve více než 2 500 kusech.

Uchycení brzdového třmenu může být při splnění směrnic FIA libovolné koncepce.

Hřeben řízení musí být originální. Řídicí jednotka elektronického posilovače řízení může být přeprogramována. Tyč řízení může být v souladu se směrnicemi FIA zesílena.

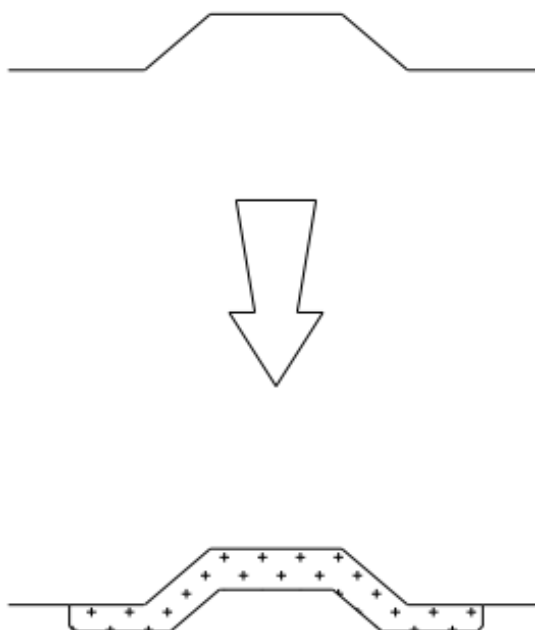
Volant může být libovolný, systém zamykání volantu může být vyřazen z činnosti.

Mechanismus rychlého uvolnění volantu se musí skládat z příruby soustředné s osou volantu, označené žlutou barvou anodizací či jinou formou odolného povlaku, upevněné na sloupku řízení za volantem. Uvolnění musí být ovládáno tažením příruby podél osy volantu. Není povinné.

1.9 KAROSERIE

Výztužné tyče mohou být upevněny k montážním bodům zavěšení karoserie nebo šasi dané nápravy na každé straně vozidla pod podmínkou, že jsou odmontovatelné a připevněné šrouby. Jejich přesné místo ukotvení musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Zesílení zavěšených částí šasi a karoserie přidáním dílů a/nebo materiálu je povoleno, ovšem musí být v souladu se směrnicemi FIA.



Obr. 3 Zesílení částí šasi přidáním materiálu

Je povoleno ohnutí kovových hran nebo zmenšení plastových blatníků a nárazníků, pokud vyčnívají do podběhů kol. Plastové odhlučňovací prvky mohou být z podběhů kol odstraněny. Tyto plastové díly mohou být vyměněny za díly hliníkové, plastové nebo kompozitové díly identického tvaru.

Místa určená ke zvedání vozidla mohou být zesílena, přemístěna a jejich počet může být zvýšen. Tyto úpravy jsou limitovány pouze pro místa ukotvení zvedáku.

Montáž ochrany podvozku je povolena pouze v rallye, musí respektovat minimální světlou výšku, musí být demontovatelná a její jediná funkce může být ochrana následujících částí: motor, chladič, zavěšení, převodovka, nádrž, hřídele, řízení, výfuk a hasicí přístroje. Její rozměry a materiály musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Ochranný rám musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Materiál sedačky řidiče a navigátora je libovolný, ovšem hmotnost skořepiny samotné (sedačka bez pěny nebo opěr) musí být minimálně 4 kg. Poloha sedačky a ukotvení pásů musí být v souladu se směrnicemi FIA. Zadní sedadla mohou být odstraněna.

Držák sedadla a jeho ukotvení musí být originální, nebo v souladu se směrnicemi FIA.

Bezpečnostní pásy musí disponovat alespoň pěti body ukotvení a musí být v souladu se směrnicemi FIA. Bezpečnostní pásy zadních sedadel mohou být odstraněny.

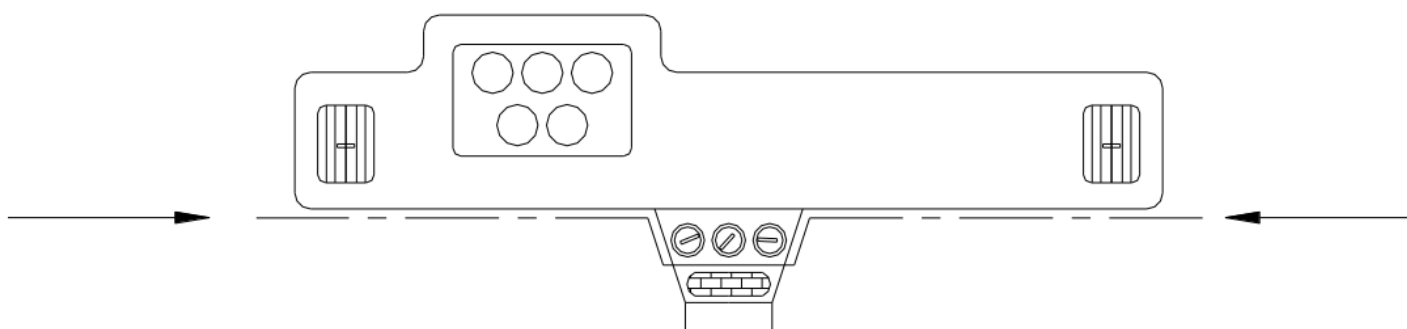
Automatické hasicí přístroje v souladu se směrnicemi FIA jsou povinné. Manuální hasicí přístroje z kompozitního materiálu jsou zakázány.

V případě dvoupřístorových vozidel je možné užití nestrukturální dělicí přepážky z průhledného, nehořlavého plastu mezi prostorem pro posádku a nádrží.

Je povoleno veškeré příslušenství, které neovlivňuje chování vozidla, například estetické a komfortní prvky (osvětlení, topení, rádio a podobně). Všechny ovládací prvky musí mít funkci danou výrobcem. Ovládací prvky mohou být upraveny, aby bylo jejich použití jednodušší nebo aby byly přístupnější. V žádném případě nesmí toto příslušenství zvyšovat výkon motoru nebo ovlivňovat řízení, převodovku, brzdy nebo přilnavost vozidla, a to ani nepřímo.

V případě dvoupřístorových vozidel je povoleno odstranit pohyblivé plato kufru.

Obložení umístěné pod přístrojovou deskou, a které není její součástí, může být odstraněno. Je dovoleno odstranit část středového tunelu, která neobsahuje topení, ani jiné ovládací prvky. Originální přístroje (rychloměr apod.) lze vyměnit.



Obr. 4 Obložení přístrojové desky

Originální systém topení může být nahrazen. Kompressor klimatizace (a další prvky klimatizace v souladu se směrnicemi FIA) mohou být odstraněny. Tato modifikace musí být v souladu se směrnicemi FIA.

Koberečky jsou libovolné, a tudíž mohou být odstraněny. Ostatní zvuková izolace a obložení mohou být odstraněny, s výjimkou těch uvedených ve člancích (Dveře) a (Přístrojová deska). K existujícím přepážkám může být přidán izolační materiál pro ochranu posádky před ohněm. Je povoleno odstranit zvukovou izolaci dveří, pokud to neovlivní tvar dveří.

Centrální zamykání může být znefunkčeno, nebo odstraněno.

V případě vozidla se čtyřmi nebo pěti dveřmi může být zvedací mechanismus zadních oken nahrazen zařízením, které uzamkne okna v zavřené poloze.

Motor stěračů musí být na svém originálním místě; umístění, stírací lišty a mechanismus jsou libovolné, ale musí být použit minimálně jeden stěrač. Mechanismus stěrače zadního okna může být odstraněn. Odstranění mechanismu ostřikování předních světlometů je dovoleno.

Mohou být použita pouze sériová čelní skla a čelní skla v souladu se směrnicemi FIA. Je dovoleno použití dalších bezpečnostních upevnění čelního a bočních skel, pokud tato upevnění nezlepšují aerodynamiku vozidla. Spodní obložení čelního skla musí být originální, ale může být místně upraveno v souladu se směrnicemi FIA.

Uchycení nárazníku je libovolné a může být z kompozitních materiálů za předpokladu, že karoserie a tvar a pozice nárazníku zůstane nezměněna. Odstranění externích dekorativních lišt kopírujících tvar vozidla a užších než 55 mm je povoleno.

Vzduchové potrubí (bez modifikací již homologovaných otvorů) může být přidáno v souladu se směrnicemi FIA.

2 PŘEHLED DOSAVADNÍCH ZÁSTUPCŮ

V následující kapitole jsou popsána vozidla upravená pro kategorii Ra5 (v minulosti R1). Nejsou zde popsána všechna vozidla, pouze ta nejrozšířenější či jiným způsobem zajímavá. Veškeré uvedené ceny jsou platné v době vydání automobilu, přepočítané na koruny české s kurzem platným k 10. 4. 2020.

2.1 SOUČASNÍ

Vzhledem k nízkému zájmu o tuto kategorii se závodní týmy soustředí na vozidla vyšších kategorií. Proto je v současné době jediným zástupcem této kategorie Ford Fiesta R1.

2.1.1 FORD FIESTA R1 (2019)

Jedná se o upravený Ford Fiesta ST-line, který byl vytvořen spoluprací Fordu a M-sportu.

Motor:

Řadový tříválcový přeplňovaný motor Ford Ecoboost s 12 ventily o objemu 999 cm³. Maximální výkon činí 111,9 kW při 5 750 n⁻¹ a maximální krouticí moment 200 Nm při 5 000 n⁻¹.

Zavěšení:

Tlumiče s nastavitelnou výškou Bilstein, pružiny Eibach. Volitelné pružiny (Tuhé/Střední/Měkké). Volitelný stabilizátor (Tuhý/Střední/Měkký).

Převodovka:

Pětistupňová sekvenční převodovka Sadev se samosvorným diferenciálem. Tři možná nastavení úhlů ramp diferenciálu pro akceleraci a deceleraci (23/57, 27/57, 32/77). Jednokotoučová spojka AP Racing. Pohon předních kol.

Brzdy:

Třmeny a kotouče z Fiesty ST. Ventilované přední kotouče (pro šotolinu 262 mm v průměru, pro asfalt 278 mm v průměru). Zadní kotouče o průměru 252 mm. Hydraulická ruční brzda s hlavním brzdovým válcem Alcon.

Řízení:

Řízení s elektrickým posilovačem.

Kola:

Kola OZ Racing, rozměr pro šotolinové rallye činí 6x15“, pro asfaltové rallye 6,5x16“.

Elektronika:

Řídicí jednotka Life Racing F88, ukazatel zařazeného rychlostního stupně ECUMASTER se zabudovanou kontrolkou přeřazení. Napájecí jednotka M-Sport.

Rozměry:

Délka 4 065 mm, šířka 1 735 mm, rozvor 2 490 mm, hmotnost 1 030 kg.

Cena:

Cena za přestavbovou sadu činí 26 990 EUR + daň (872 894 Kč), za přestavbovou sadu s automobilem 45 990 EUR + daň (1 487 214 Kč).

[7] [8]



Obr. 5 Ford Fiesta R1 [9]

2.2 OSTATNÍ

Vzhledem k malému zájmu o tuto kategorii rallye existuje spousta vozidel, která nedostala své nástupce v podobě závodní úpravy pro tuto kategorii. Nerozšířenějším zástupcem je Citroen DS3 R1, který je používán i v současnosti a lze jej stále v použitém stavu koupit.

2.2.1 TWINGO RENAULT SPORT R1 (2010)

Šasi:

Ocelový monokok s ochranným rámem.

Motor:

Řadový atmosférický čtyřválcový motor se 16 ventily o objemu 1 598 cm³. Maximální výkon činí 99,2 kW při 6 750 n⁻¹ a maximální krouticí moment 160 Nm při 4 400 n⁻¹.

Převodovka:

Pětistupňová převodovka s otevřeným diferenciálem a produkční spojkou, pohon předních kol.

Zavěšení:

Přední zavěšení: vzpěra typu McPherson.

Zadní zavěšení: Kliková náprava s torzní příčkou a vinutými pružinami.

Brzdy:

Přední kotouče jsou ventilované o průměru 280 mm, zadní kotouče mají průměr 240 mm.

Kola:

Použity jsou hliníkové ráfky o velikosti 6,5x15“ a pneumatiky BFGoodrich 195/50 R15.

Rozměry:

Délka 3 607 mm, přední rozchod 1 460 mm, zadní rozchod 1 430 mm, nádrž 40 l, hmotnost: zatíženo na 1 030 kg (dle regulací).

Cena:

Cena za automobil v době vydání činila 10 900 EUR + daň (352 483 Kč), cena za přestavbovou sadu činila 9 500 EUR + daň (307 246 Kč). Celková cena tedy činila 659 729 Kč.

[10]



Obr. 6 Twingo Renault Sport R1 [11]

2.2.2 CITROEN DS3 R1 (2012)

Motor:

Řadový atmosférický čtyřválcový motor se 16 ventily o objemu 1 598 cm³. Maximální výkon činí 93,2 kW při 6 000 n⁻¹ a maximální krouticí moment 165 Nm při 4 200 n⁻¹.

Převodovka:

Byla použita pětistupňová převodovka s metalokeramickou spojkou, pohon přených kol.

Zavěšení:

Přední zavěšení: vzpěra typu McPherson.

Zadní zavěšení: Kliková náprava s torzní příčkou.

Tlumiče Citroen Racing, vinuté pružiny.

Brzdy:

Přední kotouče jsou ventilované o průměru 266 mm, zadní kotouče mají průměr 247 mm.

Kola:

Byly použity ráfky o velikosti 6,5x16“, rozměr pneumatik činí 200/60 R16.

Rozměry:

Délka: 3 948 mm, šířka 1 715 mm, rozvor 2 465 mm, přední rozchod 1 520 mm, zadní rozchod 1 490 mm, hmotnost 1 180 kg, nádrž 50 l.

Cena:

Cena byla stanovena na 25 000 EUR + daň (808 539 Kč).

[12]



Obr. 7 Citroen DS3 R1 [13]

2.2.3 TMG YARIS R1 (2012)**Motor:**

Řadový atmosférický čtyřválcový motor se 16 ventily o objemu 1 330 cm³. Maximální výkon dosahuje 73,8 kW a maximální krouticí moment činí 125 Nm.

Převodovka:

Byla ponechána originální šestistupňová převodovka a diferenciál, koncový převod byl zkrácen.

Pohon předních kol.

Zavěšení:

Závodní tlumiče a adaptivní pružiny s nastavitelnou světlou výškou.

Rozměry:

Délka 3 885 mm, šířka 1 695 mm, výška 1 510 mm, rozvor 2 510 mm, hmotnost cca 1 000 kg.

Cena:

Cena byla stanovena na 22 500 EUR + daň (727 511 Kč) a poplatek za instalaci.

[14]



Obr. 8 Citroen DS3 R1 [15]

2.3 BEZ MEZINÁRODNÍ HOMOLOGACE

Spousta vozidel této kategorie byla postavena pro lokální závody a poháry, a proto disponuje pouze lokální homologací. Existuje spousta takových vozidel, ovšem v této kapitole byla vybrána pouze rozšířená či jinak zajímavá vozidla.

2.3.1 MAZDA 2 R1 (2019)

Mazda 2 R1 byla postavena mexickým závodním týmem GHR Motorsport. Vozidlo bylo navrženo podle lokálních regulací FIA NACAM, které jej opravňují k závodění v Severní, Střední a části Jižní Ameriky.

Vozidlo je poháněno čtyřválcovým atmosférickým řadovým motorem Skyaktiv-G o objemu 1 496 cm³, který disponuje maximálním výkonem 93,2 kW při 7 500 n⁻¹ a maximálním krouticím momentem 162,7 Nm při 5 500 n⁻¹. Vozidlo disponuje ochranným rámem, 16" koly Braid s pneumatikami Pirelli Trofeo 205/50 R16, závodními sedačkami Sabelt Taurus a přemapovanou řídicí jednotkou. Předpokládaná hmotnost vozidla je 1 100 kg.

Cena byla odhadnuta na 33 000 USD (942 105 Kč).

[16] [17]

2.3.2 RENAULT TWINGO R1 EVO (2016)

Renault Twingo R1 EVO bylo vyvinuto díky spolupráci Renault Sport s Italským importérem značky Renault. Vozidlo je homologováno pro Italský pohár, jinou homologací nedisponuje.

Přeplňovaný tříválcový řadový motor 0,9 TCe o objemu 898 cm³, který disponuje maximálním výkonem 94 kW při 5 500 min⁻¹ a maximálním krouticím momentem 215 Nm při 3 150 min⁻¹, je umístěn vzadu za zadní nápravou a pohání zadní kola. Těchto parametrů bylo dosaženo především díky úpravě sacího a výfukového potrubí a přemapované řídicí jednotce.

Převodovka je sériová, ovšem je použit kratší stálý převod. Dále byly použity nastavitelné tlumiče, hydraulická ruční brzda, bezpečností palivová nádrž a 16" kola.

Cena za automobil a přestavbovou sadu činí 36 000 EUR bez daně (1 183 440 Kč).

[18]

2.3.3 SUZUKI SWIFT R1 (2018)

Suzuki Swift R1 disponuje pouze italskou homologací, rovněž v Itálii probíhá pohár určený pouze pro Swift R1.

Vozidlo disponuje řadovým přeplňovaným tříválcovým motorem 1.0 Boosterjet nalaďeným na maximální výkon 83,5 kW a maximální krouticí moment 160 Nm a pětistupňovou převodovkou. V závislosti na množství úprav je prodáváno ve třech specifikacích, a to Base, Evo a Top. Cena těchto specifikací je 15 900 EUR, 18 130 EUR a 23 570 EUR (bez daně), to znamená 522 810 Kč, 596 029 Kč, a 774 870 Kč. Za příplatek lze dokoupit tlumiče Ohlins s jednocestným nastavením za 1 999 EUR, popřípadě se třicestným nastavením za 5 570 EUR. K tomu je nutno připočítat poplatek 175 EUR za montáž.

[19]

2.4 PŘEHLED NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH PARAMETRŮ UVEDENÝCH ZÁSTUPCŮ

V následující tabulce jsou pro přehlednost uvedeny nejdůležitější parametry uvedených zástupců, tedy rok vydání, maximální výkon a krouticí moment, hmotnost, délka, rozvor a cena. Veškeré uvedené ceny jsou platné v době vydání automobilu, a to včetně daně, přepočítané na koruny české s kurzem platným k 10. 4. 2020.

Tab. 1 Nejdůležitější parametry uvedených zástupců

Vozidlo	Rok	Maximální výkon [kW]	Maximální krouticí moment [Nm]	Hmotnost [kg]	Délka [mm]	Rozvor [mm]	Cena [Kč]
Ford Fiesta R1	2019	111,9	200	1 030	4 065	2 490	1 487 214
Twingo Renault Sport R1	2010	99,2	160	1 030	3 607	2 365	659 729
Citroen DS3 R1	2012	93,2	165	1 180	3 948	2 465	808 539
TMG Yaris R1	2012	73,8	125	~1 000	3 885	2 510	727 511 + instalace
Mazda 2 R1	2019	93,2	162,7	1 100	4 060	2 570	942 105
Renault Twingo R1 EVO	2016	94	215	Neuvedeno	3 595	2 492	1 183 440
Suzuki Swift R1	2018	83,5	160	Neuvedeno	3 842	2 450	963 734 (nejvyšší verze)

3 PRŮZKUM TRHU A STANOVENÍ POŽADAVKŮ NA VOZIDLO

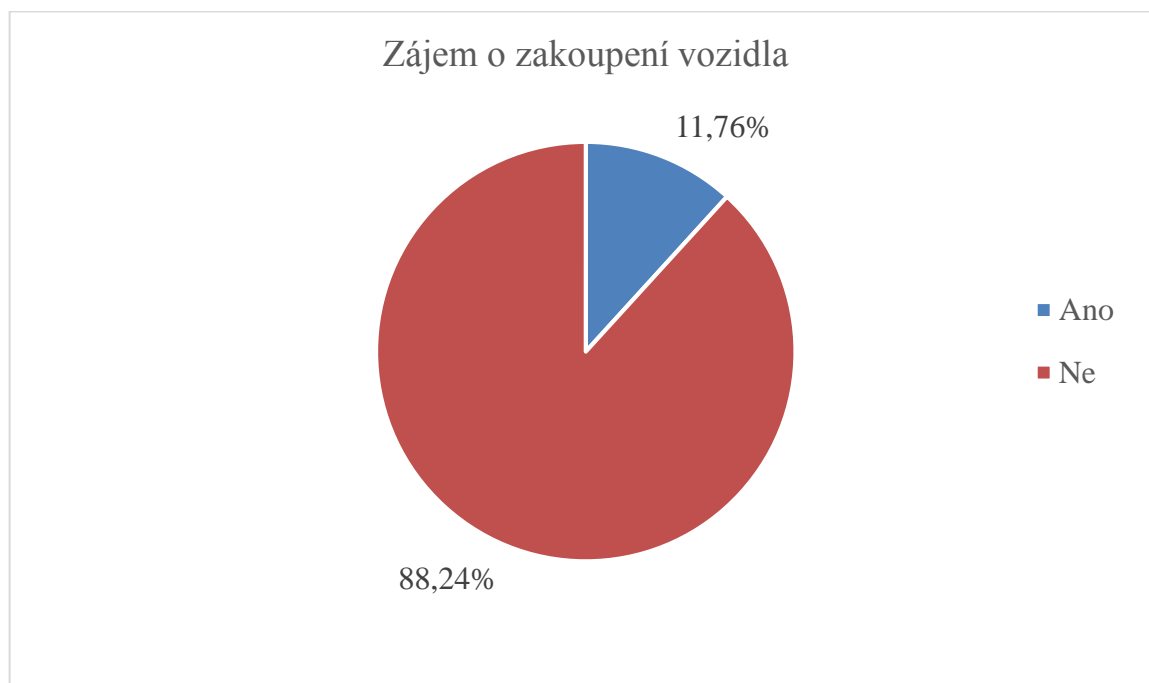
Průzkum trhu a stanovení požadavků na vozidlo byly provedeny za pomoci Google dotazníku. Tento dotazník byl rozeslán potenciálním zájemcům o vozidlo, bývalým či současným jezdci rallye, členům závodních týmů, činovníkům, hobby jezdci či fanouškům. Průzkumu se zúčastnilo 17 respondentů.

V rámci průzkumu byl zjišťován vztah respondenta k motorsportu, zájem o koupi či pronájem vozidla, akceptovatelná cena za toto vozidlo a osobní preference ohledně vozidla. Při výběru preferencí měli respondenti možnost zvolit více možností.

Pouze 11,76 % dotázaných uvedlo, že má potenciální zájem o koupi či pronájem vozidla kategorie Ra5. I přes nízký zájem má smysl tento koncepční návrh vytvořit. Byla by vhodná realizace lokálního poháru přímo pro toto vozidlo, popřípadě náborový pohár pro začínající jezdce za podpory některé závodní organizace, popřípadě přímo výrobce, s možností postupu do vyšší kategorie či získání sponzorství.

Průměrná částka za vozidlo této kategorie, která je dle respondentů akceptovatelná, činí 876 471 Kč, nicméně tato částka se mezi respondenty výrazně lišila, proto budou vytvořeny dva koncepční návrhy – levnější a dražší – aby bylo možno oslovit širší portfolio potenciálních zákazníků.

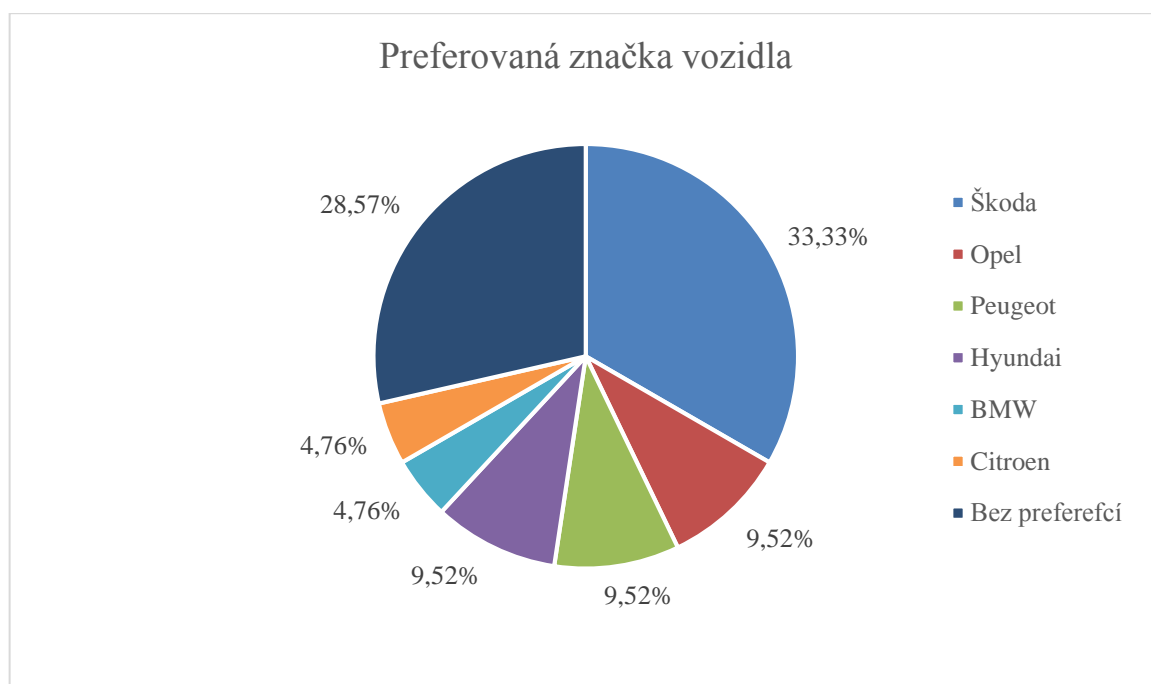
Většina respondentů neuvedla žádné osobní preference. Ti, kteří své preference na konkrétní výrobce komponent uvedli, se navzájem velmi liší, a tudíž je nelze do koncepčního návrhu aplikovat. Výjimku činí pouze preference na značku vozidla. Nejvíce preferovaným výrobcem byla Škoda.



Graf 1 Zájem o zakoupení vozidla



Graf 2 Akceptovatelná cena za vozidlo



Graf 3 Preferovaná značka vozidla

4 VÝBĚR VOZIDLA S DETAILNÍM POPISEM ÚPRAV

4.1 OBECNÉ

4.1.1 VOZIDLO

Výběr vozidla kategorie Ra5 je limitován dvěma hlavními faktory – maximálním objemem motoru a minimální hmotností. Maximální objem přeplňovaného motoru činí 1 333 cm³ a maximální objem atmosférického motoru činí 1 600 cm³. Toto omezení limituje výběr automobilu na segment A, segment B a segment C, tedy miniautomobily, malé automobily a nižší střední třídu. Ve vozidlech vyšších segmentů se používají motory s vyšším objemem, tudíž musí být vyloučeny. Dalším důležitým faktorem při výběru vozidla je minimální hmotnost. Pro vozidla s atmosférickým motorem nebo přeplňovaným motorem do 1 067 cm³ činí 1 030 kg, pro vozidla s přeplňovaným motorem nad 1 067 cm³ činí 1 080 kg. Hmotnost vozidel segmentu A se obecně pohybuje mezi 930–1 030 kg, hmotnost vozidel segmentu B mezi 1 060–1 270 kg a hmotnost vozidel segmentu C mezi 1 220–1 420 kg. [20] Vozidlo by mělo v ideálním případě dosahovat přesně minimální hmotnosti, jelikož při nižší hmotnosti lépe akceleruje a deceleruje, je schopno přenášet větší boční síly a je lépe ovladatelné. Toto kritérium eliminuje vozidla segmentu C, neboť mají příliš vysokou hmotnost. Dalším důležitým faktorem při výběru je dobrá dostupnost vozidla i náhradních dílů. Rozhodující je také cena automobilu, která by měla být co nejnižší. Za výhodu je také považována modularita dílů, díky které lze jednoduše a bez větších úprav zaměňovat díly z výkonnějších verzí automobilu.

Jako ideální se jevil Volkswagen Up! GTI. Toto vozidlo má malé rozměry, nízkou hmotnost a relativně vysokou dostupnost dílů z koncernu Volkswagen. Překážkou je však fakt, že verze GTI se pojí s vysokou výbavou, která je zbytečná, jelikož spousta dílů by byla odstraněna, nebo vyměněna. Tato verze stojí 399 990 Kč, což je pro tento koncepční návrh příliš vysoká částka. [21]

Další možností byl Volkswagen Polo 1.0 TSI 70 kW nebo 81 kW. V těchto motorizacích jej lze zakoupit s relativně nízkým stupněm výbavy, což se jeví jako ideální, avšak cena byla stále příliš vysoká. Proto byla zvolena Škoda Fabia, která s Polem sdílí velkou část dílů včetně motoru a převodovky, ovšem je podstatně levnější. Škoda také byla nejvíce preferovaným výrobcem vozidla mezi respondenty průzkumu trhu. [21]

Zmíněné motorizace jsou téměř totožné, liší se použitou převodovkou – méně výkonná varianta využívá pětistupňovou manuální převodovku, výkonnější verze disponuje šesti převodovými stupni. Výkonnější varianta disponuje sodíkem plněnými výfukovými ventily a materiálem turbínové skříně turbodmychadla s vyšší teplotní odolností. Méně výkonnou variantu lze zakoupit v nejnižším výbavovém stupni Active, výkonnější varianta se pojí s výbavovým stupněm Ambition a vyšším. [22] [23]

Vzhledem k faktu, že softwarová úprava řídicí jednotky je pro obě varianty totožná (křivky maximálního výkonu i krouticího momentu v celém spektru otáček jsou totožné) předpokládám, že i méně výkonná varianta motoru je dostatečně dimenzovaná. Dále ji lze

zkombinovat s nejnižší možnou výbavou, která je podstatně levnější. Proto byla zvolena varianta o výkonu 70 kW, kterou lze nakombinovat s nejnižší možnou výbavou Active.



Obr. 9 Škoda Fabia Active [24]

4.2 ROZMĚRY, HMOTNOST

Rozměry vybraného vozidla jsou zaneseny v následující tabulce:

Tab. 2 Rozměry vybraného vozidla [25]

Rozměr	Hodnota [mm]
Délka	3 983
Šířka celková	1 958
Šířka bez zrcátek	1 732
Výška	1 467
Rozvor	2 455
Rozchod přední	1 463
Rozchod zadní	1 457
Převis přední	852
Převis zadní	676

Další veličiny vybraného vozidla jsou zaneseny v následující tabulce:

Tab. 3 Další veličiny vybraného vozidla [25]

Veličina	Rozměr
Nájezdový úhel přední	14,4°
Nájezdový úhel zadní	17,4°
Hmotnost	1 035 kg

4.3 MOTOR

Plastové kryty motoru budou z důvodu snížení hmotnosti odebrány.

Izolační materiál pod kapotou bude z důvodu snížení hmotnosti odebrán.

4.3.1 PŘEPLŇOVÁNÍ

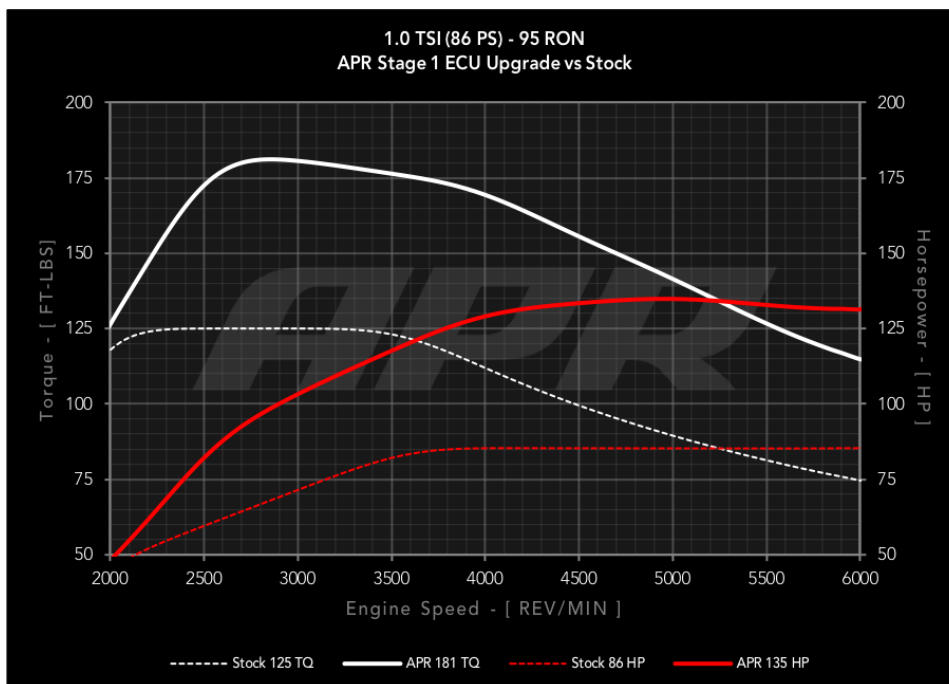
System přeplňování musí dle regulací zůstat původní.

Chladič stlačeného vzduchu bude vyměněn. Nový díl bude použit z Volkswagenu Polo GTI. Vzhledem k většímu objemu jádra zajistí lepší chlazení stlačeného vzduchu, který po ochlazení zvýší svou hustotu. Díky tomu lze do spalovacího prostoru dostat větší množství vzduchu, což zvyšuje výkon a krouticí moment motoru.

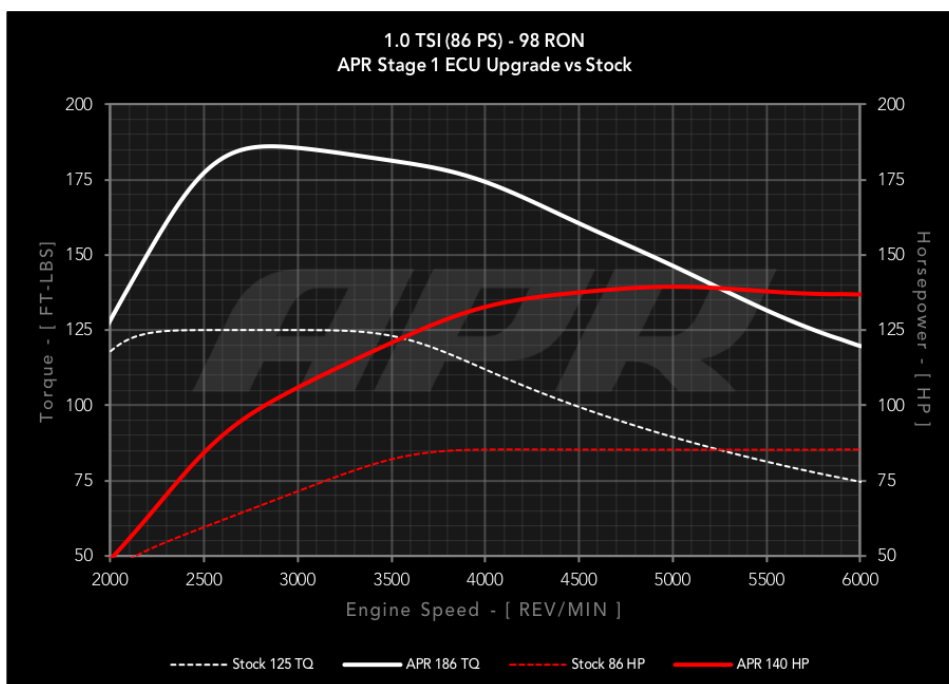
Vedení vzduchu k novému chladiči bude poskládáno ze silikonového potrubí a hliníkových spojek.

4.3.2 VSTŘIKOVÁNÍ

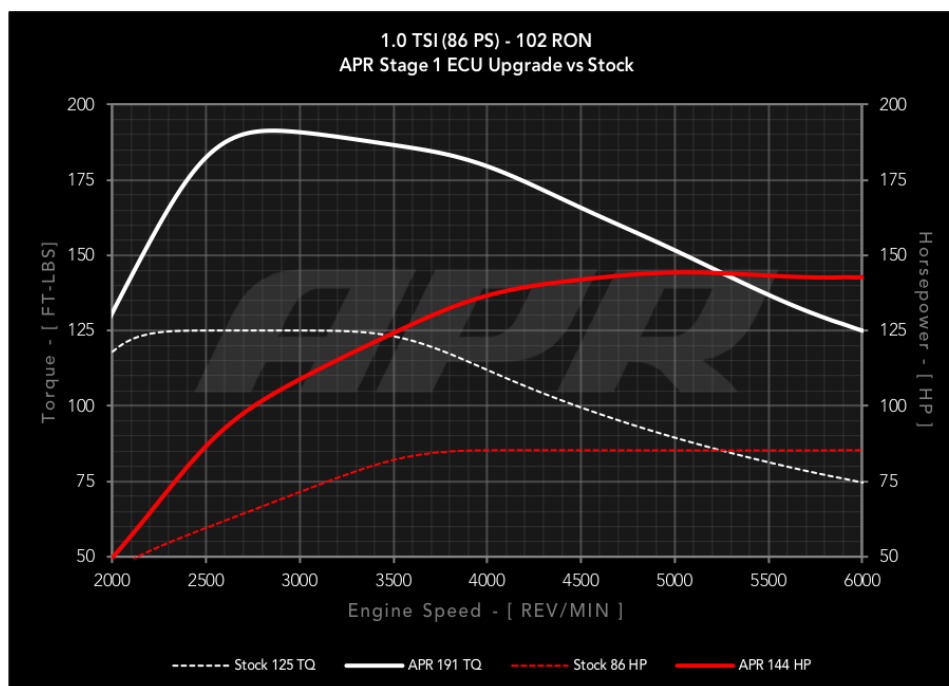
Bude použita nová mapa pro řídicí jednotku od úpravce APR. Při použití 95 oktanového benzínu lze dosáhnout maximálního výkonu až 100,7 kW a maximálního krouticího momentu až 245,4 Nm. V případě 98 oktanového benzínu lze dosáhnout maximálního výkonu až 104,4 kW a maximálního krouticího momentu až 252,2 Nm. Při použití 102 oktanového benzínu lze dosáhnout maximálního výkonu až 107,4 kW a maximálního krouticího momentu až 259 Nm. Nárůst výkonu a krouticího momentu v závislosti na použitém palivu v celém spektru otáček lze vidět na následujících obrázcích:



Obr. 10 Křivky výkonu a krouticího momentu, 95 RON [26]



Obr. 11 Křivky výkonu a krouticího momentu, 98 RON [27]



Obr. 12 Křivky výkonu a kroutícího momentu, 102 RON [28]

4.3.3 VZDUCHOVÝ FILTR

Originální vzduchový filtr bude vyměněn za filtr K&N, který umožňuje snadnější průtok vzduchu. Tento filtr je omyvatelný, tudíž má vyšší životnost než filtr papírový. Snazší průtok vzduchu sacím potrubím také nepatrně zvyšuje výkon a kroutící moment motoru.

4.3.4 Výfukové potrubí

Výfukové potrubí bude vyměněno. Vyrobeno bude z trubek z nerezové oceli o průměru 50 mm a síle 1 mm, několika kolen, vlnovců, tlumiče a úchytů. Tvarem bude kopírovat původní potrubí. Katalyzátor bude posunut dále od motoru, což zamezí jeho přehřívání a degradaci. Budou použity díly pro odstínění tepla generovaného tímto potrubím. Toto potrubí bude mít nižší hmotnost, vylepší akustický projev vozidla a může nepatrně zvýšit výkon a kroutící moment motoru.

4.3.5 ZAPALOVÁNÍ

Zapalovací svíčky budou vyměněny za závodní svíčky s vyšším odvodem tepla, které zaručí správnou funkci zážehu směsi i při vysokých teplotách a zatíženích. Použití svíček s vyšším odvodem tepla také zmenší náchylnost motoru vůči samozápalům.

4.3.6 CHLAZENÍ VODY MOTORU

Chladič vody motoru a jeho ventilátor budou vyměněny. Nové díly budou použity z Volkswagenu Polo GTI. Tento chladič zajistí efektivnější chlazení chladicího média a zabrání přehřívání motoru, které by mohlo vést k poškození motoru.

Vedení chladicího média bude poskládáno ze silikonových hadic a hliníkových spojek.

4.4 PALIVOVÝ OKRUH

4.4.1 PALIVOVÁ NÁDRŽ A PALIVOVÝ OKRUH

Palivová nádrž bude vyměněna. Použita bude nádrž ATL s kapacitou 60 l a homologací FIA. Současně bude vyměněno i palivové vedení za vedení s nerezovým opletem. Dále bude nainstalován kryt nádrže vyrobený z hliníku. Tato opatření snižují riziko požáru. Oplétané palivové vedení má vyšší odolnost proti prodření a odletujícím kamenům.



Obr. 13 Palivová nádrž ATL [29]

4.5 ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ

4.5.1 BATERIE

Baterie bude vyměněna. Použita bude baterie Odyssey PC 950. Jedná se o bezúdržbovou baterii suchého typu, která je odolná vůči vibracím a je schopna pracovat v širokém rozpětí teplot. Použití této baterie povede ke snížení hmotnosti. Tato baterie bude uchycena pomocí držáku, který zajistí její bezpečné uchycení a zamezí pohybu baterie.

4.6 PŘEVODY

4.6.1 SPOJKA

Originální spojka bude vyměněna za sadu Sachs-Rensport, která obsahuje zesílený přítlačný talíř a kovokeramickou lamelu. Závodní spojky jsou schopny přenášet vyšší krouticí moment než spojky sériové používající lamely z organického materiálu. Mají také vyšší teplotní

odolnost, mohou tedy pracovat velmi efektivně i při vysokých teplotách a dlouhodobém zatížení.

4.6.2 PŘEVODOVKA

Sériová manuální převodovka bude v dražším koncepčním návrhu vyměněna za sekvenční převodovku Sadev. Sekvenční převodovka umožňuje řazení převodových stupňů při zatížení a bez nutnosti rozepínání spojky, což umožní rychlejší změnu převodových stupňů a eliminaci prodlevy přenosu krouticího momentu na kola při řazení. Sekvenční převodovka je schopna měnit převodové stupně pouze po jednom, což eliminuje možnost nechtěného zařazení nesprávného převodového stupně.

V levnějším koncepčním návrhu bude ponechána sériová převodovka. Tato převodovka je konstruována na maximální krouticí moment 200 Nm, který bude překročen, nicméně úpravce řídicí jednotky specifikuje, že není třeba převodovku měnit. Pokud by se však vyskytly potíže, je možno převodovku zaměnit. Použita by byla převodovka MQ250 s maximální únosností 250 Nm.

4.6.3 KONCOVÝ PŘEVOD

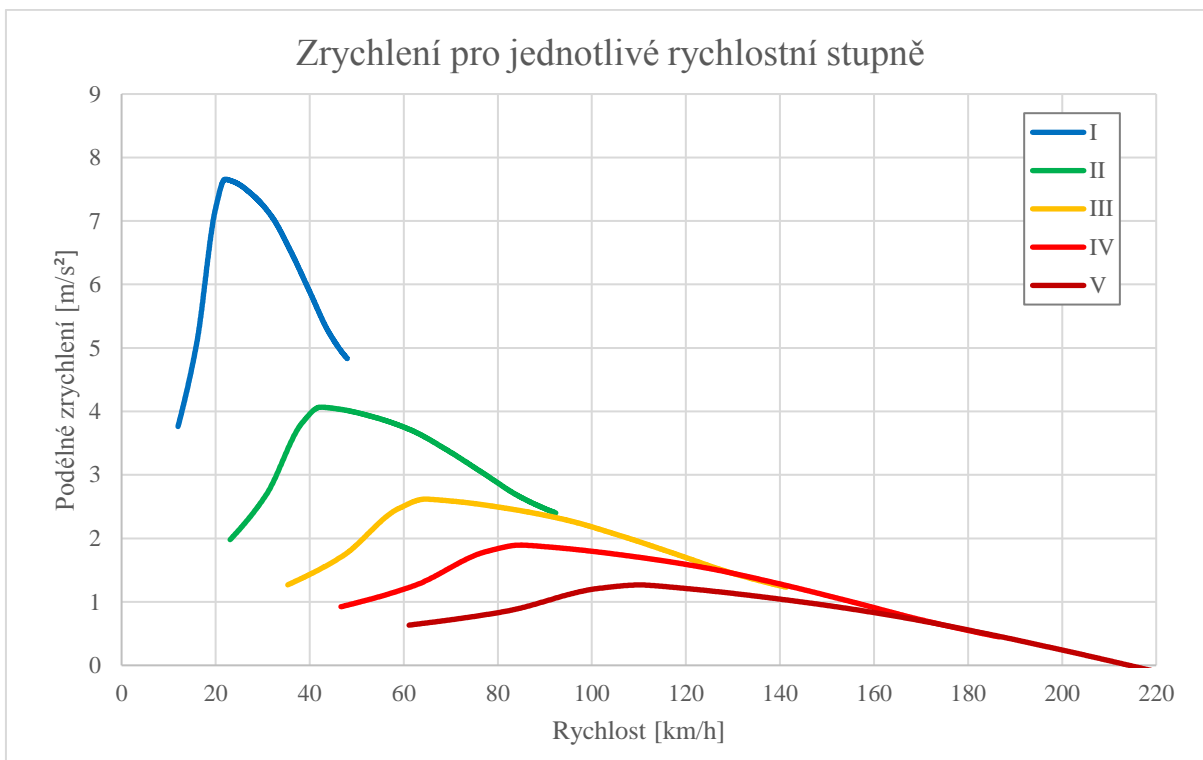
Původní koncový převod bude zaměněn za koncový převod s vyšším převodovým poměrem RSX Racing. Originální koncový převod disponuje převodovým poměrem 3,625 a nový koncový převod může být dodán s převodovým poměrem 4,71 nebo 4,93 dle přání zákazníka, popřípadě dle charakteristiky tratí. Vyšší převodový poměr koncového převodu zvyšuje maximální krouticí moment na kolech, snižuje maximální rychlost vozidla, ale zlepšuje jeho akceleraci. Tato úprava bude provedena pouze v levnější verzi koncepčního návrhu, jelikož u dražší verze je koncový převod vyměněn v rámci převodovky.

Vzhledem k tomu, že úpravce řídicí jednotky udává charakteristiky motoru pouze do 6000 n^{-1} , byly následující výpočty provedeny pouze do otáček motoru 6000 n^{-1} :

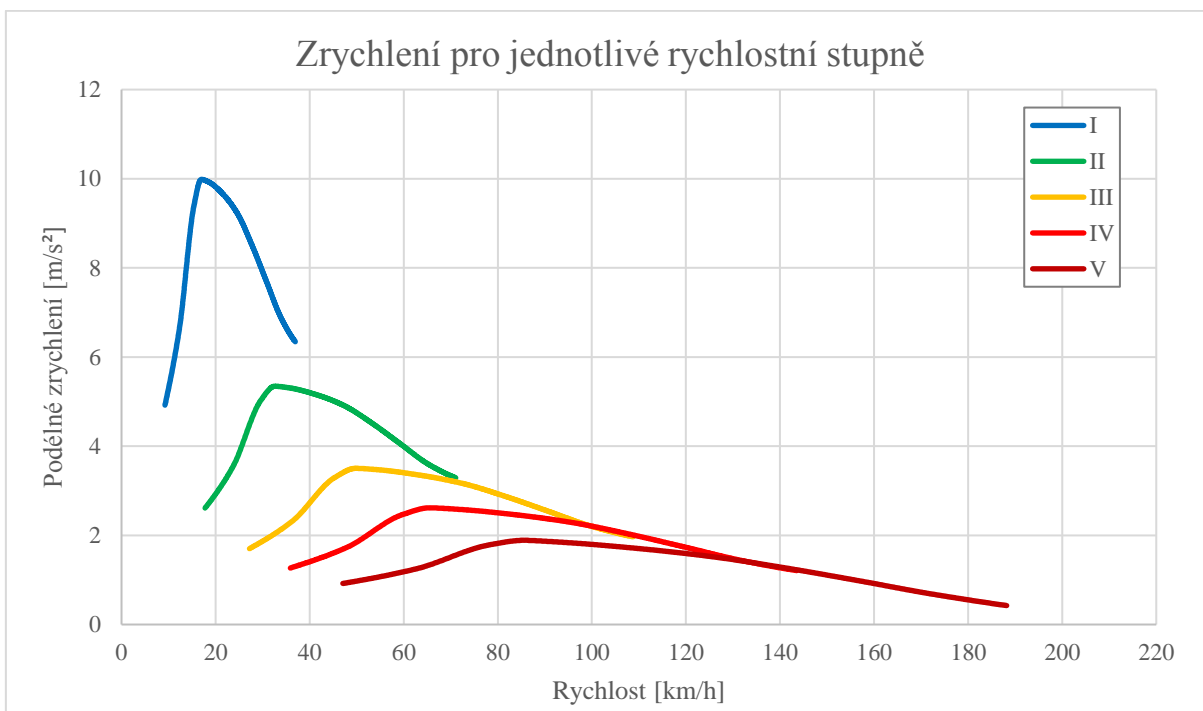
Maximální rychlost na nejvyšší převodový stupeň se sériovým koncovým převodem: 214,2 km/h.

Maximální rychlost na nejvyšší převodový stupeň s koncovým převodem 4,71: 188,2 km/h.

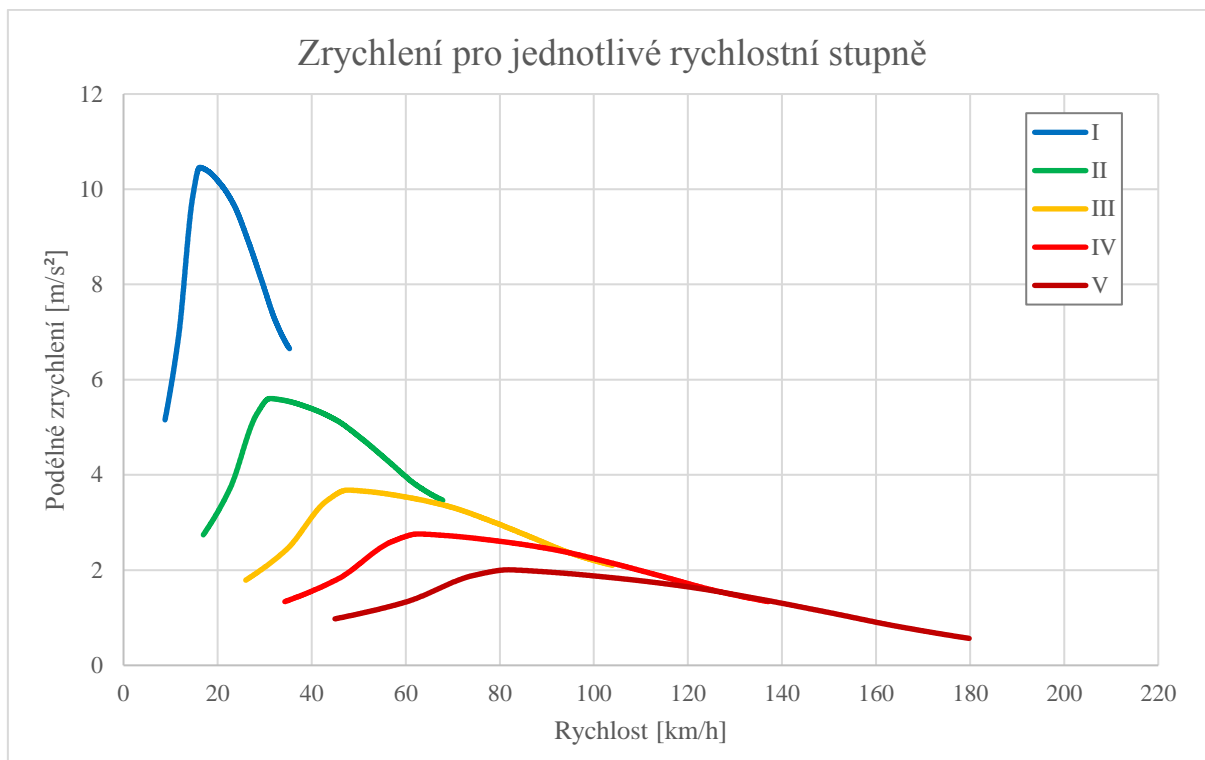
Maximální rychlost na nejvyšší převodový stupeň s koncovým převodem 4,93: 177,3 km/h.



Graf 4 Zrychlení vozidla se sériovým koncovým převodem



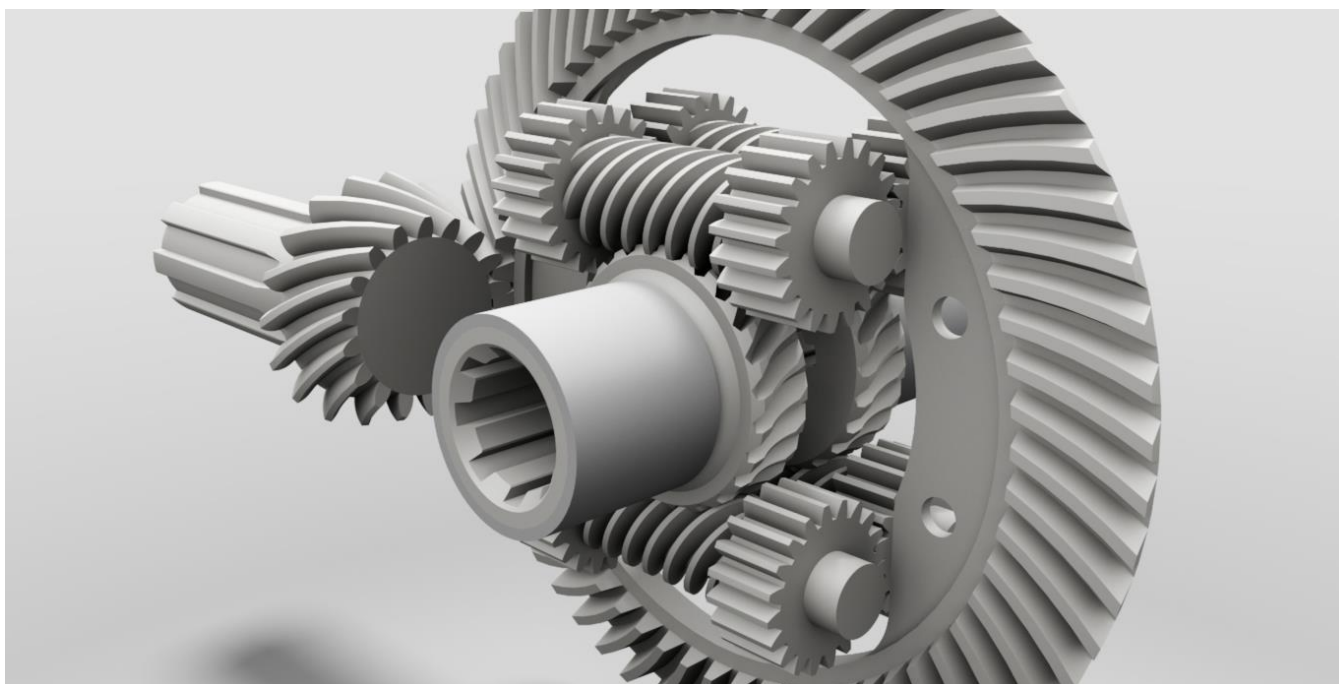
Graf 5 Zrychlení vozidla s koncovým převodem 4,71



Graf 6 Zrychlení vozidla s koncovým převodem 4,93

4.6.4 DIFERENCIÁL

Původní otevřený diferenciál bude vyměněn za diferenciál s omezenou svorností Quaife. Otevřený diferenciál rozděluje krouticí moment rovnoměrně mezi obě hnaná kola. Pokud má jedno z těchto kol velmi malou trakci (nachází se na povrchu s nízkým koeficientem tření), diferenciál přenáší z motoru na kola velmi nízký krouticí moment. Tuto nevýhodu eliminuje diferenciál s omezenou svorností, který je schopen posílat větší krouticí moment na kolo s větší trakcí. Tato úprava bude provedena pouze v levnější verzi koncepčního návrhu, jelikož u dražší verze je diferenciál vyměněn v rámci převodovky.



Obr. 14 Diferenciál s omezenou svorností typu Torsen [30]

4.7 ZAVĚŠENÍ

4.7.1 PRUŽINY A TLUMIČE

Pružiny, tlumiče a horní uložení budou vyměněny za sadu Protlum Top Race 3. Tato sada umožňuje změnu světlé výšky i třicestnou regulaci (vysokorychlostní regulace komprese, pomalorychlostní regulace komprese, regulace roztahovacího útlumu). Tyto možnosti nastavení umožňují přesné nastavení v závislosti na povrchu trati a dosažení co nejlepšího styku pneumatik s povrchem. Tlumiče jsou vybaveny externí vyrovnávací nádobkou, která zabraňuje pění oleje a jeho promíchání se vzduchem. Tlumiče jsou vyrobeny z vysokopevnostních materiálů, a proto můžeme očekávat vyšší životnost než u tlumičů sériových.



Obr. 15 Tlumič Protlum Top-race [31]

4.8 PODVOZEK

4.8.1 KOLA A PNEUMATIKY

Sériová kola budou vyměněna. Dražší verze koncepčního návrhu bude mít k dispozici dvě sady kol a pneumatik, pro použití na šotolině a pro použití na asfaltu. Pro užití na šotolině byla vybrána kola Evo Corse Sanremo v rozměru 6“x15“, na která budou obuty pneumatiky Michelin TL 80 14/62. Pro užití na asfaltu byla vybrána kola Evo Corse Sanremo Corse v rozměru 6,5“x15“. Na těchto kolech budou obuty pneumatiky Michelin Pilot Sport R 19/60. Levnější verze koncepčního návrhu bude disponovat pouze sadou kol určenou na asfalt. Tato kola sníží neodpruženou hmotnost automobilu, což se kladně projeví na dynamice vozidla. Tato kola jsou také výrazně odolnější, tudíž by měla vydržet silné nárazy. Jsou také konstruována tak, aby zabránila „vyzutí“ pneumatiky při přenášení bočních sil a aby byla schopna jízdy s defektem pneumatiky bez většího poškození.



Obr. 16 Kolo Evo Corse Sanremo [32]

4.8.2 BRZDOVÝ SYSTÉM

Řídicí jednotka systému ABS bude odstraněna. Brzdové vedení bude nahrazeno pancéřovým vedením s nerezovým opletem. Toto vedení je odolnější vůči poškození, které může být způsobeno odletujícími kamením. Toto vedení má při intenzivním brždění menší tendenci k rozpínání, čímž zajistíme konstantní zpětnou vazbu brzdového pedálu a lepší brzdový účinek.

V předním nárazníku budou vytvořeny dva otvory sloužící k přívodu vzduchu k předním brzdám. Toto potrubí bude vyrobeno z flexibilního silikonového potrubí. Díky tomu budou komponenty brzd pracovat při nižších teplotách, což prodlouží jejich životnost. Brzdy budou také odolnější vůči vadnutí a budou schopny poskytovat konstantní brzdový účinek i při intenzivním brždění.

4.8.3 BRZDOVÁ KAPALINA

Brzdová kapalina bude vyměněna za závodní brzdovou kapalinu Motul RBF 660. Tato kapalina disponuje suchým bodem varu 325 °C a mokrým bodem varu 204 °C. [33] Vysoký bod varu brzdové kapaliny zabraňuje jejímu vypařování při intenzivním brždění, které výrazně snižuje brzdový účinek.

4.8.4 RUČNÍ BRZDA

Ruční brzda bude nahrazena ruční brzdou hydraulickou. Vybraná ruční brzda HPP je vybavena vlastním brzdovým válcem. Tato brzda bude zapojena do brzdového okruhu konvenčních brzd, který bude přepracován tak, aby se při zatažení ruční brzdy blokovala pouze zadní kola.



Obr. 17 Hydraulická ruční brzda HPP [34]

4.8.5 KOTOUČE A TŘMENY

Pro šotolinové rallye je povolen rozměr kol 15“, proto budou přední ventilované kotouče o průměru 256 mm ponechány, stejně jako brzdové třmeny. Brzdové desky budou vyměněny za desky EBC Greenstuff, které poskytují vyšší brzdny účinek.

Pro asfaltové rallye je povolen rozměr kol 16“, proto můžeme přední kotouče vyměnit za ventilované kotouče Brembo o rozměru 288 mm. Originální brzdové třmeny budou zaměněny za třmeny Elstock, které jsou kompatibilní s větším průměrem těchto kotoučů, které jsou použity ve výkonnější verzi Škody Fabia. Opět budou použity brzdové desky EBC Greenstuff. Tato úprava bude použita pouze u dražší verze automobilu, levnější verze využije pro oba typy rallye původní brzdové kotouče i třmeny.

Originální zadní brzdový systém, který využívá bubnové brzdy, bude vyměněn za systém s kotoučovými brzdami. Zadní kotouč, třmen i ochranný plech budou použity z výkonnější verze Škody Fabia. Budou použity brzdové desky EBC Greenstuff.

Tyto úpravy brzdového systému zajistí vyšší brzdny účinek i lepší odvod tepla generovaného při brždění, což má za následek menší vadnutí brzd při intenzivním brždění. Také umožní použití hydraulické ruční brzdy.

4.8.6 VOLANT

Původní volant bude vyměněn za volant RRS Rally. Pro jeho upevnění na volantovou tyč bude použit rychloupínací náboj, který umožňuje rychlé odepnutí volantu. Systém zamykání volantu bude vyřazen z činnosti.

Tlačítko klaksonu bude umístěno pod volantem pomocí adaptéru.

4.9 KAROSERIE

4.9.1 ZVEDÁK

Původní zvedák bude vyměněn za zvedák EVOcrk, který umožňuje rychlé zvednutí vozidla.



Obr. 18 Zvedák EVOcrk [35]

4.9.2 OCHRANA PODVOZKU

Budou nainstalovány ochranné díly podvozku pro části vozidla, které by mohly být při provozu vozidla poškozeny. Jedná se především o motor, chladič, převodovku, nádrž, výfukové potrubí, hřídele a systém řízení.

Tyto ochranné díly budou vyrobeny z hliníkových plechů. Tyto díly budou také sloužit k dovážení vozidla na minimální hmotnost a snížení výšky těžiště vozidla.

4.9.3 OCHRANNÝ RÁM

Do vozidla bude nainstalován ochranný rám, který je vyžadován směrnici FIA. Tento rám v případě nehody snižuje deformaci vozidla a poskytuje posádce prostor potřebný k přežití. Je také schopen pohltit část energie při nárazu a zmenšit tak deceleraci působící na posádku. Rám také zvyšuje torzní tuhost karoserie.

4.9.4 SEDAČKY A PÁSY

Sedačky řidiče a spolujezdce budou vyměněny za skořepinové sedačky Sparco Rev QRT. Ty budou k pojezdovým ližinám připevněny pomocí adaptéru. Tyto sedačky mají nižší hmotnost, poskytují dostatečné boční vedení posádky, umožňují použití vícebodových pásů a zvyšují bezpečnost posádky.



Obr. 19 Závodní skořepinové sedadlo Sparco Rev QRT [36]

Bezpečnostní pásy budou vyměněny za šestibodové pásy RRS R6, které zajišťují vysokou bezpečnost posádky v případě nehody. Dále také eliminují nechtěný pohyb posádky v sedačkách.

Zadní sedačky i bezpečnostní pásy budou z důvodu snížení hmotnosti a instalace ochranného rámu odstraněny.

V levnější verzi koncepčního návrhu budou použity přední sedačky OMP TRS-E, které mají oproti sedačkám Sparco Rev QRT vyšší hmotnost.

4.9.5 DOPLŇKOVÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ INTERIÉRU

Bude použit automatický hasicí systém RRS ECO FIREX, jehož použití vyžadují regulace nové kategorie Ra5. Dále bude nainstalován ruční hasicí přístroj RRS obsahující 2 kg prášku.



Obr. 20 Hasicí systém RRS [37]

Plato kufru, spodní část přístrojové desky, části středového tunelu, části klimatizace, koberečky, zvuková izolace a obložení budou odstraněny. Tato úprava sníží výslednou hmotnost vozidla.

4.9.6 DALŠÍ VNĚJŠÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

Mechanismus stěrače zadního okna bude z důvodu snížení hmotnosti odstraněn.

4.10 ZACHOVANÉ DÍLY

Některé díly vozidla (především podvozkové) mohou být v rámci regulací kategorie Ra5 zesíleny či vyměněny. Pro tyto díly bude potřeba provést výpočet, který ověří, zdali jsou originální díly dostatečně dimenzované, nebo by bylo vhodné je zesílit či vyměnit.

Pakliže jsou díly dostatečně či vhodně navrženy výrobcem, budou ponechány, a to i z důvodu finančních úspor.

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH OCHRANNÉHO RÁMU

Informace v následující kapitole byly převzaty z oficiálních řádů FIA [38].

5.1 VÝKLAD REGULACÍ FIA PRO OCHRANNÉ RÁMY

5.1.1 OBECNÉ

Instalace ochranného rámu je povinná, pakliže není řečeno jinak, a musí být:

- a) fabrikován v souladu s požadavky uvedenými níže,
- b) homologován nebo certifikován ASN podle homologace FIA pro ochranné rámy,
- c) homologován FIA dle regulací pro ochranné rámy.

Jakékoli modifikace homologovaného nebo certifikovaného rámu jsou zakázány. Modifikací je myšlen proces změny rámu obráběním nebo svařováním, který permanentně ovlivní materiál nebo rám samotný. Veškeré opravy homologovaného nebo certifikovaného rámu poškozeného v případě nehody musí být provedeny výrobcem rámu, nebo s jeho povolením.

Chromování celého rámu nebo jeho částí je zakázáno. Vzpěry rámu nesmí vést kapalinu nebo jiné předměty. Ochranný rám nesmí překážet nástupu nebo výstupu posádky do vozidla.

Prostorem mezi rámem a šasi vozidla nesmí vést následující:

- kabely,
- potrubí kapalin (kromě kapaliny ostřikovačů),
- potrubí hasicího systému.

5.1.2 DEFINICE

Ochranný rám

Trubková konstrukce instalovaná v kokpitu a připevněna co nejbližší šasi, jejíž funkcí je snížit deformaci vozidla v případě nehody.

Oblouk

Trubkový rám tvořící oblouk s dvěma kotvícími body.

Hlavní oblouk

Příčný a téměř vertikální (maximální úhel $\pm 10^\circ$ k vertikální ose) jednoduchý oblouk umístěný napříč vozidlem za předními sedadly.

Přední oblouk

Podobně jako hlavní oblouk s rozdílem, že jeho tvar kopíruje A-sloupky a horní část čelního skla.

Boční oblouk

Téměř podélný a téměř vertikální oblouk umístěný podél pravé nebo levé strany vozidla. Přední část oblouku kopíruje A-sloupek a zadní část je téměř vertikální (maximálně $\pm 10^\circ$ vůči vertikální ose) a umístěn těsně za předními sedadly.

Boční půloblouk

Identický k bočnímu oblouku bez zadních sloupků.

Podélná vzpěra

Téměř podélná trubka navazující na horní část předního a hlavního oblouku.

Příčná vzpěra

Téměř příčná trubka navazující na horní část bočního půloblouku nebo bočního oblouku.

Diagonální vzpěra

Trubka spojující jeden z horních rohů hlavního oblouku, nebo některý konec příčné vzpěry v případě bočního oblouku, a spodní kotevní bod protější části oblouku nebo horní část zadní vzpěry a spodní kotevní bod protější zadní vzpěry.

Odstranitelné členy

Vzpěry rámu, které mohou být odstraněny.

Výztuha rámu

Vzpěra přidaná k rámu sloužící k jeho výztuze.

Kotevní bod

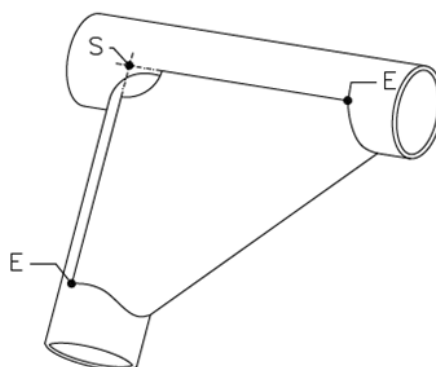
Destička přivařená ke spodní části oblouku umožňující přišroubování k šasi, většinou k výztužné destičce.

Výztužná destička

Kovová destička připevněná k šasi pod kotevním bodem oblouku.

Klín

Výztuha ohybů nebo spojů trubek vytvořená z kovového plechu ve tvaru písmene U, jejíž tloušťka nesmí být menší než 1 mm. Konce klínu (Bod E) musí být situovány ve vzdálenosti 2 až 4násobku vnějšího průměru největší připojené trubky od vrcholu úhlu (Bod S). Výřez u vrcholu úhlu je povolen, ale jeho rádius nesmí být větší než 1,5násobek vnějšího průměru největší připojené trubky. Ploché části klínu mohou mít díry, jejich průměr nesmí být větší než vnější průměr největší připojené trubky.



Obr. 21 Výztužný klín

5.1.3 SPECIFIKACE

ZÁKLADNÍ STRUKTURA

Základní struktura musí být tvořena jedním z následujících způsobů:

Základní struktura 1:

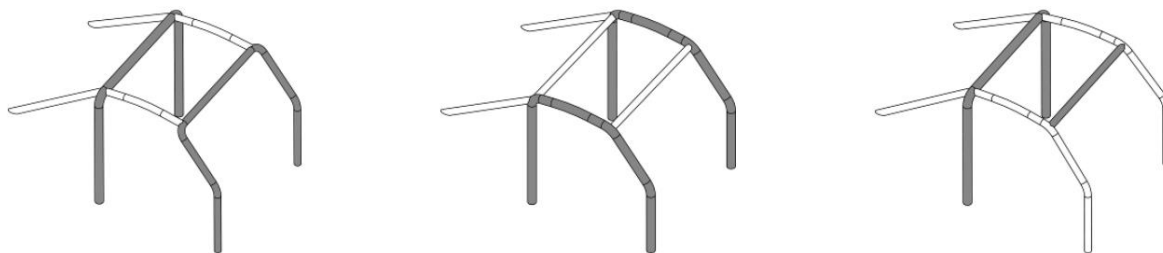
1 hlavní oblouk, 1 přední oblouk, 2 podélné vzpěry, 2 zadní vzpěry a 6 kotevnicích bodů

Základní struktura 2:

2 boční oblouky, 2 příčné vzpěry, 2 zadní vzpěry a 6 kotevnicích bodů

Základní struktura 3:

1 hlavní oblouk, 2 boční půloblouky, 1 příčná vzpěra, 2 zadní vzpěry a 6 kotevnicích bodů



Obr. 22 Možné základní struktury ochranného rámu

Svislé části hlavního oblouku (nebo zadní části bočního oblouku) musí být co nejbližší šasi a mohou mít maximálně jeden ohyb. Sloupek předního oblouku (nebo přední část bočního oblouku) musí co nejvíce kopírovat sloupek čelního skla a nesmí mít žádné ohyby pod úrovní čelního skla.

Následující spojení musí být situována v úrovni střechy:

- podélné vzpěry předního a hlavního oblouku,
- příčné vzpěry bočních oblouků,
- boční půloblouky a hlavního oblouku.

DESIGN

Jakmile je utvořena základní struktura, musí být doplněna povinnými vzpěrami a výztuhami, ke kterým mohou být přidány volitelné vzpěry a výztuhy.

Povinné vzpěry a výztuhy

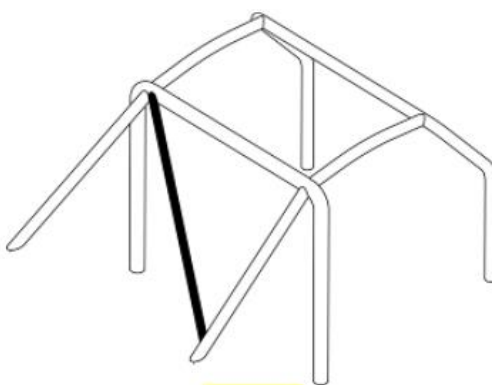
Rám musí obsahovat 2 diagonální vzpěry na hlavním oblouku v souladu s obrázkem 23. Vzpěry musí být rovné a mohou být rozebíratelné. Spodní část diagonálních vzpěr musí být napojena na hlavní oblouk maximálně 100 mm od kotevního bodu. Horní část diagonálních členů musí být napojena maximálně 100 mm od jejího spoje se zadními vzpěrami.



Obr. 23 Umístění diagonálních vzpěr

Zadní vzpěry

Upevnění diagonálních vzpěr podle obrázku 24 je povinné pro vozy homologované od 1.1. 2020.



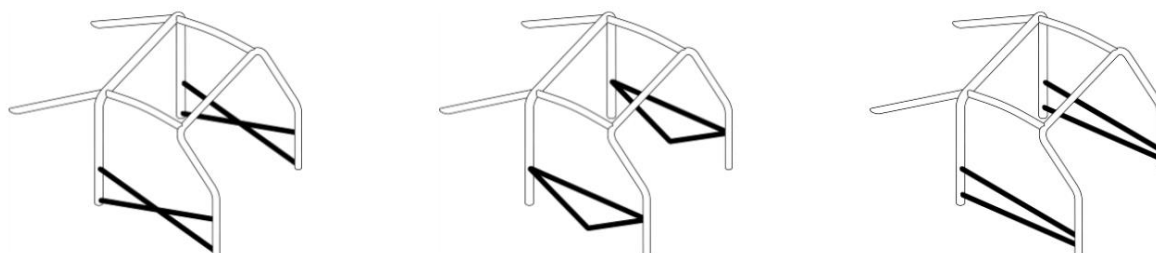
Obr. 24 Umístění diagonálních vzpěr pro vozy homologované od 1.1. 2020

Dveřní rámy

Podélné vzpěry musí být upevněny na obou stranách vozidla podle obrázku 25. Lze kombinovat. Jednu podélnou vzpěru dle obrázku 25 lze přidat.

Design musí být na obou stranách vozidla identický. Pro závody bez navigátora mohou být tyto vzpěry upevněny pouze na straně řidiče a design nemusí být na obou stranách vozidla identický. Tyto vzpěry mohou být odstranitelné. Dveřní rámy musí být umístěny co nejvýše,

ale jejich horní kotevní body nesmí být výše než v polovině dveřního otvoru, měřeno od spodu.



Obr. 25 Varianty dveřních rámu

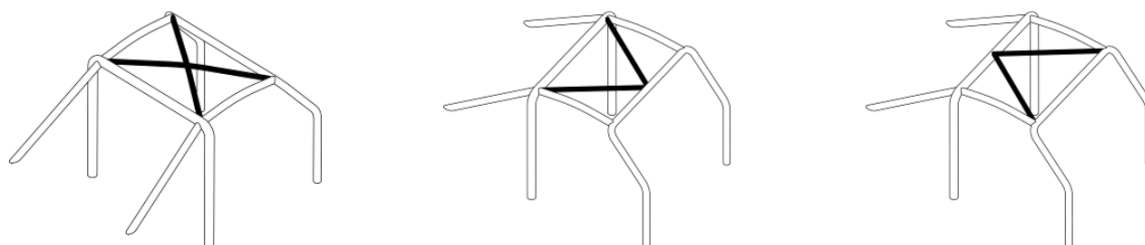
Výztuha spojů dveřních rámu se sloupky čelního skla (Obrázek 27) je povinná.

Výztuhy střechy

Horní část ochranného rámu musí být vyztužena vzpěrami dle nákresů na obrázku 26. Tyto vzpěry mohou následovat zakřivení střechy. U disciplín bez navigátora lze v případě prvního nákresu umístit pouze jednu diagonální vzpěru, ale její přední uchycení musí být na straně řidiče. Konce vzpěr musí být maximálně 100 mm od spojů oblouků a vzpěr základní struktury (toto pravidlo se neaplikuje na konfigurace 2 a 3).

Spojení trubek na vrcholu ‚V‘

Pokud nejsou trubky navzájem spojeny, vzdálenost mezi nimi nesmí přesáhnout 100 mm v místě jejich napojení na oblouk nebo příčnou vzpěru.



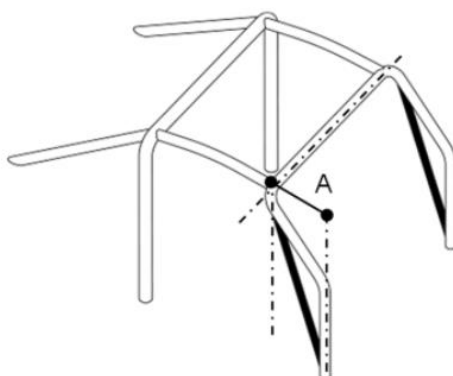
Obr. 26 Varianty výztuh střechy

Vyztužení sloupku čelního skla

Výztuha musí být uchycena na obou stranách předního oblouku, pokud je vzdálenost ‚A‘ větší než 200 mm (Obrázek 27). Může být zakřivena, pokud je rovná v bočním pohledu a úhel zakřivení nepřesáhne 20°. Její horní konec musí být méně než 100 mm od spoje předního (bočního) oblouku a podélnou (příčnou) vzpěrou. Její spodní konec musí být méně než 100 mm předního kotevního bodu předního (bočního) oblouku.

Pro vozidla homologovaná od 1.1. 2018:

Pokud se tato výztuha kříží s dveřními výztuhami, musí být rozdělena na několik částí.



Obr. 27 Výztuha sloupku čelního skla

Výztuhy zakřivení a spojů

Spojení mezi:

- diagonální vzpěrou hlavního oblouku,
- výztuhami střechy (první nákres obrázku 26),
- dveřními výztuhami (první nákres obrázku 25),
- dveřními výztuhami a výztuhami sloupku čelního skla (Obrázek 27).

Všechna tato spojení musí být vyztužena alespoň dvěma klíny v souladu se směrnicemi FIA pro ochranné rámy.

Volitelné výztuhy a vzpěry

Mohou být přidány volitelné výztuhy a vzpěry v souladu se směrnicemi FIA pro ochranné rámy. Všechny vzpěry a výztuhy zmíněné výše mohou být použity jednotlivě, nebo v kombinaci s ostatními.

Minimální konfigurace ochranného rámu

Minimální konfigurace ochranného rámu je definována následovně:

- s navigátorem – konfigurace 253-35 obrázku 28,
- bez navigátora – konfigurace 253-36 obrázku 28.



Obr. 28 Minimální konfigurace ochranného rámu

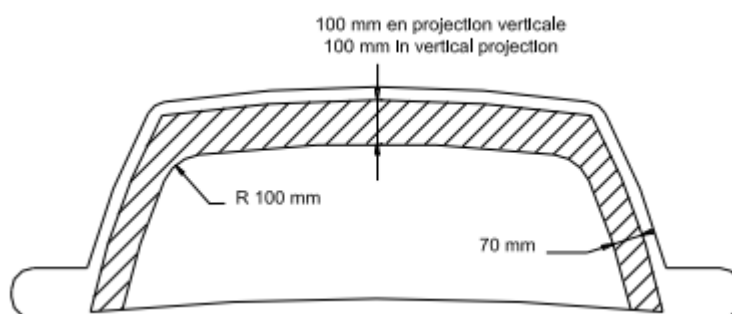
Oddělitelné vzpěry

Některé vzpěry ochranného rámu mohou být oddělitelné, ovšem jejich uchycení k ochrannému rámu musí být v souladu se směrnicemi FIA pro ochranné rámy.

Omezení instalace

Ochranný rám musí být v podélném směru umístěn mezi horními uloženými předního a zadního zavěšení přenášející vertikální zatížení.

V čelním pohledu musí být výztuhy a spojení horních rohů předního oblouku viditelné skrze oblast čelního skla zobrazeného na obrázku 29.

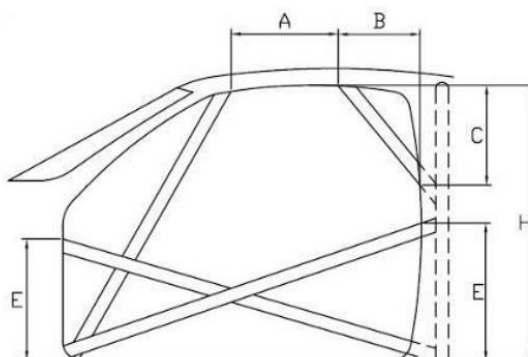


Obr. 29 Umístění ochranného rámu v čelním pohledu

Pro vozidla na rallye a rallyecross s technickým pasem FIA platným od 1.1. 2018:

Přítomnost výztuh ochranného rámu v otvoru dveří musí být v souladu s následujícími rozměry bočního pohledu (Obrázek 30).

- rozměr A musí být alespoň 300 mm,
- rozměr B musí být nejvýše 250 mm,
- rozměr C musí být nejvýše 300 mm,
- rozměr E musí být nejvýše polovina rozměru H.



Obr. 30 Rozměry výztuh v otvoru dveří

Upevnění ochranného rámu do vozidla

Minimální kotevní body:

- 1 pro každý sloupek předního oblouku,
- 1 pro každý sloupek bočního oblouku nebo bočního půloblouku,
- 1 pro každý sloupek hlavního oblouku,
- 1 pro každou zadní vzpěru.

K dosažení efektivního upevnění ochranného rámu do vozidla je možno originální panely interiéru modifikovat. Tyto modifikace neopravňuje k odstranění kompletního čalounění nebo částí interiéru. Pokud je zapotřebí, může být pojistková skříň přesunuta, aby bylo možno uchytit ochranný rám.

Kotevní body předního, hlavního a bočních oblouků nebo podélných půloblouků

Každý kotvený sloupek musí být připevněn alespoň třemi šrouby k výztužné desce o minimální tloušťce 3 mm a ploše 120 cm² přivařené k šasi vozidla. Plocha 120 cm² musí být styčná se šasi. Způsob ukotvení ochranného rámu k vozidlu musí být v souladu se směrnicemi FIA pro ochranné rámy.

Kotevní body zadních vzpěr

Každá zadní vzpěra musí být ukotvena alespoň dvěma šrouby M8 a destičkou o ploše alespoň 60 cm² o adekvátní pevnosti.

Minimální požadavky

Může být použito více spojů, podpora destičky kotevního bodu může být přivařena k výztužné desce, ochranný rám může být přivařen k šasi.

Speciální případy

V případě, že vozidlo disponuje nekovovým šasi je svařování zakázáno. Je povoleno pouze lepení výztužné destičky k šasi.

SPECIFIKACE TRUBEK

Povoleny jsou pouze kruhové trubky.

Materiál

Za studena tažená bezešvá uhlíková ocel s maximálním množstvím 0,3 % uhlíku, minimální pevnost v tahu 350 N/mm².

Minimální rozměry hlavního a bočního oblouku a zadních příčných členu: 45x2,5 mm nebo 50x2,0 mm. Minimální rozměry podélného půloblouku a ostatních částí ochranného rámu: 38x2,5 mm nebo 40x2,0 mm.

Poznámka:

Pro nelegovanou ocel je maximální množství příměsí 1,7 % pro mangan a 0,6 % pro ostatní prvky. Při výběru materiálu je třeba brát v potaz pružné vlastnosti a dobrou svařitelnost. Trubky musí být ohýbány za studena, rádius musí mít rozměr alespoň trojnásobku průměru trubky. Pokud je trubka při ohýbání zploštěna, musí být poměr mezi menším a větším rozměrem alespoň 0,9. Povrch v místech ohybu musí být hladký a jednotný bez trhlin a vrypů.

Pokyny ke svařování

Svary musí být po celém obvodu trubky. Svary musí provařit veškerý materiál a je vhodné použít ochrannou atmosféru. Při použití tepelně zpracované oceli musí být dodrženy pokyny výrobce.

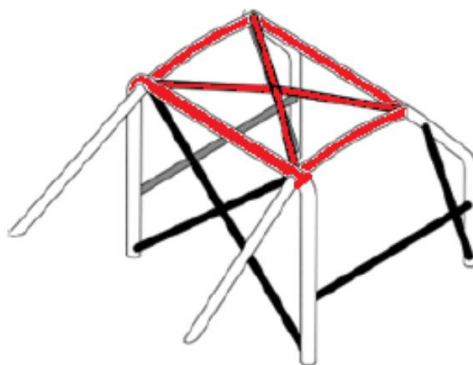
5.1.4 OCHRANNÉ POLSTROVÁNÍ

V místech, kde by posádka mohla přijít do kontaktu s ochranným rámem musí být použito nehořlavé ochranné polstrování. Všechny trubky podle obrázku 31 a všechny výztuhy střechy musí být opatřeny polstrováním v souladu se standardem FIA. Veškeré polstrování musí být upevněno tak, aby jej nebylo možno odstranit.

Aplikace

Pro všechny kategorie.

Pro závody bez navigátora je polstrování vyžadováno pouze na straně řidiče.



Obr. 31 Ochranné polstrování

5.2 KONSTRUKCE RÁMU

Nejprve bylo nutno naměřit rozměry vozidla. Za pomoci těchto rozměrů byla vytvořena 3D skica základní struktury ochranného rámu v programu Solidworks. Poté bylo vytvořeno 10 verzí lišících se ve volitelných výztuhách v rámci směrnic FIA. Pomocí modulu „Svařování“ byly vytvořeny 3D modely. Ke každému modelu byly navazbeny zkušební trny. Tato sestava byla uložena ve formátu STEP a importována do programu Ansys Workbench. Jednotlivým dílům byl přiřazen materiál, kontakt mezi rámem a trny byl změněn na Frictionless, prvky byly vysíťovány a rám byl upevněn pomocí vazby fixed support, která nejvíce odpovídá upevnění na testovací stoličce. Trnům byly odebrány všechny stupně volnosti krom směru působení síly, která byla aplikována na jejich vnější plochu. Poté byla provedena

elastoplastická analýza zjišťující celkovou deformaci, deformaci ve směru působení síly a redukované napětí.

5.2.1 MATERIÁL

Materiál ochranného rámu je specifikován regulacemi FIA. Musí být použita za studena tažená bezešvá ocel s maximálním množstvím 0,3 % uhlíku. Minimální pevnost v tahu byla stanovena na 350 N/mm².

Minimální rozměry trubek hlavních částí rámu jsou 45x2,5 mm nebo 50x2,0 mm, minimální rozměry výztuh a ostatních částí rámu činí 38x2,5 mm nebo 40x2,0 mm. V tomto konstrukčním návrhu byly použity trubky o rozměrech 50x2,0 mm a 40x2,0 mm, a to především kvůli úspoře hmotnosti.

Byl zvolen materiál 25CrMo4. Jedná se o nízkolegovanou ušlechtilou chrom-molybdenovou ocel. Její vlastnosti pro trubky o průměru 40–100 mm jsou uvedeny v tabulce níže. [39]

Tab. 4 Vlastnosti materiálu 25CrMo4

Parametr	Hodnota
Mez kluzu Re [MPa]	450
Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	700–850
Tažnost A [%]	15
Modul pružnosti E [MPa]	210 000
Obsah uhlíku [%]	0,22–0,29
Obsah chromu [%]	0,90–1,20
Obsah křemíku [%]	Max. 0,40
Obsah manganu [%]	0,60–0,90
Obsah fosforu [%]	Max. 0,025
Obsah síry [%]	Max. 0,035
Obsah molybdenu [%]	0,15–0,30

5.2.2 HOMOLOGAČNÍ ZKOUŠKY

Vzhledem k tomu, že byl ochranný rám konstruován v souladu s regulacemi FIA pro ochranné rámy, není třeba rám dále testovat. Nicméně bylo rozhodnuto, že pro porovnání jednotlivých návrhů bude vhodné rámy otestovat a výsledky jednotlivých návrhů mezi sebou

porovnat. Díky tomu může být vybrána konstrukce s nejlepšími vlastnostmi, popřípadě může být upravena, pokud budou zjištěna slabá místa.

V době psaní této práce nebyly zveřejněny žádné oficiální homologační zkoušky ochranných rámu FIA. Proto byly použity homologační zkoušky užívané dříve. Ty specifikují přesné místo, způsob i velikost zatížení aplikovaného na ochranný rám. [40] [41]

ZATÍŽENÍ HLAVNÍHO OBLOUKU

Ochranný rám je zatížen kolmo shora ocelovým trnem s definovanými rozměry. Velikost zatěžující síly činí $7,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg})$. Při této zkoušce nesmí být porušena celistvost rámu a deformace rámu ve směru zatížení nesmí přesáhnout 50 mm.

Tab. 5 Zatížení hlavního oblouku

Veličina	Hodnota
Minimální délka trnu [mm]	Šířka hlavního oblouku + 100
Šířka trnu [mm]	250 ± 50
Minimální výška trnu [mm]	40
Zatěžná síla [N]	$7,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg}) \cdot g$
Maximální deformace rámu [mm]	50

ZATÍŽENÍ BOČNÍHO PŮLOBLOUKU

Ochranný rám je zatížen ocelovým trnem s definovanými rozměry. Trn musí být umístěn na spojnici bočního půloblouku a příčné vzpěry a musí být pod úhlem $25^\circ \pm 1^\circ$ vzhledem k podélné ose vozidla a $5^\circ \pm 1^\circ$ vzhledem k příčné ose vozidla. Velikost zatěžující síly činí $3,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg})$. Při této zkoušce nesmí být porušena celistvost rámu a deformace rámu ve směru zatížení nesmí přesáhnout 100 mm.

Tab. 6 Zatížení bočního půloblouku

Veličina	Hodnota
Délka trnu [mm]	450 ± 50
Šířka trnu [mm]	250 ± 50
Minimální výška trnu [mm]	40
Zatěžná síla [N]	$3,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg}) \cdot g$
Maximální deformace rámu [mm]	100

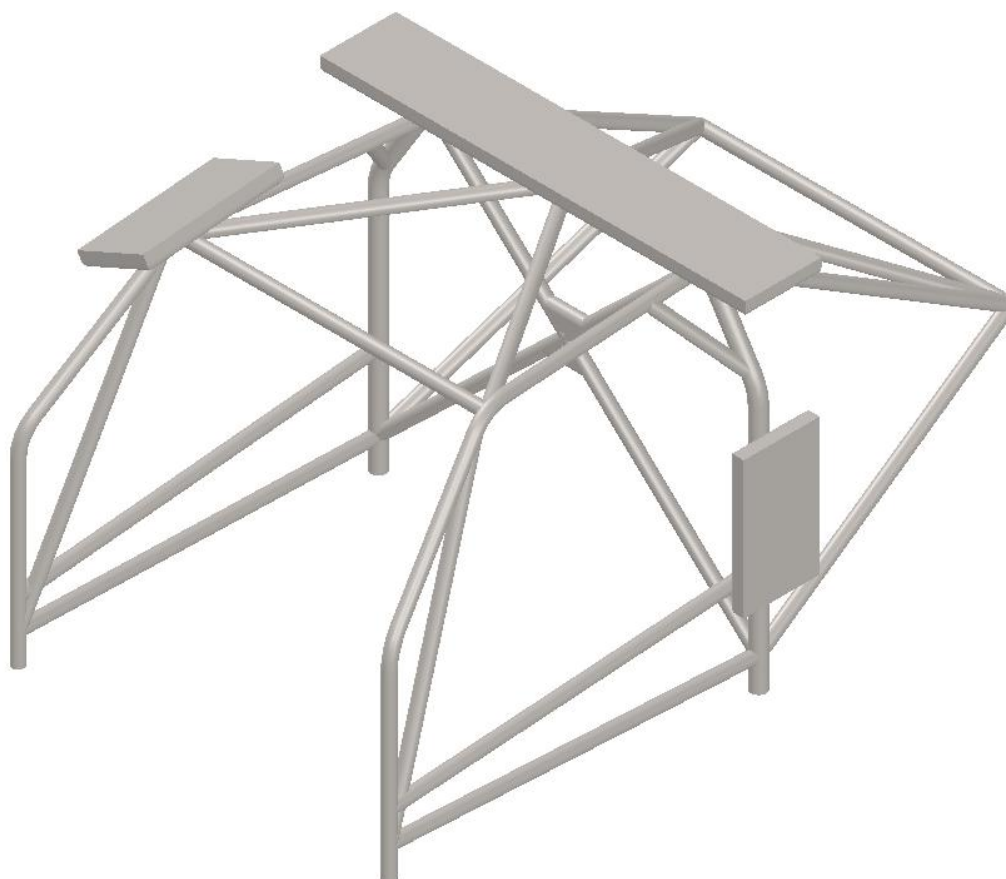
BOČNÍ ZATÍŽENÍ HLAVNÍHO OBLOUKU

Ochranný rám je zatížen ocelovým trnem s definovanými rozměry. Trn musí být umístěn 500–600 mm od kotevního bodu hlavního oblouku. Velikost zatěžující síly činí $3,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg})$. Při této zkoušce nesmí být porušena celistvost rámu a deformace rámu ve směru zatížení nesmí přesáhnout 50 mm.

Tab. 7 Boční zatížení hlavního oblouku

Veličina	Hodnota
Délka trnu [mm]	450 ± 50
Šířka trnu [mm]	250 ± 50
Minimální výška trnu [mm]	40
Zátěžná síla [N]	$3,5 \cdot (\text{hmotnost vozidla} + 150 \text{ kg}) \cdot g$
Maximální deformace rámu [mm]	50

Při uvažované hmotnosti vozidla 1030 kg nám vychází minimální zátěžná síla shora na hlavní oblouk 86 818,5 N a pro ostatní zkoušky 40 515,3 N. Tyto hodnoty byly zaokrouhleny nahoru na celé tisíce, tedy použité zátěžné síly činily 87 000 N a 41 000 N.



Obr. 32 Ukázka umístění trnů

5.2.3 DESIGN

Bylo vytvořeno 10 návrhů ochranného rámu. Tyto návrhy disponují totožnou základní strukturou. Tuto strukturu tvoří:

- hlavní oblouk,
- 2 boční půloblouky,
- příčná vzpěra,
- 2 zadní vzpěry.

K této struktuře byly přidány následující výztuhy:

- vzpěra mezi dolními kotevními body zadních vzpěr,
- vzpěry mezi dolními kotevními body zadních vzpěr a dolními kotevními body hlavního oblouku,
- vzpěry mezi hlavním obloukem a bočním půlobloukem,
- výztuhy A-sloupku,
- diagonální vzpěry hlavního oblouku.

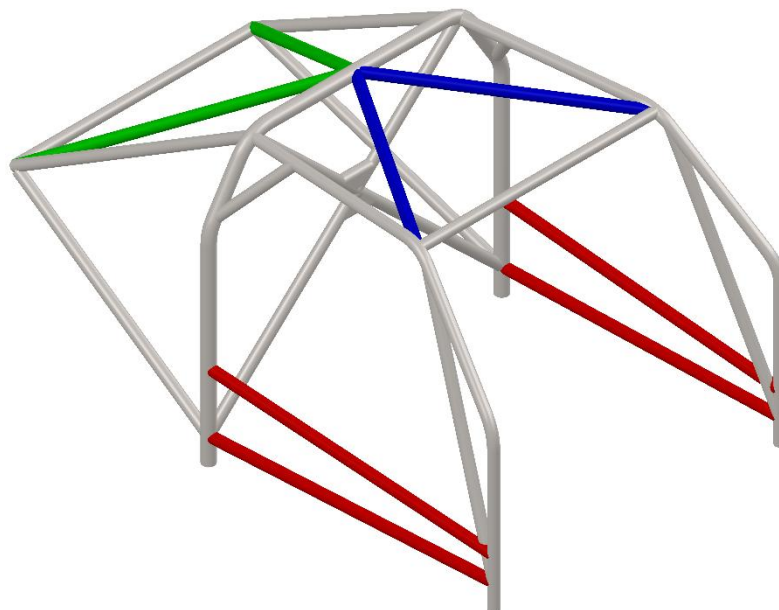
Jednotlivé návrhy se mezi sebou liší výztuhami dveřních otvorů, zadních vzpěr a střechy.

KONSTRUKCE Č. 1

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dozadu (modrá),
- výztuhy dveřních otvorů dvěma rovnými výztuhami (červená).

Hmotnost: 52 709,51 g.



Obr. 33 Konstrukce č. 1

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 8 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 1

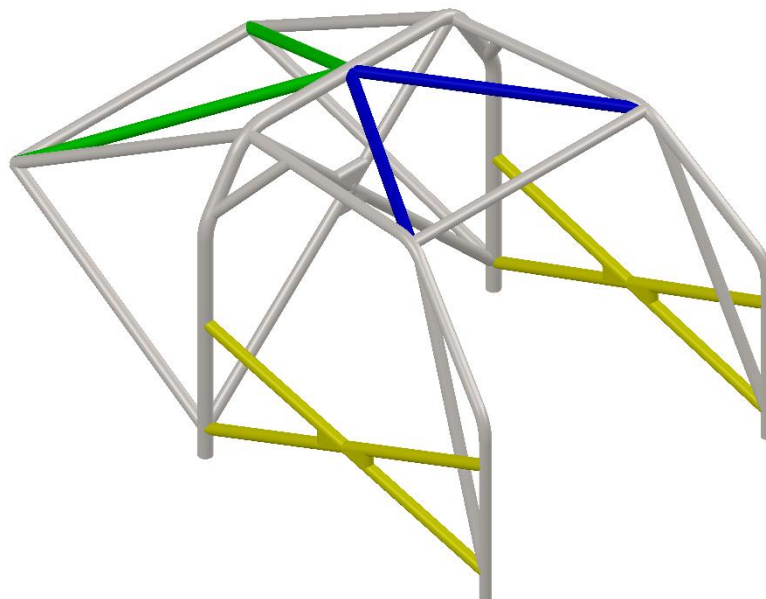
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	4,95	4,56	542,11
Hlavní oblouk – boční	11,05	11,03	507,58
Boční půloblouk	3,52	3,52	479,22

KONSTRUKCE Č. 2

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dozadu (modrá),
- výztuhy dveřních otvorů výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (žlutá).

Hmotnost: 53 343,97 g.



Obr. 34 Konstrukce č. 2

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 9 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 2

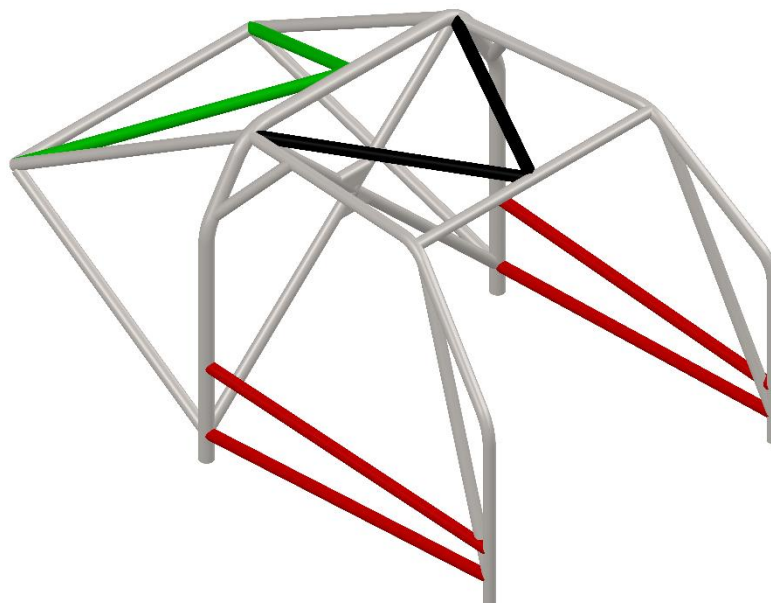
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	4,78	4,4	482,63
Hlavní oblouk – boční	10,64	10,64	501,18
Boční půloblouk	3,27	3,09	467,66

KONSTRUKCE Č. 3

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dopředu (černá),
- výztuhy dveřních otvorů dvěma rovnými výztuhami (červená).

Hmotnost: 52 814,97 g.



Obr. 35 Konstrukce č. 3

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 10 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 3

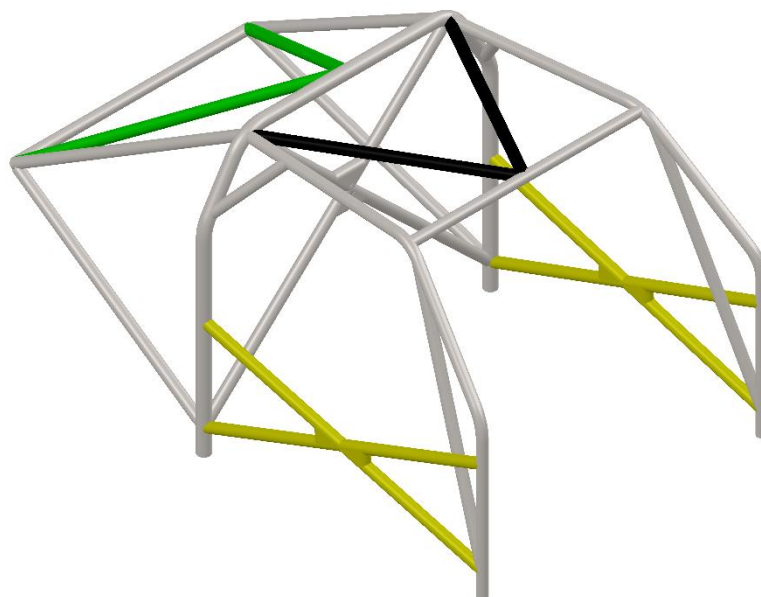
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,8	6,8	494,07
Hlavní oblouk – boční	10,48	10,45	493,84
Boční půloblouk	3,51	3,51	493,26

KONSTRUKCE Č. 4

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dopředu (černá),
- výztuhy dveřních otvorů výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (žlutá).

Hmotnost: 53 276,77 g.



Obr. 36 Konstrukce č. 4

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 11 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 4

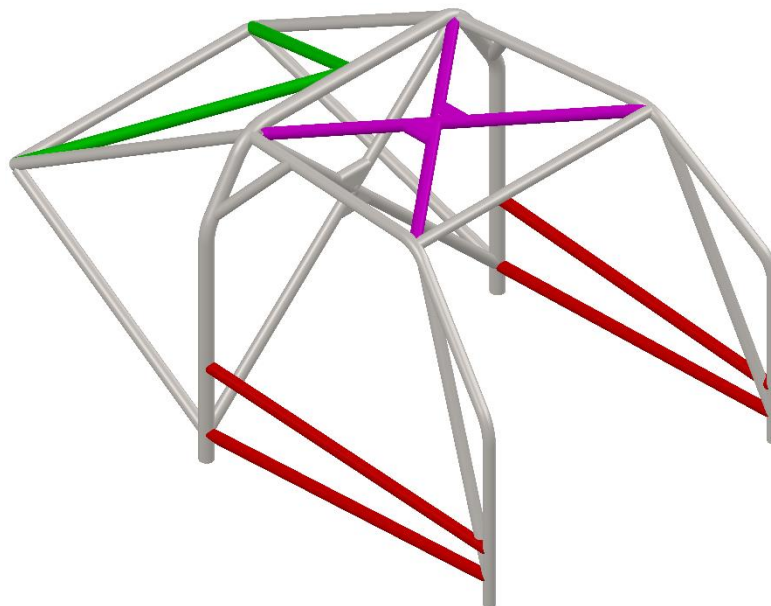
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,52	6,55	477,87
Hlavní oblouk – boční	10,77	10,76	539,3
Boční půloblouk	3,34	3,34	556,62

KONSTRUKCE Č. 5

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene X s klíny (fialová),
- výztuhy dveřních otvorů dvěma rovnými výztuhami (červená).

Hmotnost: 54 085,54 g.



Obr. 37 Konstrukce č. 5

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 12 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 5

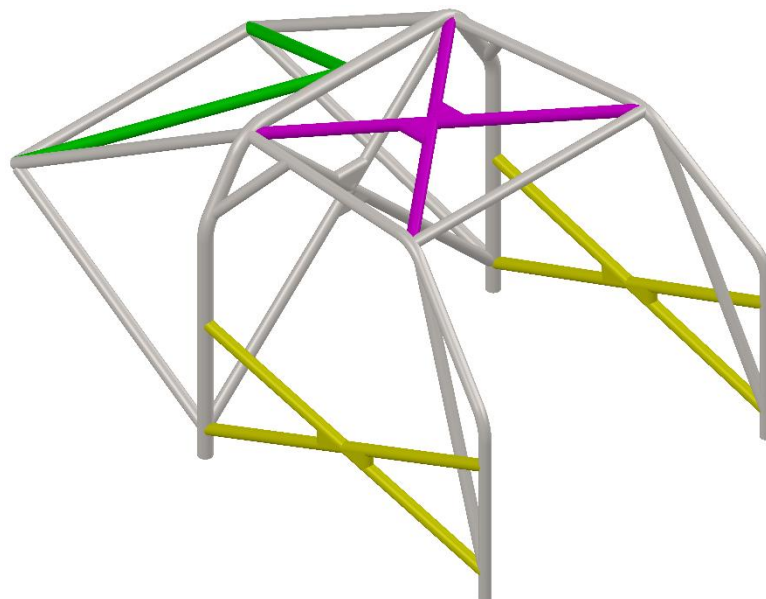
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,03	6,14	499,32
Hlavní oblouk – boční	10,41	10,38	605,61
Boční půloblouk	2,8	2,79	483,76

KONSTRUKCE Č. 6

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr ve tvaru písmene V (zelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene X s klíny (fialová),
- výztuhy dveřních otvorů výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (žlutá).

Hmotnost: 54 431,66 g.



Obr. 38 Konstrukce č. 6

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 13 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 6

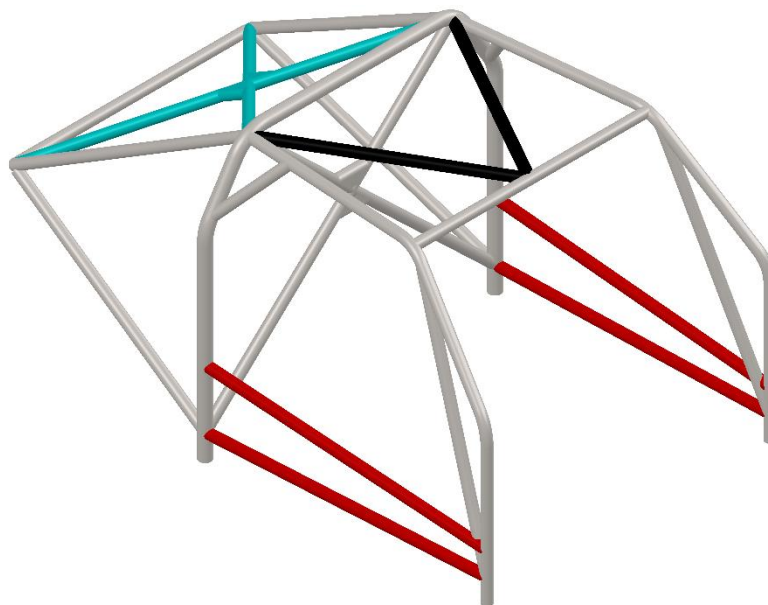
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	6,76	5,91	501,07
Hlavní oblouk – boční	10,14	10,13	473,53
Boční půloblouk	2,96	2,93	499,75

KONSTRUKCE Č. 7

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (modrozelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dopředu (černá),
- výztuhy dveřních otvorů dvěma rovnými výztuhami (červená).

Hmotnost: 53 611,37 g.



Obr. 39 Konstrukce č. 7

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 14 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 7

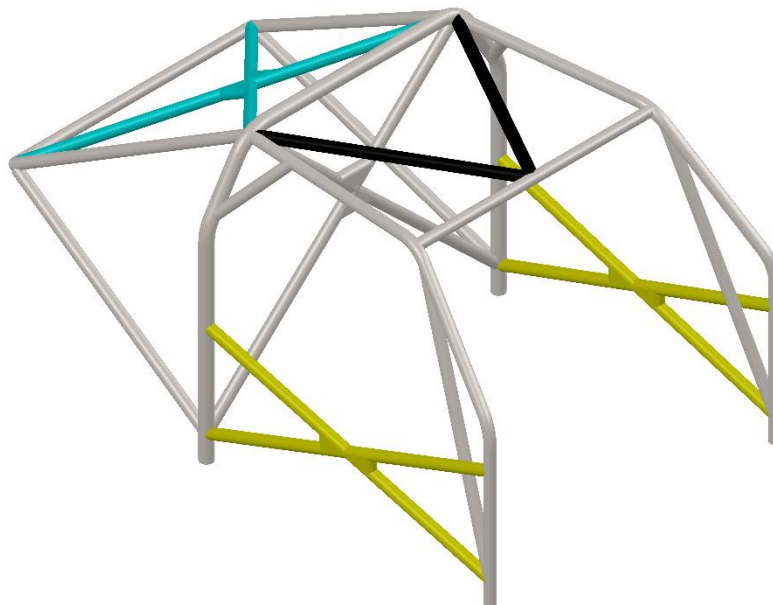
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,69	7,58	484,08
Hlavní oblouk – boční	9,8	9,79	583,08
Boční půloblouk	3,55	3,55	486,38

KONSTRUKCE Č. 8

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (modrozelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene V směřující dopředu (černá),
- výztuhy dveřních otvorů výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (žlutá).

Hmotnost: 54 095,87 g.



Obr. 40 Konstrukce č. 8

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 15 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 8

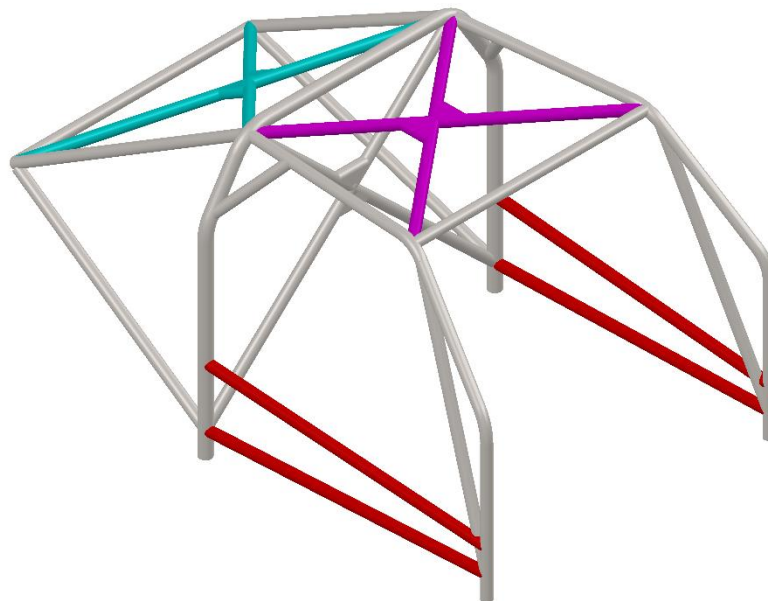
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,67	7,56	488,64
Hlavní oblouk – boční	9,52	9,51	470,84
Boční půloblouk	3,41	3,41	480,61

KONSTRUKCE Č. 9

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (modrozelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene X s klíny (fialová),
- výztuhy dveřních otvorů dvěma rovnými výztuhami (červená).

Hmotnost: 54 938,41 g.



Obr. 41 Konstrukce č. 9

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 16 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 9

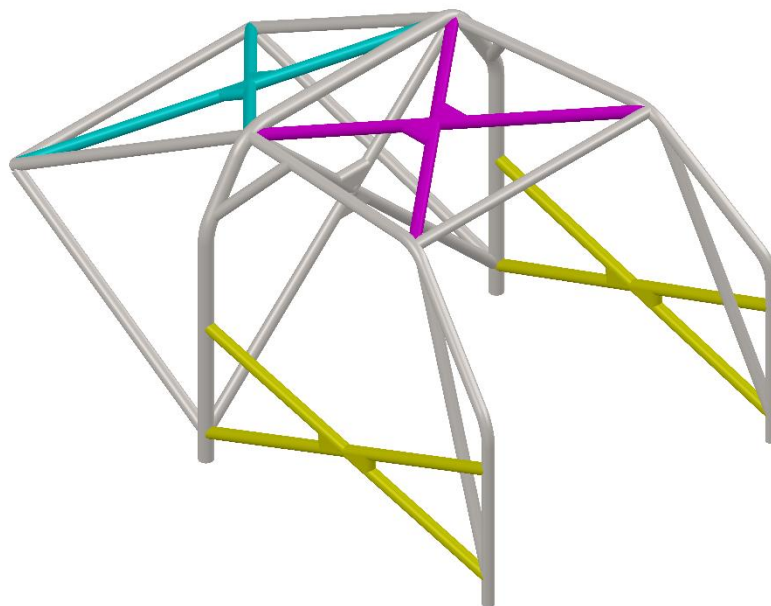
Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	6,92	6,84	489,54
Hlavní oblouk – boční	9,69	9,67	528,02
Boční půloblouk	3,02	2,9	470,02

KONSTRUKCE Č. 10

Specifické výztuhy:

- výztuhy zadních vzpěr výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (modrozelená),
- výztuhy střechy ve tvaru písmene X s klíny (fialová),
- výztuhy dveřních otvorů výztuhami ve tvaru písmene X s klíny (žlutá).

Hmotnost: 55 409,39 g.



Obr. 42 Konstrukce č. 10

Výsledky homologačních zkoušek:

Tab. 17 Výsledky homologačních zkoušek konstrukce č. 10

Zkouška	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Hlavní oblouk	7,07	6,99	468,13
Hlavní oblouk – boční	9,69	9,68	498,65
Boční půloblouk	2,94	2,82	475,03

5.2.4 POROVNÁNÍ KONSTRUKCÍ

Tab. 18 Porovnání výsledků všech konstrukcí – hlavní oblouk

Zkouška	Hlavní oblouk		
Veličina	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Konstrukce 1	4,95	4,56	542,11
Konstrukce 2	4,78	4,4	482,63
Konstrukce 3	7,8	6,8	494,07
Konstrukce 4	7,52	6,55	477,87
Konstrukce 5	7,03	6,14	499,32
Konstrukce 6	6,76	5,91	501,07
Konstrukce 7	7,69	7,58	484,08
Konstrukce 8	7,67	7,56	488,64
Konstrukce 9	6,92	6,84	489,54
Konstrukce 10	7,07	6,99	468,13

Tab. 19 Porovnání výsledků všech konstrukcí – hlavní oblouk – boční

Zkouška	Hlavní oblouk – boční		
Veličina	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Konstrukce 1	11,05	11,03	507,58
Konstrukce 2	10,64	10,64	501,18
Konstrukce 3	10,48	10,45	493,84
Konstrukce 4	10,77	10,76	539,3
Konstrukce 5	10,41	10,38	605,61
Konstrukce 6	10,14	10,13	473,53
Konstrukce 7	9,8	9,79	583,08
Konstrukce 8	9,52	9,51	470,84
Konstrukce 9	9,69	9,67	528,02
Konstrukce 10	9,69	9,68	498,65

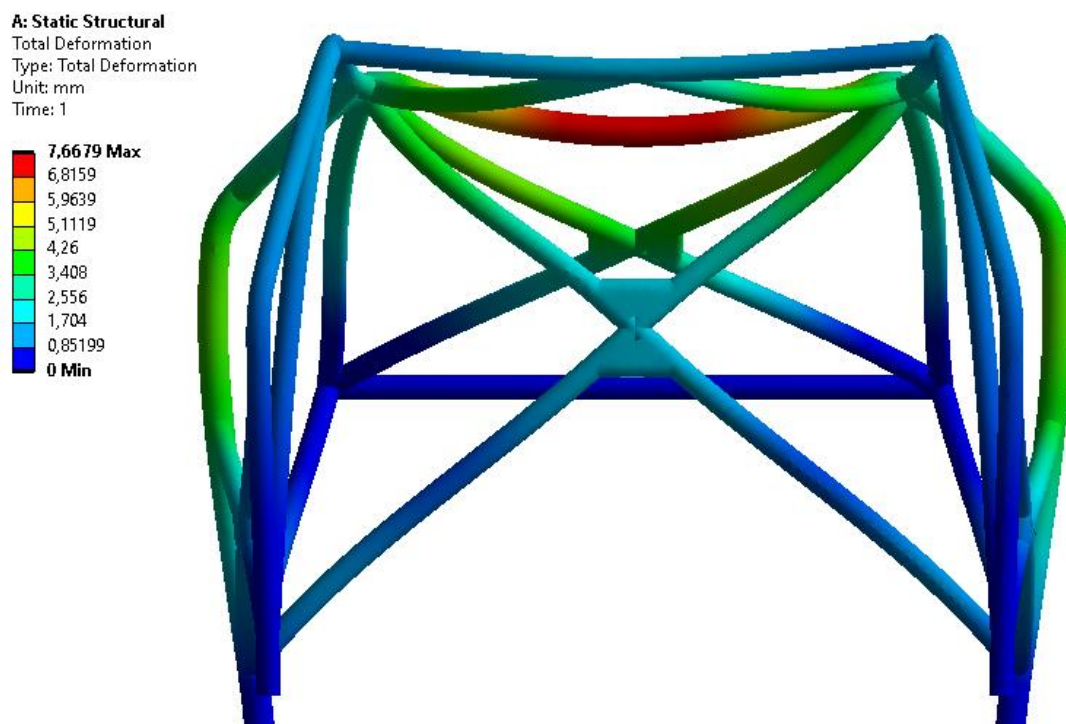
Tab. 20 Porovnání výsledků všech konstrukcí – boční půloblouk

Zkouška	Boční půloblouk		
	Deformace [mm]	Def. směrová [mm]	Napětí [MPa]
Konstrukce 1	3,52	3,52	479,22
Konstrukce 2	3,27	3,09	467,66
Konstrukce 3	3,51	3,51	493,26
Konstrukce 4	3,34	3,34	556,62
Konstrukce 5	2,8	2,79	483,76
Konstrukce 6	2,96	2,93	499,75
Konstrukce 7	3,55	3,55	486,38
Konstrukce 8	3,41	3,41	480,61
Konstrukce 9	3,02	2,9	470,02
Konstrukce 10	2,94	2,82	475,03

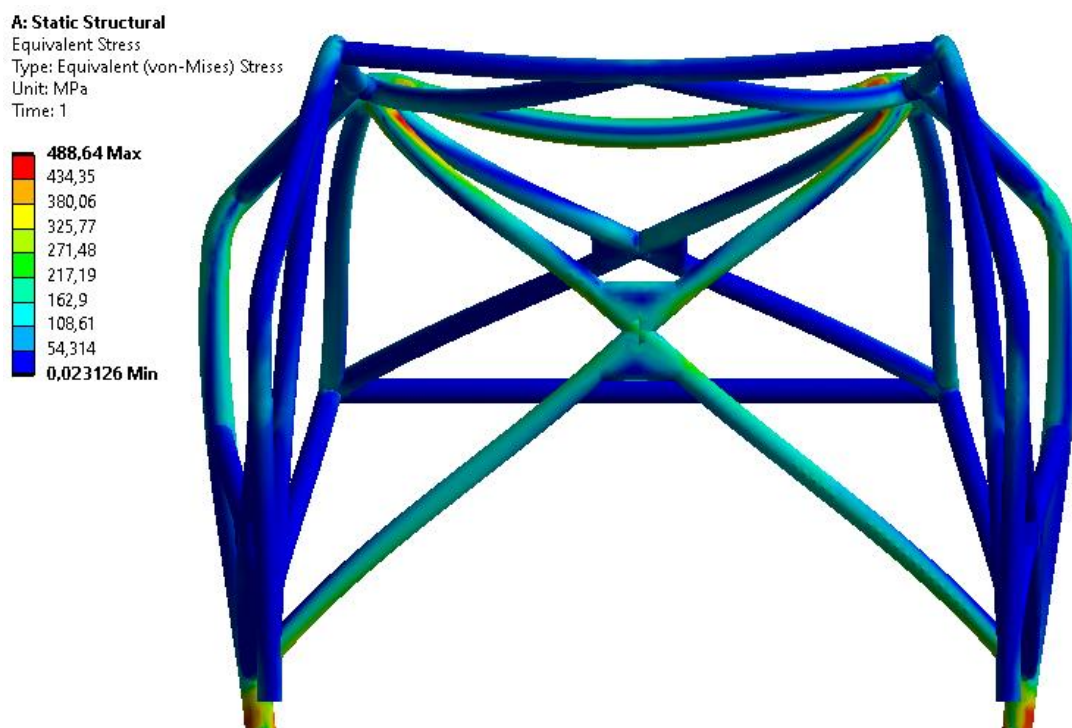
Z hodnot deformací a napětí můžeme vypočítat, že všechny varianty ochranného rámu splňují požadavky dříve užívaného způsobu homologace, ovšem pro získání přesných hodnot by bylo vhodné tyto rámy vyrobit a otestovat, jelikož se hodnoty získané ze simulací a reálných měření mohou lišit.

Jako nejvhodnější se ukázal rám číslo 8, jelikož dosahuje nejnižší sumy napětí ze všech provedených zkoušek. Je tedy nejméně pravděpodobné, že dojde k porušení rámu. Tato varianta rámu vykazuje větší deformaci než některé z ostatních variant, což ale není na škodu. Větší deformace umožňuje snížit deceleraci vozidla v případě nehody a sníží tak síly působící na posádku. Tato deformace ovšem nesmí být příliš velká. Rám by mohl být v případě nehody deformován tak, že by zasáhl do prostoru pro posádku, a tudíž by neposkytoval dostatečnou ochranu.

Výsledky napětí a deformací vybraného ochranného rámu jsou zobrazeny níže. Výsledky napětí a deformací všech testovaných rámu jsou uvedeny v obrazové příloze.

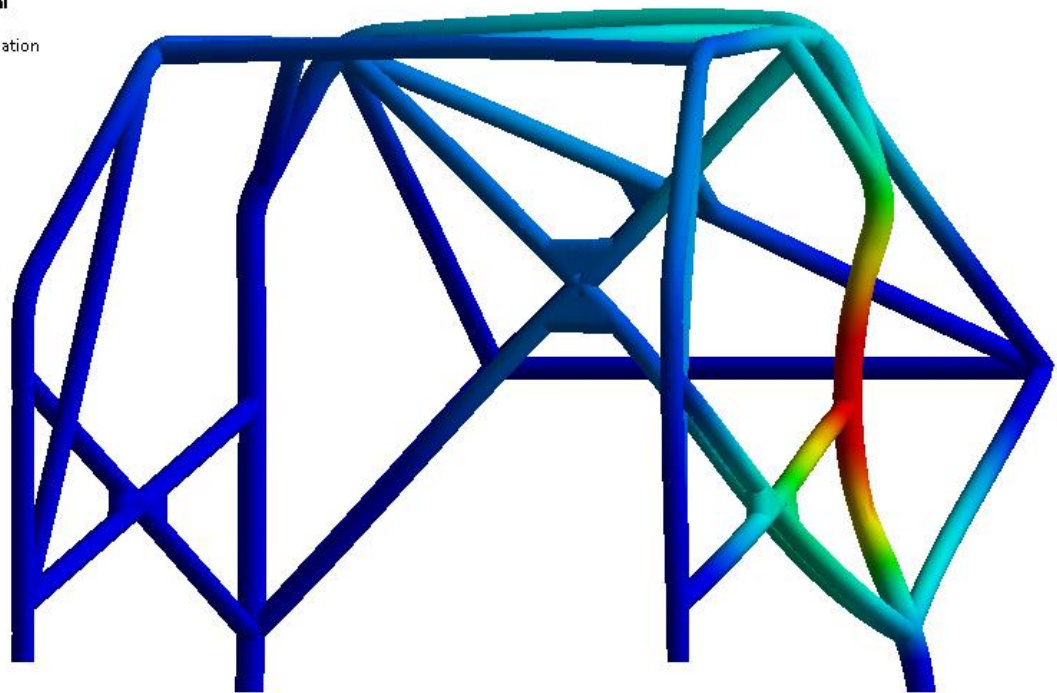
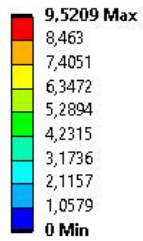


Obr. 43 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk, deformace



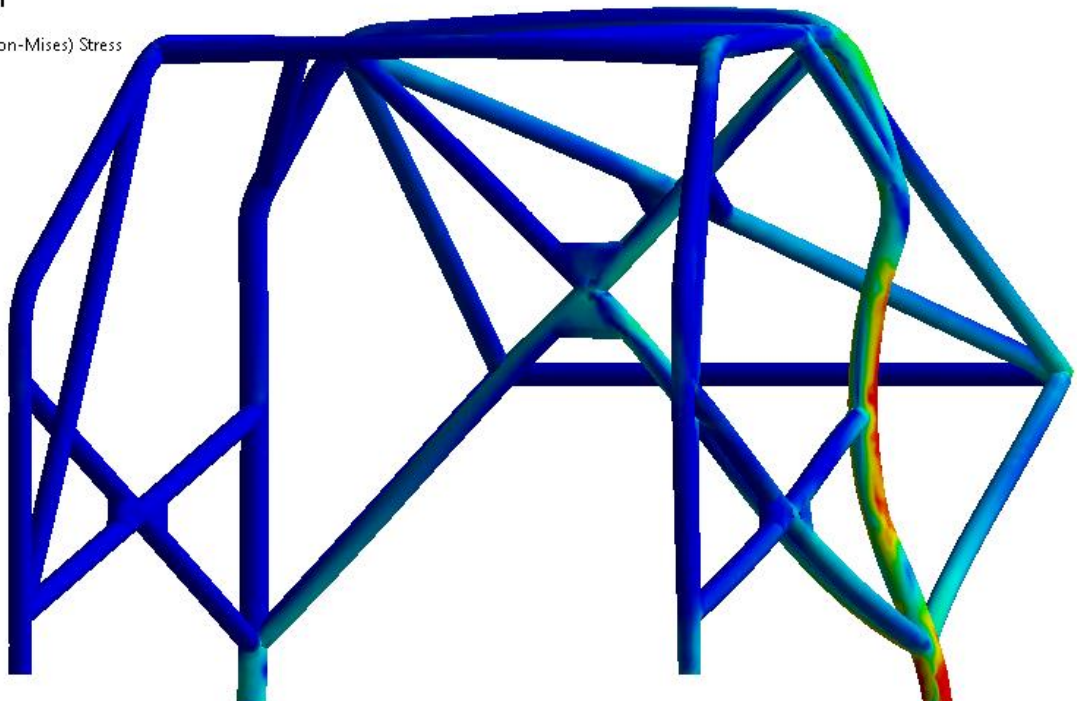
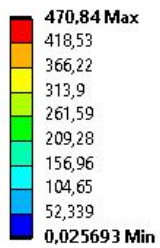
Obr. 44 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1



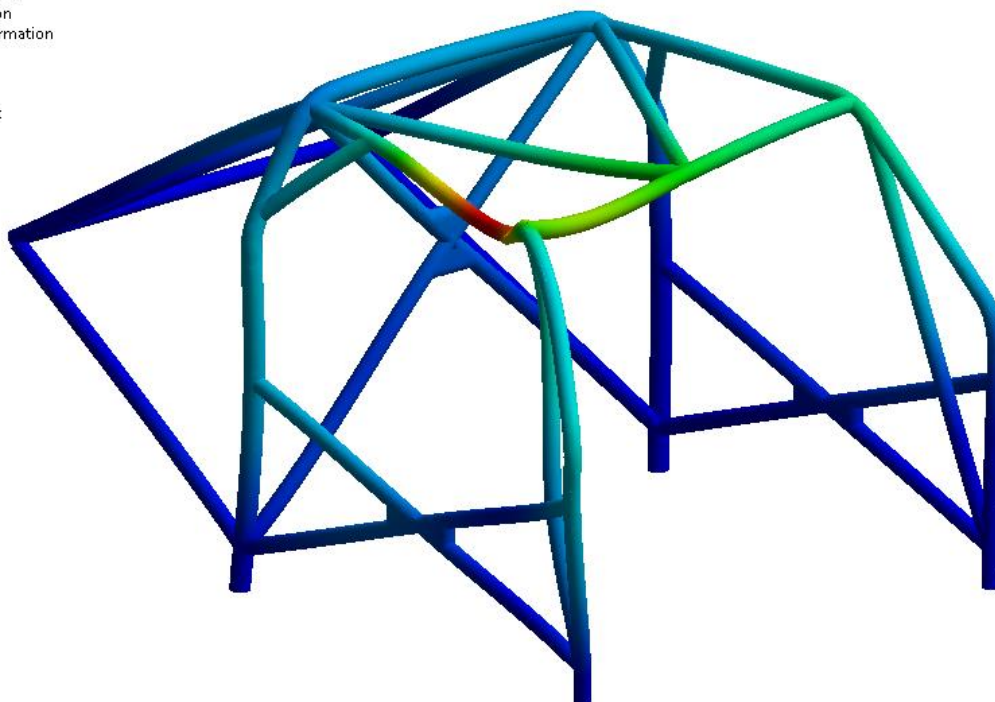
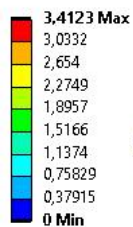
Obr. 45 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1



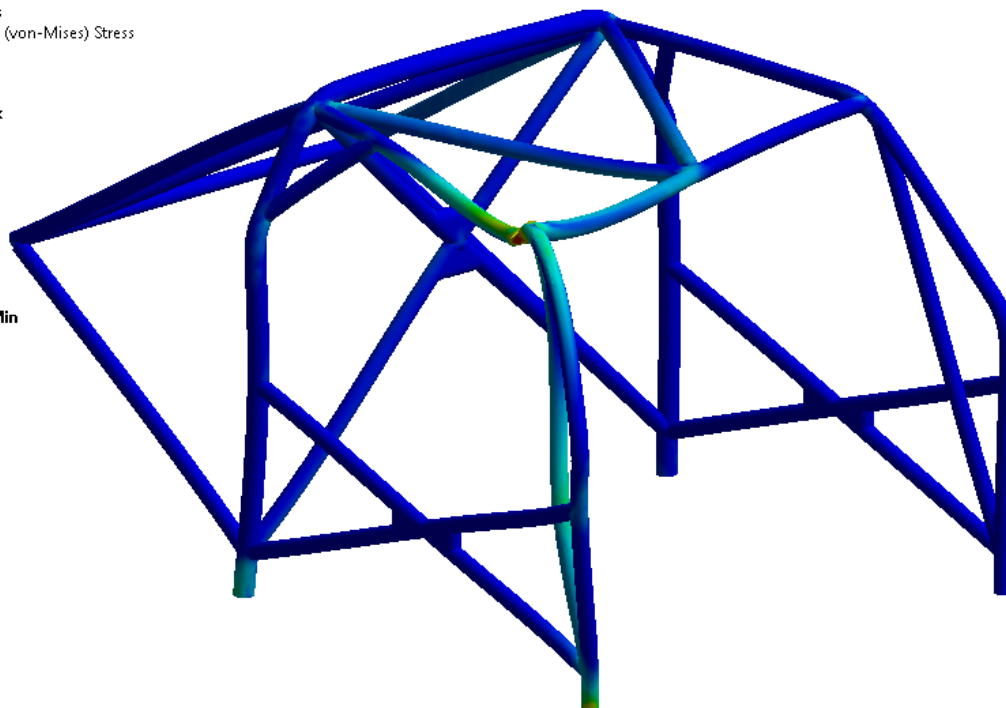
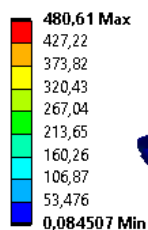
Obr. 46 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1



Obr. 47 Konstrukce 8, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1



Obr. 48 Konstrukce 8, zkouška na boční půloblouk, napětí

6 STANOVENÍ MALOSÉRIOVÉ CENY VOZIDLA

Malosériová cena koncepčního návrhu se skládá ze tří hlavních částí: počáteční ceny vozidla, ze kterého tento návrh vychází, ceny dílů, které budou obměněny a ceny práce, která bude zapotřebí k realizování tohoto návrhu – tedy především výměna dílů, popřípadě výroba některých dílů. Cena práce v rámci tohoto koncepčního návrhu byla stanovena na 500 Kč za hodinu. Tato sazba byla stanovena srovnáním hodinových sazeb autoservisů a mechaniků, které se ve většině případů pohybují mezi 300 Kč a 700 Kč. Zvolená hodinová sazba leží ve středu tohoto intervalu, a proto se jeví jako adekvátní.

Také je zapotřebí stanovit celkovou hmotnost vozidla po všech úpravách, jelikož regulace kategorie Ra5 stanovují minimální hmotnost vozidla, která pro motorizaci zvolenou v tomto koncepčním návrhu činí 1030 kg. Pokud bude výsledná hmotnost nižší než minimální povolená hmotnost, je potřeba vozidlo zatížit alespoň na minimální hmotnost. Abychom mohli adekvátně srovnat levnější a dražší koncepční návrh, jsou níže uvedené hmotnosti platné pro verzi na asfalt.

Níže jsou rozepsány náklady na zakoupení jednotlivých dílů a jejich instalaci do vozidla, případně jejich úpravu a odhad difference hmotnosti vzniklé danou modifikací. Tyto díly jsou rozepsány do celků tak, jak jsou rozděleny ve směrnících FIA. Na konci jednotlivých celků můžeme vidět součty nákladů na zakoupení i instalaci dílů a difference hmotností. Na konci kapitoly je umístěna tabulka s výslednými součty dílčích hodnot.

6.1 OBECNÉ

Vozidlo zvoleno pro tento koncepční návrh je Škoda Fabia 1.0 TSI 70 kW s pětistupňovou manuální převodovkou ve výbavě Ambition. Ceníková cena tohoto vozidla v době psaní této práce činila 304 900 Kč. Pohotovostní hmotnost této konfigurace činí 1 035 kg, ovšem dle regulací FIA je vozidlo váženo s prázdnou palivovou nádrží a nádobkou ostřikovačů. Po odečtení hmotnosti těchto kapalin činí hmotnost tohoto vozidla 998 kg. [23]

Tab. 21 Zvolené vozidlo

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Základní hmotnost [kg]
Škoda Fabia 1.0 TSI 70 kW	–	304 900	0	998

6.2 MOTOR

K odstranění plastových krytů a izolačních materiálů v motorovém prostoru je potřeba započítat pouze cenu práce, která byla odhadnuta na 200 Kč.

Zvolený chladič stlačeného vzduchu lze zakoupit za 2 194 Kč, jeho výměna je naceněna na 500 Kč. Vedení vzduchu bude upraveno pomocí silikonových hadic a hliníkových spojek v odhadované hodnotě 2 000 Kč, cena práce byla odhadnuta na 500 Kč. [42] [43]

Software potřebný k úpravě řídicí jednotky lze zakoupit za 9 000 Kč, cena práce spojená s její úpravou byla odhadnuta na 500 Kč. [44]

Výměna vzduchového filtru byla naceněna na 100 Kč, filtr samotný je prodáván za 1 247 Kč. [45]

Materiál na výrobu výfukového potrubí byl naceněn na 8 274 Kč a jeho výroba, výměna a úprava na 4 000 Kč. [46] [42]

Cena výměny zapalovacích svíček je odhadnuta na 200 Kč, cena čtyř kusů zapalovacích svíček činí 3 132 Kč. [43]

Chladič vody, jeho ventilátor a vedení vody je naceněno na 5 749 Kč, cena práce spojené s výměnou či úpravou těchto dílů je odhadnuta na 2 500 Kč. [42] [47] [48]

Tab. 22 Odhady cen a hmotností – motor

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Plastové kryty motoru	Odstranění	0	100	-2
Izolační materiál pod kapotou	Odstranění	0	100	-3
Chladič stlačeného vzduchu	Výměna	2 194	500	2
Vedení vzduchu	Výměna	2 000	500	1
Mapa řídicí jednotky	Úprava	9 000	500	0
Vzduchový filtr	Výměna	1 247	100	0
Výfukové potrubí	Výměna a úprava	8 274	4 000	-10
Zapalovací svíčky	Výměna	3 132	200	0
Chladič vody, ventilátor a vedení	Výměna	5 749	2 500	3
Součet	–	31 596	8 500	-9

6.3 PALIVOVÝ OKRUH

Vybranou palivovou nádrž lze zakoupit za 21 707 Kč a cena práce za demontáž originální nádrže a následnou instalaci nádrže nové byla odhadnuta na 2 000 Kč. [49]

Cena materiálu pro výrobu krytu nádrže činí 1 500 Kč a její výroba a instalace do vozidla byla naceněna na 1 000 Kč. [50]

Cena materiálu pro úpravu palivového vedení byla odhadnuta na 1 000 Kč a cena práce na 1 000 Kč. [42]

Tab. 23 Odhady cen a hmotností – palivový okruh

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Palivová nádrž	Výměna	21 707	2 000	2
Kryt nádrže	Instalace	1 500	1 000	5
Vedení paliva	Výměna	1 000	1 000	0
Součet	–	24 207	4 000	7

6.4 ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ

Vybraná baterie, která nahradí originální, je v prodeji za 5 391 Kč. Její výměna byla naceněna na 100 Kč. [51]

Pro její uchycení bude vyroben držák. Cena materiálu na jeho výrobu byla odhadnuta na 500 Kč a jeho výroba a instalace do vozidla na 1 000 Kč. [50]

Tab. 24 Odhady cen a hmotností – elektrické vybavení

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Baterie	Výměna	5 391	100	-8
Uchycení baterie	Instalace	500	1 000	1
Součet	–	5 891	1 100	-7

6.5 PŘEVODY

V rámci levnějšího koncepčního návrhu bude vyměněna spojka, koncový převod a diferenciál. Vybrané komponenty jsou prodávány za 12 400 Kč, 14 924 Kč, a 24 684 Kč. Celková cena práce těchto úprav byla odhadnuta na 5 500 Kč. [52] [53]

V rámci dražšího koncepčního návrhu bude vyměněna celá převodovka, která je dodávána se všemi potřebnými komponenty. Cena této sady byla stanovena na 221 000 Kč a cena práce spojené s touto výměnou na 3 000 Kč. [54]

Tab. 25 Odhady cen a hmotností – převody

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Spojka	Výměna	0/12 440	0/1 500	0/0
Převodovka	Výměna	221 000/0	3 000/0	-3/0
Koncový převod	Výměna	0/14 924	0/2 000	0/1
Diferenciál	Výměna	0/24 684	0/2 000	0/1
Součet	–	221 000/52 048	3 000/5 500	-3/2

6.6 ZAVĚŠENÍ

Vybranou sadu tlumičů, pružin a horního uložení si výrobce cení na 78 650 Kč. Cena práce spojená s výměnou těchto komponent byla odhadnuta na 2 000 Kč. [55]

Tab. 26 Odhady cen a hmotností – zavěšení

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Pružiny a tlumiče	Výměna	78 650	2 000	6

6.7 PODVOZEK

Zvolená kola na šotolinu (5 ks) jsou prodávána za 22 965 Kč, kola na asfalt (taktěž 5 ks) jsou prodávána za 26 425 Kč. Pneumatiky pro tyto sady kol lze koupit za 35 325 Kč, ve druhém případě za 38 835 Kč. [54] [56]

Pro eliminaci funkce systému ABS byla cena práce stanovena na 500 Kč.

Cena materiálu pro výměnu brzdového potrubí byla odhadnuta na 4 000 Kč a cena práce s výměnou spojená na 2 000 Kč. Brzdovou kapalinu lze koupit za 864 Kč a její výměna byla naceněna na 500 Kč. [57] [58]

Materiál potřebný k instalaci chladicího potrubí i cena práce byly stanoveny na 1 500 Kč. [42]

Ruční brzdu lze zakoupit za 2 825 Kč, cena práce spojená s její výměnou byla odhadnuta na 1 500 Kč. [59]

Cena materiálu pro úpravu předního brzdového systému byla stanovena na 10 614 Kč a cena práce byla odhadnuta na 1 500 Kč. [49] [45]

Přední destičky na šotolinu lze zakoupit za 2 417 Kč a cena práce spojená s jejich výměnou byla odhadnuta na 250 Kč. [49]

Díly na výměnu zadního brzdového systému lze zakoupit za 4 534 Kč a cena práce byla odhadnuta na 1 350 Kč. [49] [43] [45]

Výměna volantu včetně mechanismu rychlého uvolnění byla naceněna na 2 103 Kč za díly a na 1 000 Kč za práci. Cena úpravy klaksonu byla odhadnuta na 100 Kč. Odstranění systému zamykání volantu bylo naceněno na 500 Kč. [49] [58]

Tab. 27 Odhady cen a hmotností – podvozek

Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Kola na šotolinu	Výměna	22 965/0	0	-10
Kola na asfalt	Výměna	26 425	0	
Pneumatiky na šotolinu	Výměna	35 325/0	0	0
Pneumatiky na asfalt	Výměna	38 835	0	
ABS	Odstranění	0	500	0
Brzdové potrubí	Výměna	4 000	2 000	1
Brzdová kapalina	Výměna	864	500	0
Chladicí potrubí	Instalace	1 500	1 500	2
Ruční brzda	Výměna	2 825	1 500	2
Přední kotouče na asfalt	Výměna	2 092/0	250/0	2
Přední třmeny na asfalt	Výměna	3 358/0	250/0	1
Přední destičky na asfalt	Výměna	2 732/0	250/0	0
Přední držák třmenu	Výměna	2 432/0	250/0	0
Přední destičky na šotolinu	Výměna	2 417	250	0
Zadní kotouče	Výměna	706	500	-5

Zadní třmeny	Výměna	1 920	500	0
Ochranné plechy	Instalace	382	100	0
Zadní destičky	Výměna	1 526	250	0
Volant	Výměna	1 104	500	-1
Redukce na volant	Instalace	999	500	1
Klakson	Úprava	0	100	0
Systém zamykání volantu	Odstranění	0	500	-1
Součet	–	152 407/83 503	10 200/9 200	-8/-11

6.8 KAROSERIE

Vybraný zvedák lze zakoupit za 18 090 Kč a cena práce spojená s jeho výměnou byla odhadnuta na 100 Kč. [54]

Materiál na výrobu ochrany podvozku byl naceněn na 4 500 Kč pro dražší koncepční návrh a 3 500 Kč pro levnější koncepční návrh. Cena samotné výroby a instalace ochrany na vozidlo byla pro oba návrhy odhadnuta na 2 000 Kč. [50]

Materiál potřebný k výrobě ochranného rámu lze zakoupit za 10 000 Kč a výroba rámu a jeho instalace do vozidla byla naceněna na 6 000 Kč. [60]

Přední sedačky dražší verze koncepčního návrhu lze zakoupit za 18 812 Kč, v případě levnější verze koncepčního návrhu za 11 482 Kč. Cena práce spojené s jejich výměnou je identická, a to 500 Kč. Cena adaptérů na sedačky byla stanovena na 3 900 Kč a jejich instalace byla naceněna na 500 Kč. Cena ochranných pásů činí 7 908 Kč a náklady spojené s jejich instalací byly odhadnuty na 500 Kč. [61] [49] [62] [58]

Cena práce na odstranění zadních sedaček a ochranných pásů byla odhadnuta na 500 Kč.

Instalace automatického hasicího systému, který je prodáván za 3 700 Kč byla naceněna na 3 000 Kč. [61]

Ruční hasicí přístroj je prodáván za 842 Kč a cena práce potřebné k jeho instalaci byla odhadnuta na 500 Kč. [49]

Náklady spojené s odstraněním částí interiéru, klimatizace a mechanismu zadního stěračce byly stanoveny na 4 200 Kč.

Tab. 28 Odhady cen a hmotností – karoserie

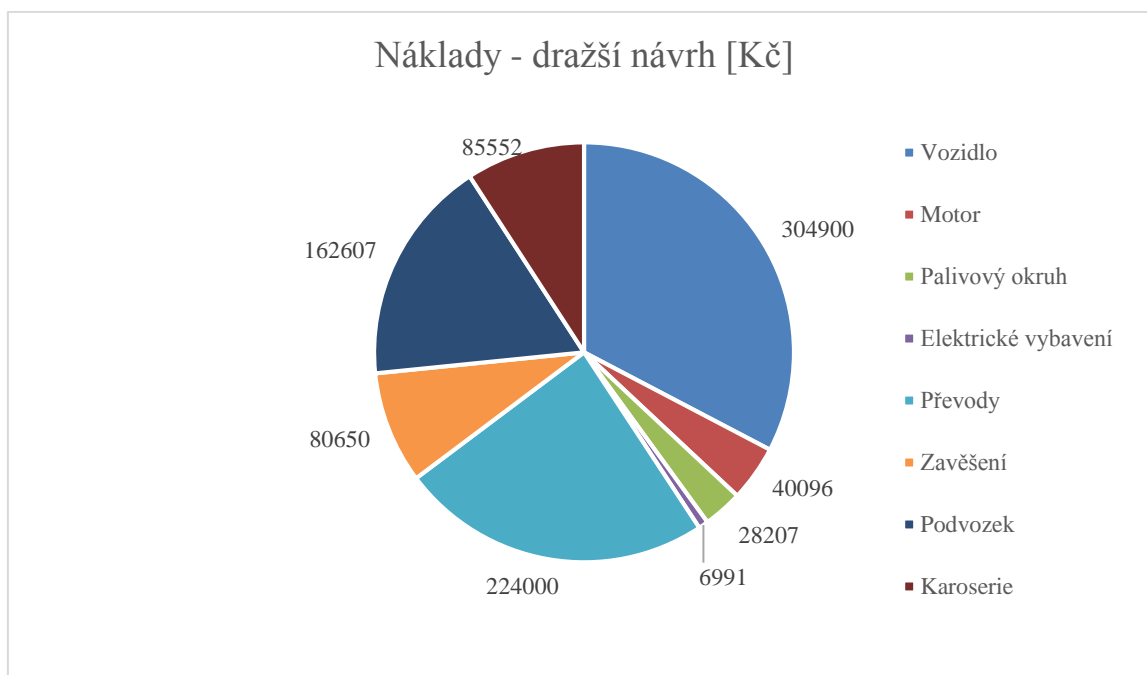
Díl	Úprava	Cena dílu [Kč]	Odhadovaná cena práce [Kč]	Odhadovaný rozdíl hmotnosti [kg]
Zvedák	Výměna	18 090	100	-2
Ochrana podvozku	Instalace	4 500/3 500	2 000	42/34
Ochranný rám	Instalace	10 000	6 000	58
Sedačky přední	Výměna	18 812/11 482	500	-20/-14
Adaptér na sedačky	Instalace	3 900	500	4
Pásy přední	Výměna	7 908	500	0
Sedačky zadní	Odstranění	0	300	-10
Pásy zadní	Odstranění	0	200	-5
Hasicí systém	Instalace	3 700	3 000	8
Hasicí přístroj	Instalace	842	500	4
Části interiéru a klimatizace	Odstranění	0	3 200	-31
Mechanismus zadního stěračce	Odstranění	0	1 000	-2
Součet	–	67 752/59 422	17 800	46/44

6.9 SOUČET

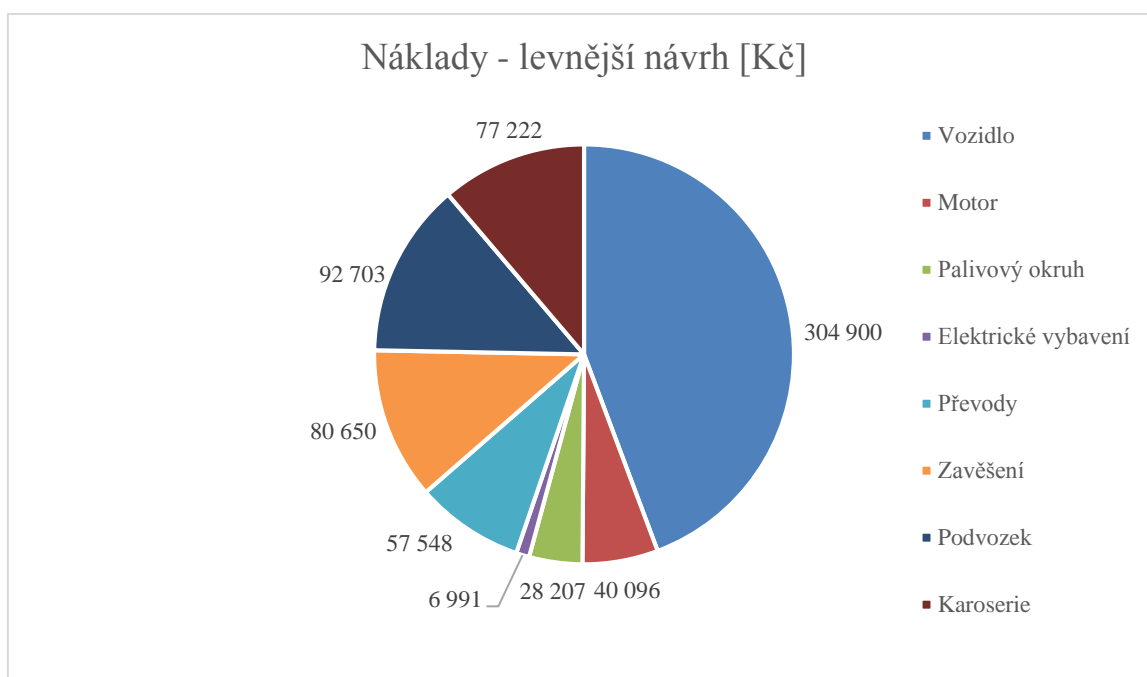
Níže můžeme vidět celkové náklady na nákup a výměnu (případně úpravu) komponent v jednotlivých kategoriích pro dražší i levnější variantu koncepčního návrhu, stejně jako odhadovaný rozdíl hmotnosti vzniklý výměnou či úpravou jednotlivých komponent. Nejzásadnější rozdíl mezi těmito variantami činí sekvenční převodovka, brzdový systém a kola s pneumatikami určenými na šotolinu, které levnější varianta postrádá.

Tab. 29 Odhady cen a hmotností – součet

Sekce	Cena dílů [Kč]	Cena práce [Kč]	Hmotnost [kg]
Vozidlo	304 900	–	998
Motor	31 596	8 500	-9
Palivový okruh	24 207	4 000	7
Elektrické vybavení	5 891	1 100	-7
Převody	221 000/52 048	3 000/5 500	-3/2
Zavěšení	78 650	2 000	6
Podvozek	152 407/83 503	10 200/9 200	-8/-11
Karoserie	67 752/59 422	17 800	46/44
Součet	886 403/640 217	46 600/48 100	1 030/1 030
Celek	933 003/688 317		1 030/1 030



Graf 7 Náklady – dražší návrh



Graf 8 Náklady – levnější návrh

Uvedené cenové odhady v případě dražšího návrhu zahrnují kola a pneumatiky jak na asfalt, tak na šotolinu. V případě zájmu by však bylo možné zakoupit vozidlo připravené pouze na jeden druh povrchu. Ceny jednotlivých variant jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 30 Ceny jednotlivých variant

Varianta	Celková cena [Kč]
Dražší – asfalt	872 046
Dražší – šotolina	856 129
Levnější – asfalt	688 317
Levnější – šotolina	681 347

6.10 DALŠÍ PROMĚNNÉ

V této kapitole jsou popsány další veličiny, které mohou ovlivnit cenu koncepčního návrhu. Tyto veličiny jsou však proměnné, a proto je není možno zahrnout do celkového nacenění.

6.10.1 VOZIDLO

Koncepční návrh počítá s ceníkovou cenou zvoleného automobilu. Je však běžnou praxí, že je na automobil poskytnuta sleva. Tato sleva by mohla být ještě vyšší při odběru většího počtu vozidel.

Další možností, jak snížit pořizovací cenu vozidla je volba předváděcího či mírně ojetého vozidla. Totožné vozidlo s nájezdem do 10 000 km a stářím maximálně 18 měsíců lze koupit až o 55 000 Kč levněji než vozidlo nové.

6.10.2 PRODEJ VE FORMĚ SKELETU

Celková cena prodávaného vozidla může být snížena prodejem odstrojeného skeletu, který bude mít odstraněny všechny nepotřebné díly a nainstalovaný ochranný rám. Ostatní díly určené k montáži budou dodány zvlášť. Zákazník si tak instalaci provede sám, což výrazně sníží náklady spojené s prací. Odhadovaná úspora nákladů činí 30 000 Kč.

6.10.3 ORIGINÁLNÍ DÍLY

Teoretické snížení ceny koncepčního návrhu by se dalo dosáhnout prodejem originálních dílů, které budou vyměněny. Jedná se především o chladiče, výfukové potrubí, palivovou nádrž, baterii, pružiny a tlumiče, spojku, kola, zadní brzdový systém, volant, zvedák, sedačky a pásy, části interiéru a izolaci. V případě dražšího konceptu také kompletní převodovka, v případě levnějšího konceptu stálý převod a diferenciál.

Cena těchto dílů je však silně ovlivněna poptávkou, která je velmi proměnlivá. Proto je složité vytvořit teoretický odhad zisku prodeje těchto dílů, a z toho důvodu s ním není v koncepčním návrhu počítáno.

6.10.4 SERVISNÍ NÁKLADY

Velmi podstatnou část nákladů na provoz závodního automobilu tvoří servisní náklady. Je velmi obtížné teoreticky odhadnout servisní intervaly jednotlivých komponent, nicméně díky údajům výrobců a zkušenostem závodních týmů s podobnými vozidly (a jejich úpravami) můžeme alespoň řádově odhadnout servisní intervaly některých komponent.

Výměna zapalovacích svíček – nízké jednotky tisíců kilometrů.

Výměna provozních kapalin (především olejů) – řádově stovky kilometrů.

Inspekce motoru (a případné opravy) – nízké jednotky desetitisíců kilometrů.

Inspekce turbodmychadla (a případné opravy) – řádově tisíce kilometrů.

Inspekce převodovky (a případné opravy) – nízké jednotky tisíců kilometrů.

Inspekce hnacích hřídelí (a případné opravy) – nízké jednotky tisíců kilometrů.

Inspekce spojky (a případná výměna) – řádově vysoké stovky až nízké tisíce kilometrů.

Inspekce brzdového systému (a případné opravy a výměny) – nízké jednotky tisíců kilometrů.

ZÁVĚR

Diplomová práce vykládá pravidla kategorie Ra5 a popisuje požadavky na vozidlo a možné úpravy takového vozidla. Vozidla této kategorie jsou nejpodobnější vozidlům sériovým, jelikož regulace dovolují nejméně úprav ze všech kategorií. Výklad těchto regulací je rozdělen do několika kapitol dle dělení FIA.

Jsou zde popsáni současní i minulé zástupci této kategorie, a to včetně vozidel soutěžících v lokálních pohárech. Nejrozšířenější zástupci jsou Ford Fiesta a Citroen DS3. Zde můžeme vyzorovat nízký zájem o tuto kategorii, jelikož jediným stále se prodávajícím zástupcem je Ford Fiesta. Ostatní zástupci své nástupce pro tuto kategorii nedostali, což potvrzuje tento trend. Potvrzuje to i provedený průzkum, který odhalil nízký zájem jak ze strany profesionálních závodníků a závodních týmů, tak fanoušků a hobby jezdců. Výjimku představují Itálie a Francie, kde je zájem o tuto kategorii o něco vyšší, především díky lokálním pohárům v této kategorii. Organizace takových pohárů by mohla rozšířit povědomí i zájem o tuto kategorii i v České republice. Povědomí a zájem by mohla rozšířit i možnost výběru závodního vozu s nižší cenou.

Vozidlo vybráno v tomto koncepčním návrhu je Škoda Fabia 1.0 TSI, a to především kvůli vhodné hmotnosti a objemu motoru, dostupnosti a modularitě dílů v rámci koncernu Volkswagen a také nízké ceně. Práce podrobně popisuje veškeré úpravy vozidla. Mezi nejdůležitější modifikace patří úprava řídicí jednotky, nové výfukové potrubí, závodní palivová nádrž, v případě dražšího návrhu sekvenční převodovka, třicestně nastavitelné tlumiče a pružiny, přepracovaný brzdový systém, kola a pneumatiky specifické pro povrch rallye, sportovní sedačky, hasicí systém a ochranný rám. Tyto komponenty musí splňovat regulace FIA pro tuto kategorii, musí být odolné, musí pozitivně ovlivňovat vlastnosti vozidla a disponovat akceptovatelnou cenou.

Následuje návrh ochranného rámu a porovnání deseti různých variant z hlediska konstrukce, hmotnosti a dosažených napětí a deformací v homologačních zkouškách. Vzhledem k faktu, že všechny varianty byly vytvořeny v souladu s regulacemi FIA, nejsou rozdíly mezi jednotlivými variantami příliš velké, a proto byl finální návrh vybrán především s ohledem na dosažené napětí v konstrukci při homologačních zkouškách.

Závěrem práce obsahuje nacenění několika variant tohoto vozidla, konkrétně dražší a levnější variantu a jejich modifikace pro použití na asfaltových a šotolinových tratích. Odhadnutá cena je výrazně nižší než momentálně jediný prodáváný konkurent. V závislosti na zvolené konfiguraci se cena pohybuje mezi 681 347 Kč a 933 003 Kč. V případě levnější varianty tvoří vozidlo zhruba 44 % nákladů, díly 49 % nákladů a práce 7 % nákladů. V případě dražší varianty je rozložení nákladů následující: vozidlo 33 %, díly 62 % a práce 5 %.

Práce dále zmiňuje několik možností, jak lze tuto cenu dále snížit. Jedná se například o slevu při nákupu vozidla, nebo použití předváděcího či mírně ojetého vozidla, prodej ve formě skeletu, kdy by si zákazník nainstaloval jednotlivé komponenty do vozidla sám či prodejem nevyužitých originálních dílů.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Etapy a erzety: Z čeho se skládá rallye | Začátečnickův průvodce rallye. *Škoda Motorsport* [online]. 2018 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/etapy-a-erzety-z-ceho-se-sklada-rallye-zacatecnikuv-pruvodce-rallye/>
- [2] Začínáme s motorsportem. *Autoklub ČR* [online]. Praha, 2015 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://zaciname.autoklub.cz/index.php/rally/>
- [3] Club Activities. *FIA* [online]. Paříž, 2020 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.fia.com/club-activities>
- [4] Organisation. *FIA* [online]. Paříž, 2020 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.fia.com/organisation>
- [5] Appendix J 2020 - Article 260 - Specific Regulations for Cars in Groups Rally5 & Rally4 - WMSC 06.03.2020. In: *FIA* [online]. Paříž: FIA SPORT - Technical Department, 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.fia.com/file/129982/download/30218>
- [6] Rally Pyramid. In: *ŠKODA Motorsport* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA Motorsport, 2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://skoda-ms.s3.amazonaws.com/2020/01/pyramid.jpg>
- [7] INTRODUCING THE ALL-NEW FORD FIESTA R1. *M-SPORT* [online]. Dovenby: M-Sport, 2019 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.m-sport.co.uk/single-post/2019/06/11/INTRODUCING-THE-ALL-NEW-FORD-FIESTA-R1>
- [8] FORD FIESTA R1 TECHNICAL SPECIFICATION. In: *M-SPORT* [online]. Dovenby: M-Sport, 2019 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: https://d1d5ae37-f9f7-471a-94be-cbd6d805a704.filesusr.com/ugd/89553f_c5e16c153cdd4e29a856696f96c54a05.pdf
- [9] FORD FIESTA R1. In: *M-SPORT* [online]. Dovenby: M-Sport, 2019 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: https://static.wixstatic.com/media/89553f_03d5fd2740ef470b959673230f17b2e7~mv2_d_2048_1365_s_2.jpg/v1/fill/w_1095,h_730,al_c,q_85,usm_0.66_1.00_0.01/89553f_03d5fd2740ef470b959673230f17b2e7~mv2_d_2048_1365_s_2.webp
- [10] TWINGO RENAULT SPORT R2 & R1. In: *S.A.D.A.C.* [online]. Paříž: Renault Sport, 2010 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: http://www.sadac.cz/catalog/renault_twingo_r2_r1_presskit.pdf
- [11] DUMITRACHE, Alina. Renaultsport Announces UK Twingo R1 and R2 Trophies from 2012. In: *Autoevolution* [online]. Bucharest: Autoevolution, 2011 [cit. 2020-02-

- 03]. Dostupné z: https://s1.cdn.autoevolution.com/images/news/renaultsport-announces-uk-twingo-r1-and-r2-trophies-from-2012-36913_1.jpg
- [12] PLACHÝ, Tomáš. Zahájen prodej Citroënu DS3 R1 pro Česko. *Rally Life* [online]. Vsetín: Rally Life, 2012 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.rallylife.cz/citroen-ds3-r1/>
- [13] Citroën DS3 R1. In: *EWRC* [online]. eWRC, 2014 [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://www.ewrc.cz/images/2014/news/ds3r1.jpg>
- [14] TMG Yaris R1A Technical Specification. In: *TOYOTA Motorsport GmbH* [online]. Köln: TOYOTA Motorsport, 2012 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: https://www.racingbytmg.com/wp-content/uploads/downloads/yaris_r1a/YarisR1A_TechSpecsEN.pdf
- [15] CHOY, Danny. Toyota Celebrates 55 Years In Motorsports; Hints New Racing GT86 For the Future Ahead. In: *LATIN TIMES* [online]. New York: Latin Times, 2012 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://images.latintimes.com/sites/latintimes.com/files/2012/08/11/2472.jpg>
- [16] GHR Motorsport Aiming to Revolutionize Rally Mexico with the Mazda 2. *Nacam Rally Championship* [online]. Mexico city, 2019 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://rallynacam.com/ghr-motorsport-aiming-to-revolutionize-rally-mexico-with-the-mazda-2/>
- [17] Mazda 2 R1 Has Amazing Debut at the FIA NACAM Rally. *MZ Racing* [online]. Tokyo, 2019 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://mzracing.jp/en/americanracing/6008>
- [18] GARAJ, Filip. Renault Twingo R1 Evo je najlacnejšia "zadokolka" na rely. *Autožurnál* [online]. Bratislava, 2017 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://autozurnal.ta3.com/renault-twingo-r1-evo-je-najlacnejsia-zadokolka-na-rely>
- [19] Nuova Suzuki Swift 1.0 Boosterjet RS debutta nei Campionati Italiani Rally [FOTO e VIDEO]. *Motori Online* [online]. 2018 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.motorionline.com/2018/01/30/nuova-suzuki-swift-1-0-boosterjet-rs-debutta-nei-campionati-italiani-rally-foto-e-video/>
- [20] ŠURKALA, Milan. Rozměry a hmotnost aut: Jak se změnily za 20 let?. *Svět Mobilně* [online]. Brno: oXy Online, 2018 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.svetmobilne.cz/rozmery-a-hmotnost-aut-jak-se-zmenily-za-20-let/6943>
- [21] Konfigurátor. *Volkswagen Česká republika* [online]. Praha: Porsche Česká republika, 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: https://konfigurator.volkswagen.cz/cc-cz/cs_CZ_VW/V/models?GrossNetSwitch=GROSS
- [22] OLIVÍK, Pavel. Tříválec Volkswagen Group 1.0 TSI – Kariéerní postup. *Automobil Revue* [online]. Praha: Business Media CZ, 2017 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z:

- https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/technika/trivalec-volkswagen-group-1-0-tsi-karierni-postup_45572.html
- [23] Konfigurátor. *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://cc.skoda-auto.com/cze/cs-CZ/>
- [24] Škoda Fabia Active. In: *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: https://iprenders.blob.core.windows.net/basenj3s20200122/K4K4GA-a9Y6egi2-Iif4ETbGuzX.-pBfSyi1I.e47oEJlzZP-GqKx3ND9nbV1_drMmj0Pvkg6T-QENBLGRDJ-1664936dayvext_front1080.png
- [25] ŠKODA FABIA TECHNICKÁ DATA. *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto, 2020 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/fabia/fabia/fabia-rozmary>
- [26] APR Stage 1 ECU Upgrade, 95 RON. In: *APR* [online]. Opelika: APR, 2020 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.goapr.com/includes/img/products/dyno/10_tsi/10_tsi_86ps_s0_vs_s1_95_c.png
- [27] APR Stage 1 ECU Upgrade, 98 RON. In: *APR* [online]. Opelika: APR, 2020 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.goapr.com/includes/img/products/dyno/10_tsi/10_tsi_86ps_s0_vs_s1_98_c.png
- [28] APR Stage 1 ECU Upgrade, 102 RON. In: *APR* [online]. Opelika: APR, 2020 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.goapr.com/includes/img/products/dyno/10_tsi/10_tsi_86ps_s0_vs_s1_102_c.png
- [29] ATL® - Fuel Tank Filler Neck With Paddle Valve. In: *CARiD* [online]. Cranbury: CARiD, 2020 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://images.carid.com/atl/page/22-black-gallon-saver.jpg>
- [30] BHAGAT, Sadanand. Worm Gear Differential (Torsen Differential). In: *GrabCAD* [online]. Rechovot: Stratasys, 2020 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/83abf3b41e0abd141a8dab02d0b3d966/original.jpg>
- [31] Tlumiče Protlum Top-race. In: *Protlum* [online]. Pěnčín: Protlum [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <http://www.protlum.cz/web/admin/fckeditor/userfiles/image/full/a87ff679a2f3e71d9181a67b7542122c.jpg>
- [32] EVO CORSE SANREMO 6,5x16. In: *Proracing* [online]. Praha: AREAL PARK CZ [cit. 2020-04-10]. Dostupné z:

- https://www.proracing.cz/fotky12573/fotos/_vyr_58959Sanremo16_white.jpg
- [33] RBF 660 Brake Fluid. *Motul* [online]. Aubervilliers: Motul, 2020 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.motul.com/cz/cs/products/rbf-660-factory-line>
- [34] Hydraulická ruční brzda HPP. In: *High Performance Parts* [online]. Praha: High Performance Parts, 2020 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: https://www.tuningcardesign.cz/_obchody/tuningcardesign.web5.cz/prilohy/154/hydraulicka-rucni-brzda-hpp-vertikalni-s-brzd-valc-0.jpg.big.jpg
- [35] Evo Corse EvoCRK Rally Jack. In: *Nicky Grist* [online]. Pontrilas: Nicky Grist Motorsports, 2019 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.nickygrist.com/evocrk-rally-car-jack>
- [36] Sparco Rev QRT závodní skořepinové sedadlo. In: *Escape6* [online]. Čestlice: Escape6, 2019 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.escape6.cz/attachments/sparco-rev-qrt-zavodni-skorepinove-sedadlo-homologace-fia-202019124319.jpg>
- [37] RRS ECO FIREX® – mechanický hasicí systém. In: *SpeedPro* [online]. Losiná: Speedpro, 2018 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: https://speedpro.eu/wp-content/uploads/2019/05/kit-extincteur-mecanique-rrs-3_1_3a.jpg
- [38] Appendix J –Article 253. In: *FIA* [online]. Paříž: FIA SPORT - Technical Department, 2020 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.fia.com/sites/default/files/253_2020_wmsc_2019.12.04-corrected_2020.02.21.pdf
- [39] TECHNICAL CARD 25CrMo4. In: *Novacciai* [online]. Pietro Mosezzo: Novacciai Martin [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://www.novacciai.it/CMS/assets/2013/03/25CrMo4-Rev-1.pdf>
- [40] ŠTÁVA, M. *Návrh závodního vozidla kategorie T1*. Brno, 2019, 127 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Petr Hejtmánek.
- [41] Appendix J to the International Sporting Code, 2001. In: *FIA* [online]. Paříž: FIA SPORT - Technical Department, 2001 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: https://historicdb.fia.com/sites/default/files/regulations/1440586352/appendix_j_2001_low.pdf
- [42] *Escape6* [online]. Čestlice: Escape6, 2019 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.escape6.cz/>
- [43] *Autodily Cardo* [online]. Most: CarDo group, 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.autodily-cardo.cz/>

- [44] *APR* [online]. Opelica: APR, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.goapr.com/>
- [45] *ML Parts* [online]. Rajhrad: MLPARTS czech, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://mlparts.cz/>
- [46] *Nerez Materiál* [online]. Tišnov: NerezMaterial.cz, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.nerezmaterial.cz/>
- [47] *GMS* [online]. Lanškroun: GMS velkoobchod, 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/>
- [48] *Autodoc* [online]. Berlín: Autodoc, 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/>
- [49] *Race-Shop* [online]. Košice: Races [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/>
- [50] *EHliník* [online]. Pardubice: A+A Pardubice, 2020 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/>
- [51] *Battery Import* [online]. Jesenice u Prahy: Battery Import, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.battery-import.cz/>
- [52] *Renovak* [online]. Kostelec nad Orlicí: Renovak Kostelec nad Orlicí, 2018 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.renovak.cz/>
- [53] *Quaife* [online]. Praha: MK-Racing, 2017 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <http://www.quaife.cz/>
- [54] *S.A.D.A.C.* [online]. Bradlec: S.A.D.A.C., 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.sadac.cz/>
- [55] *Protlum* [online]. Pěnčín: Protlum [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <http://www.protlum.eu/web/cs/1-uvod.html>
- [56] *Pneu-sport* [online]. Bradlec: Pneu-sport, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://pneu-sport.cz/>
- [57] *Automoto-Eshop* [online]. Frýdek-Místek: FILOBAT, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.automoto-eshop.cz/>
- [58] *2Racing* [online]. Chválenice: Michal Nouzecký [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.2racing.cz/>
- [59] *High Performance Parts* [online]. Praha: High Performance Parts, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.highperformanceparts.cz/>

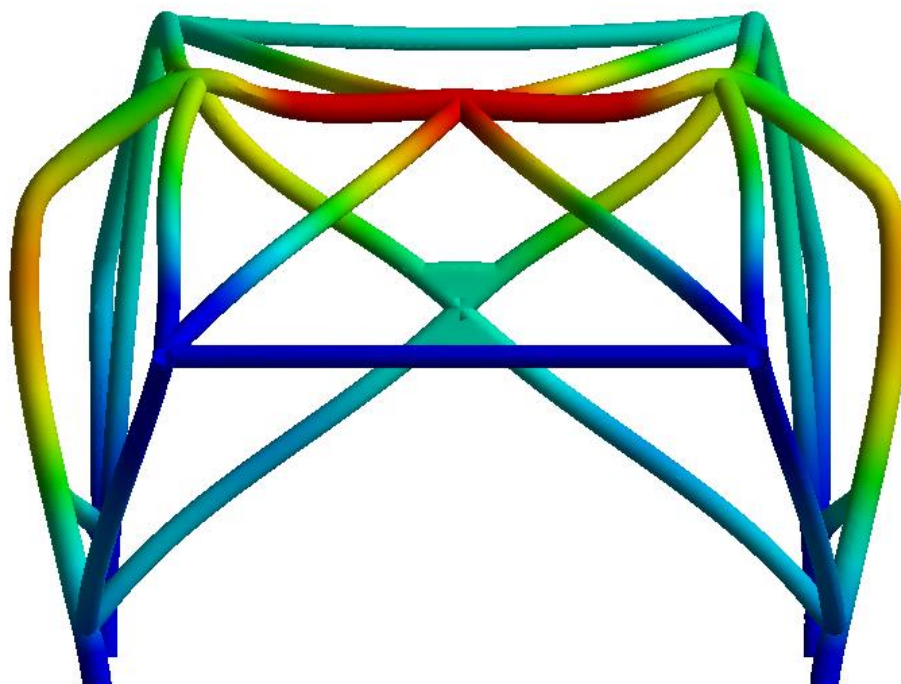
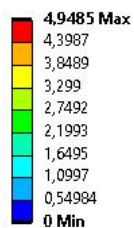
- [60] *Kartcross* [online]. Psáry: RSK Trade, 2020 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://www.kartcross.cz/>
- [61] *Speedpro* [online]. Losiná: Speedpro, 2018 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://speedpro.eu/>
- [62] *RallyeRacing* [online]. Mnichovo Hradiště: Rallye Racing CZ [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <http://www.rallyeracing.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>ABS</i>	Protiblokový systém brzd
<i>ASN</i>	Národní autorita uznávaná FIA
<i>BHP</i>	Výkon na výstupním hřídeli motoru
<i>FIA</i>	Mezinárodní automobilová federace
<i>FIA NACAM</i>	Mezinárodní automobilová federace v Severní a Střední Americe
<i>RON</i>	Oktanové číslo paliva
<i>TCe</i>	Označení přeplňovaných zážehových motorů značky Renault
<i>TSI</i>	Přeplňovaný motor s přímým vstřikem paliva
<i>WEC</i>	Světový vytrvalostní šampionát sportovních vozů
<i>WRC</i>	Mistrovství světa v rallye

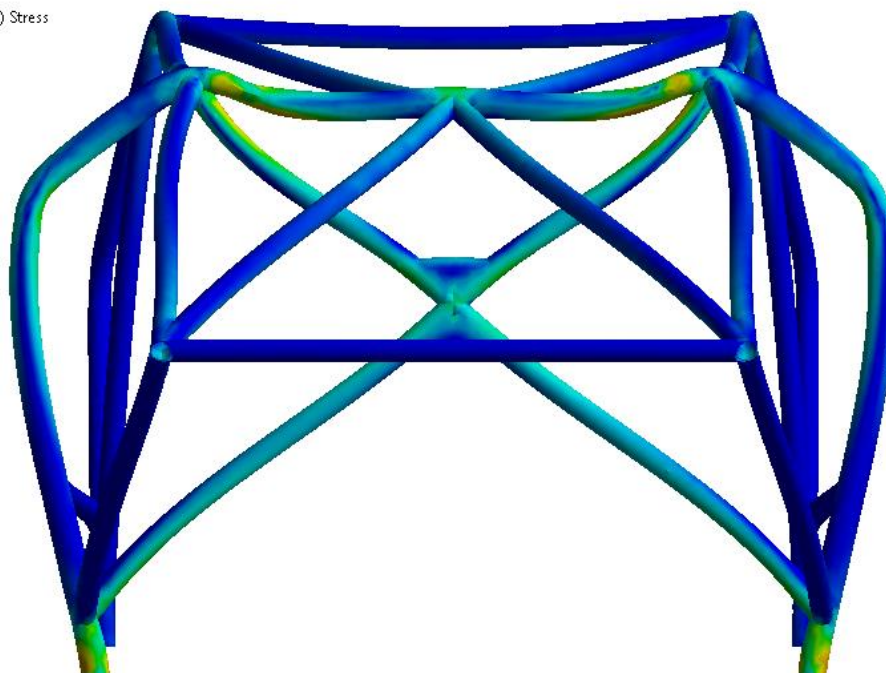
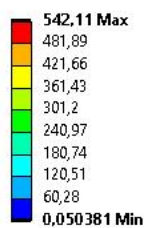
SEZNAM PŘÍLOH

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



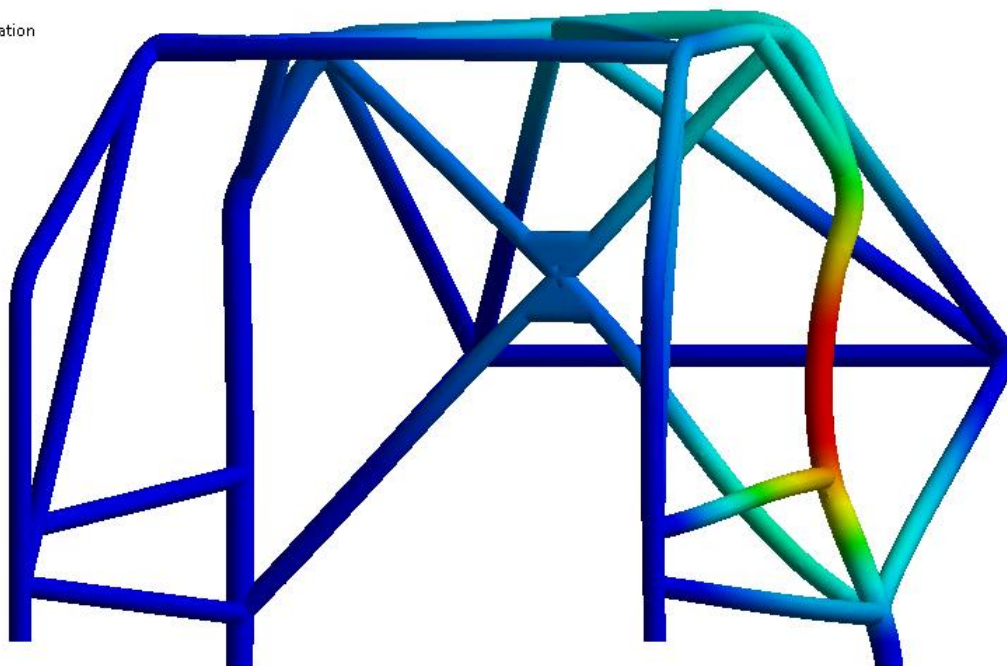
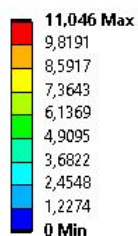
Příloha 1 Konstrukce 1, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



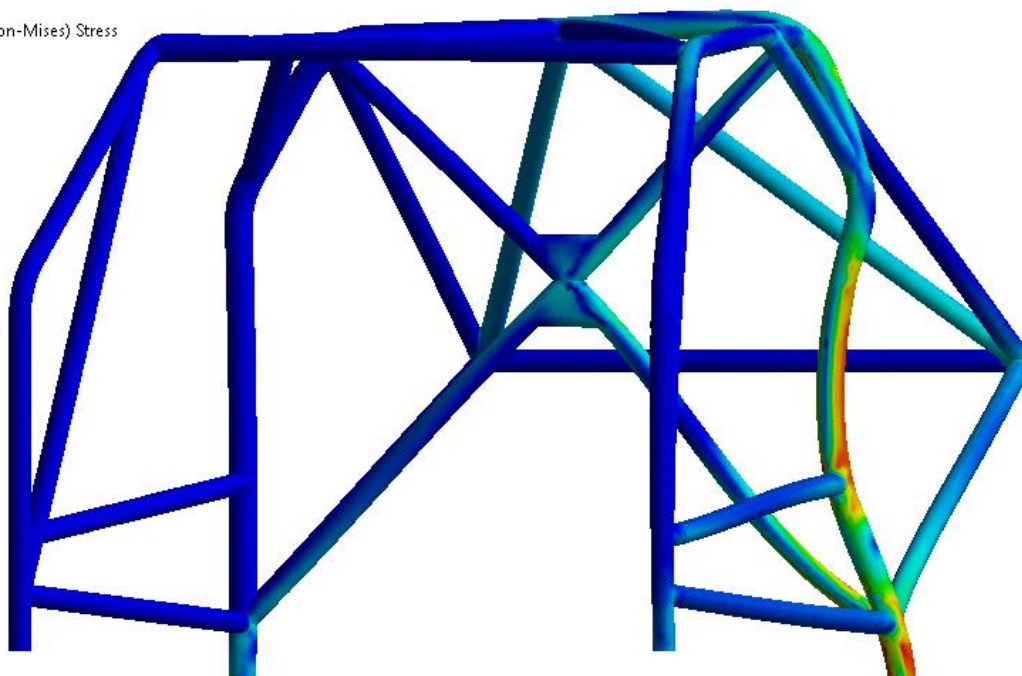
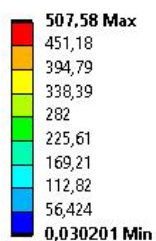
Příloha 2 Konstrukce 1, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



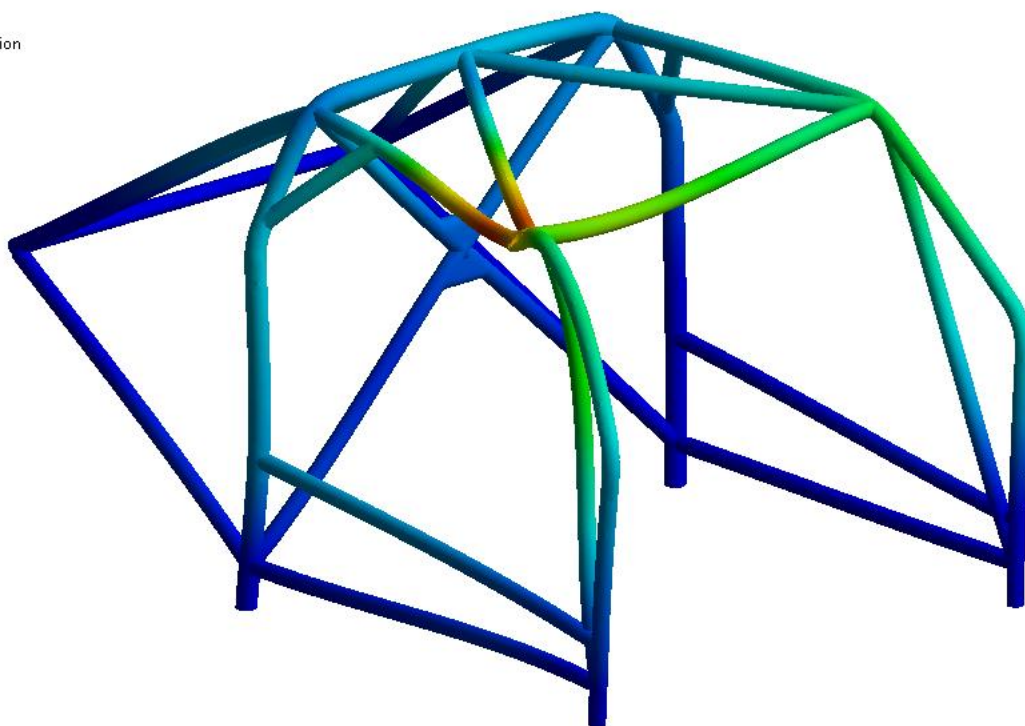
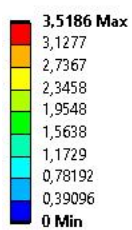
Příloha 3 Konstrukce 1, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



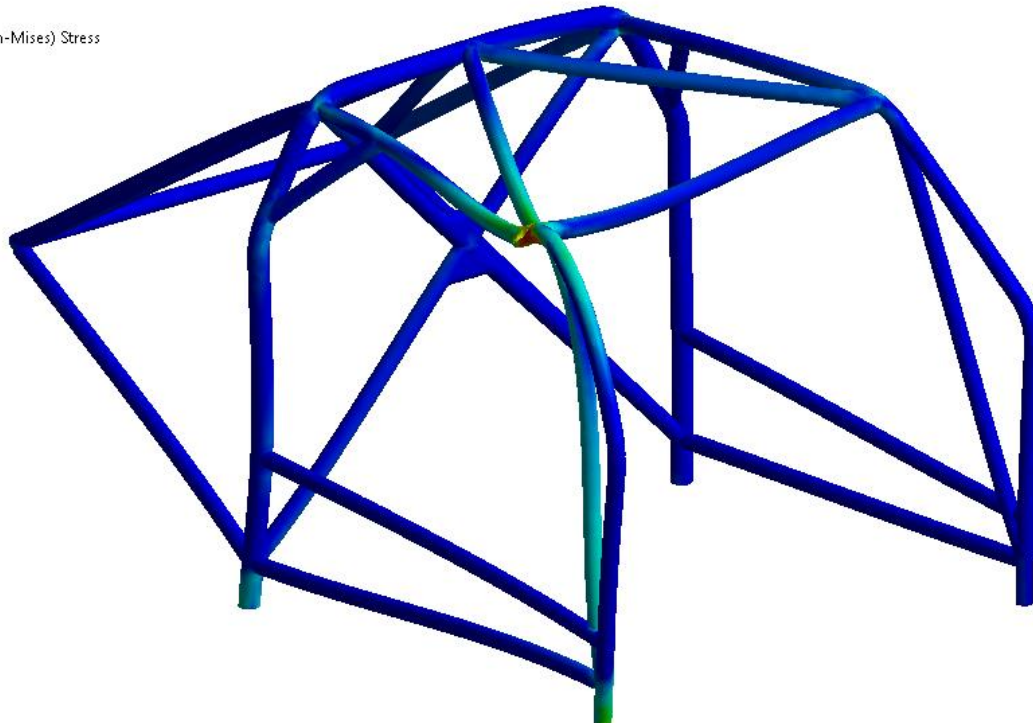
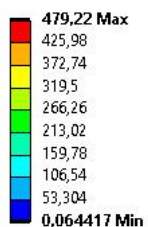
Příloha 4 Konstrukce 1, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



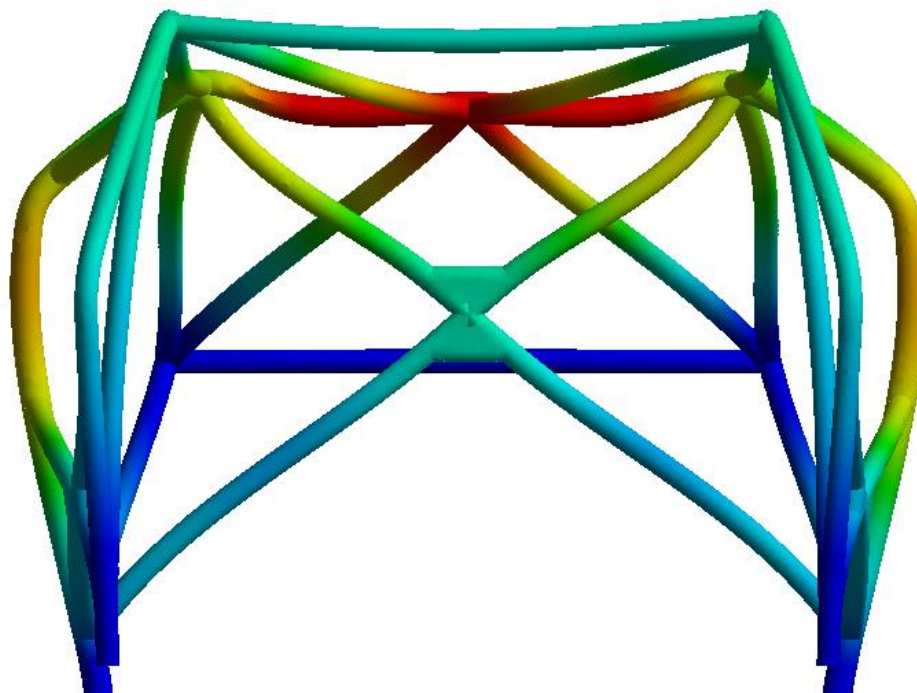
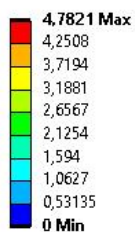
Příloha 5 Konstrukce 1, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



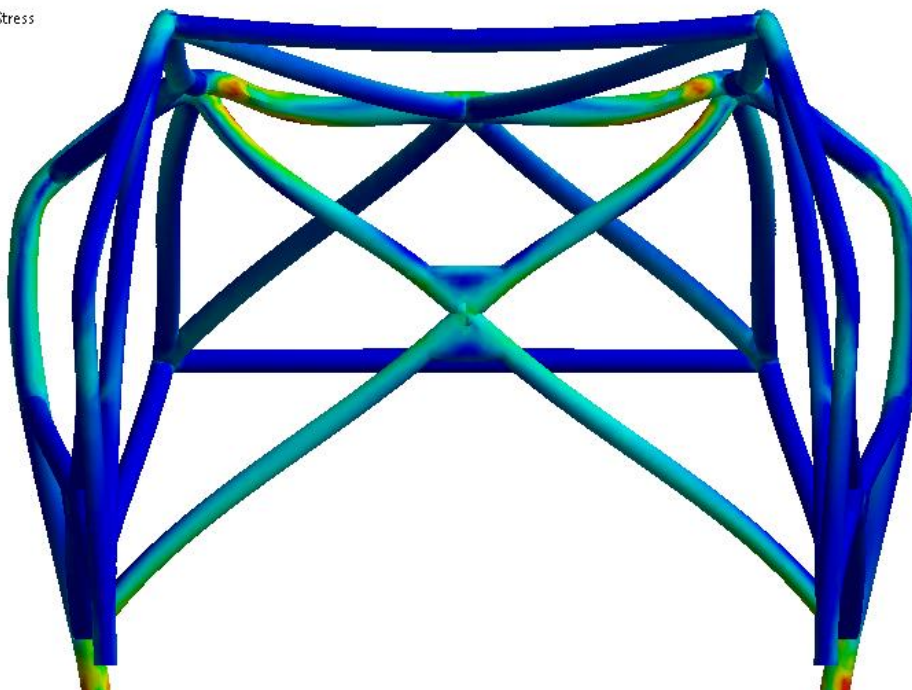
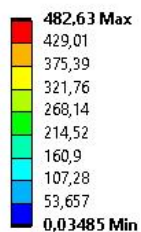
Příloha 6 Konstrukce 1, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
01.06.2020 18:58



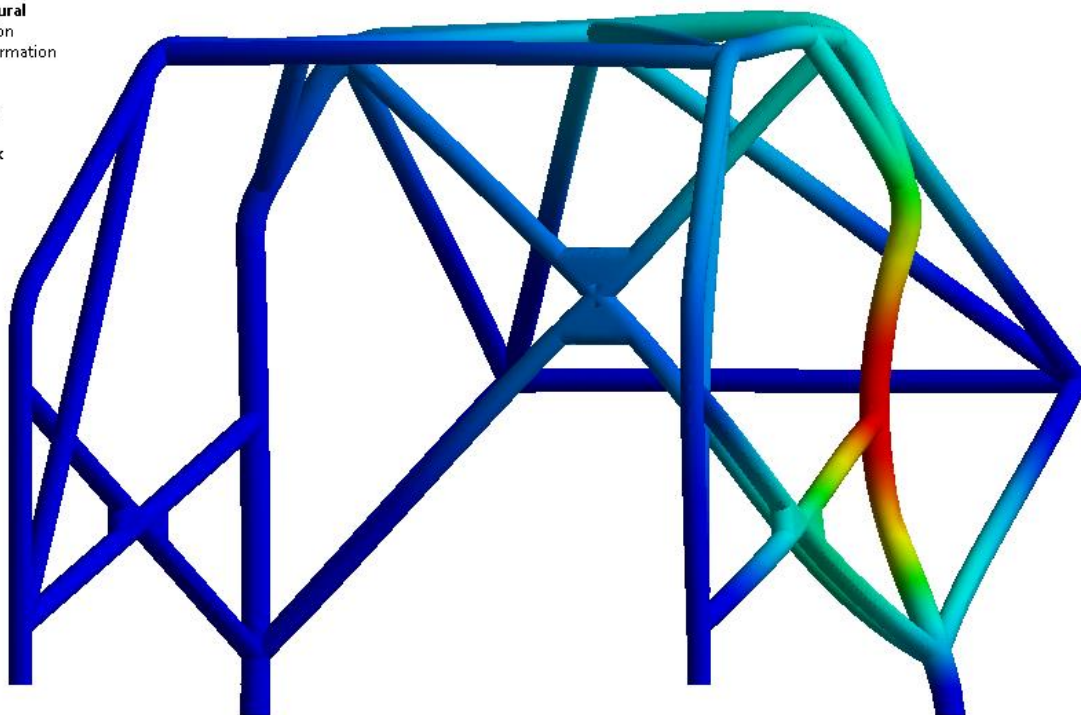
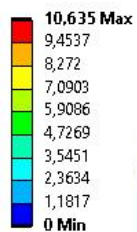
Příloha 7 Konstrukce 2, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
01.06.2020 18:55



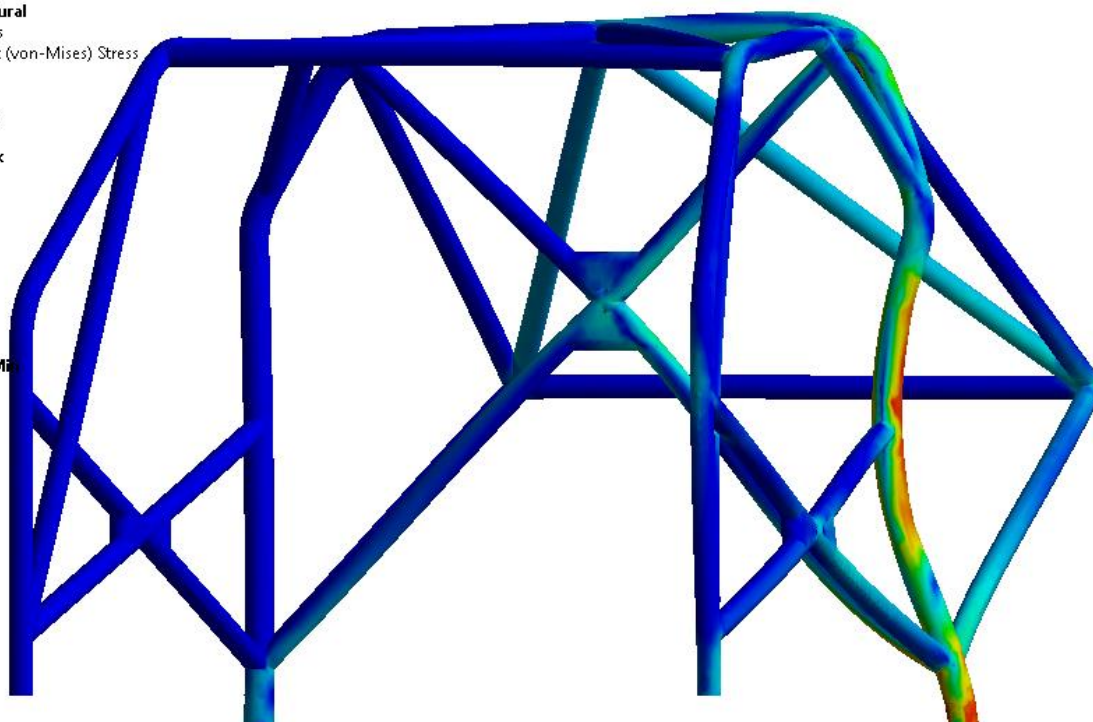
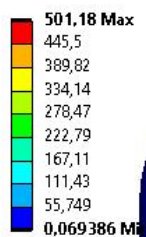
Příloha 8 Konstrukce 2, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
01.06.2020 19:07



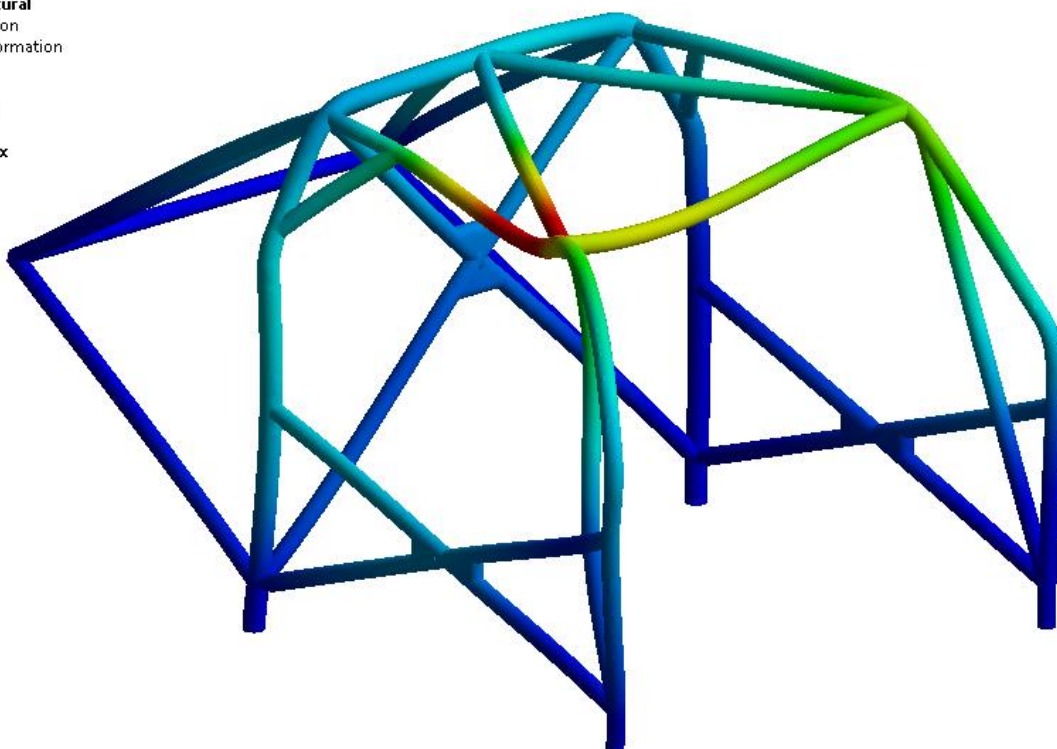
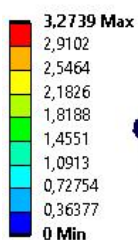
Příloha 9 Konstrukce 2, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
01.06.2020 19:09



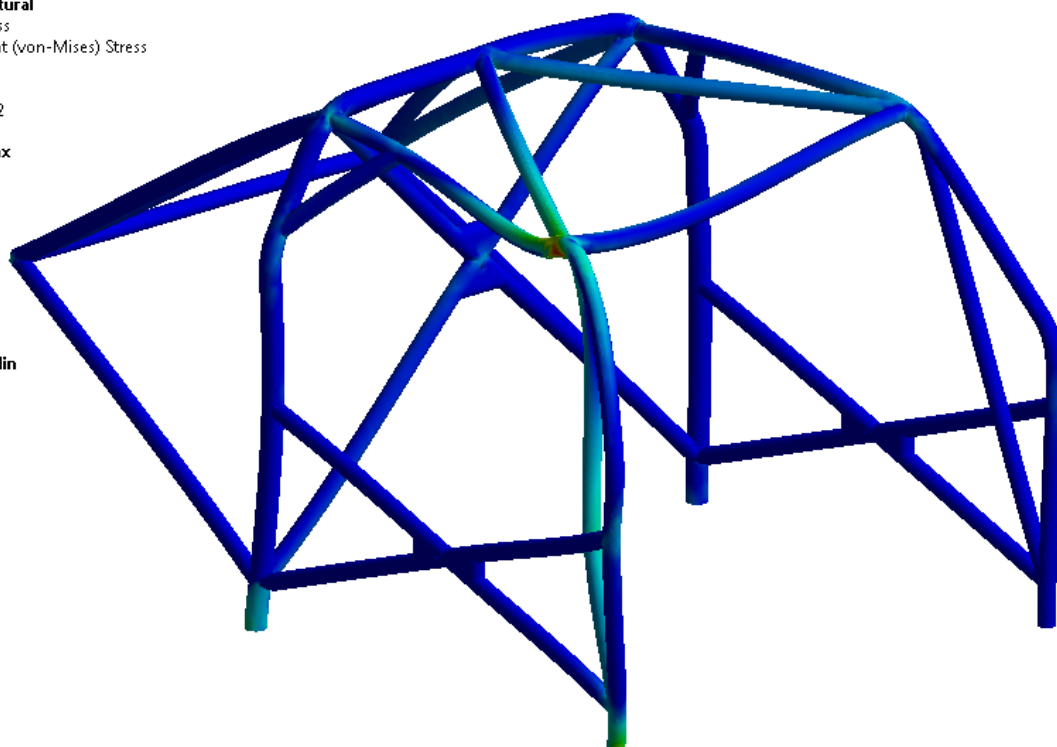
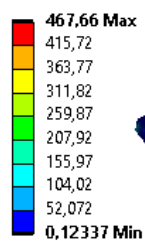
Příloha 10 Konstrukce 2, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
01.06.2020 19:21



Příloha 11 Konstrukce 2, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
01.06.2020 19:22



Příloha 12 Konstrukce 2, zkouška na boční půloblouk, napětí

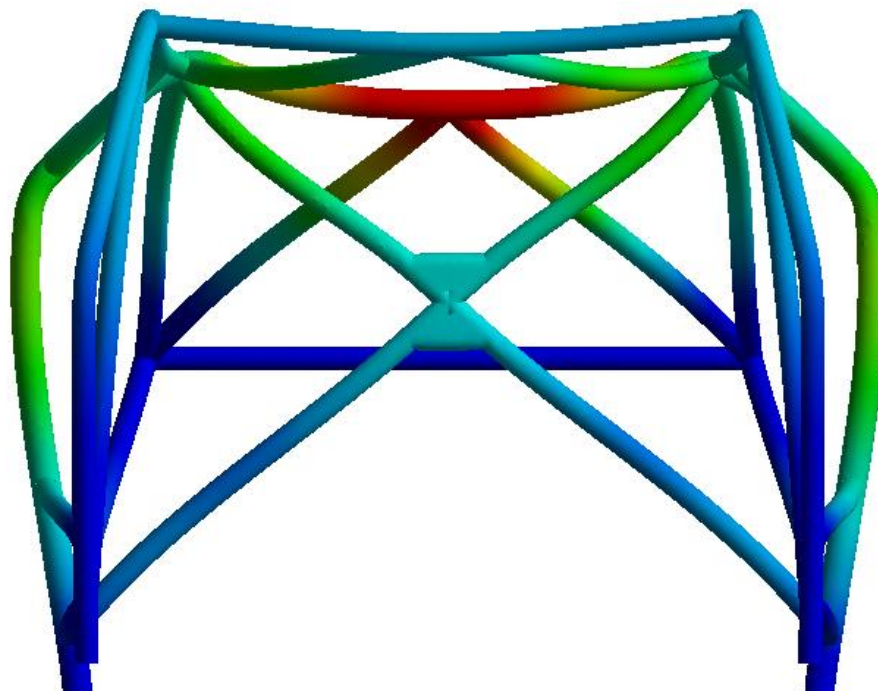
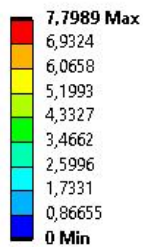
A: Static Structural

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

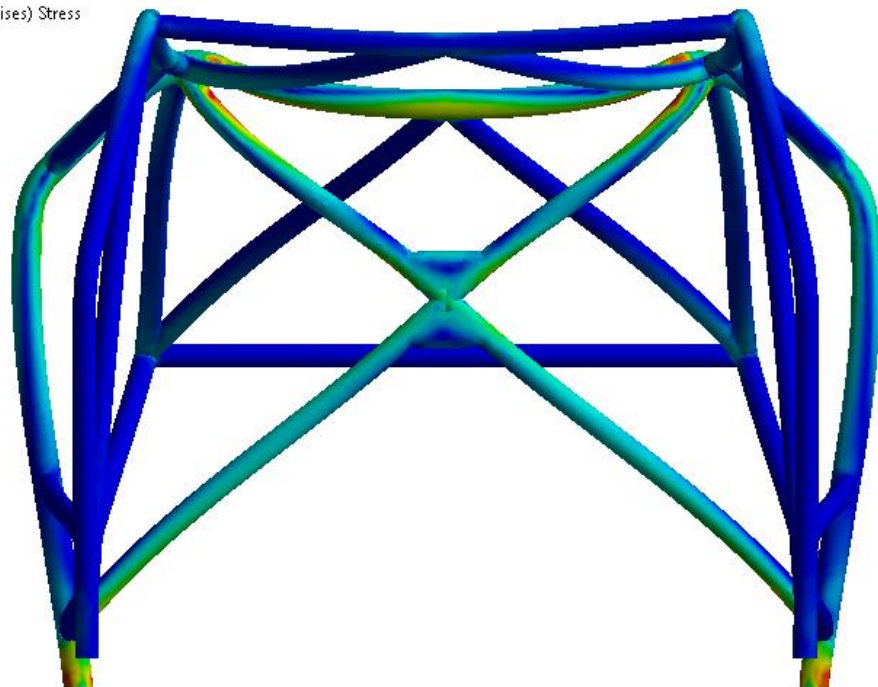
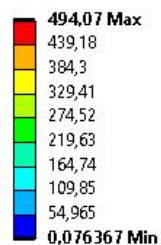
*Příloha 13 Konstrukce 3, zkouška na hlavní oblouk, deformace***A: Static Structural**

Equivalent Stress

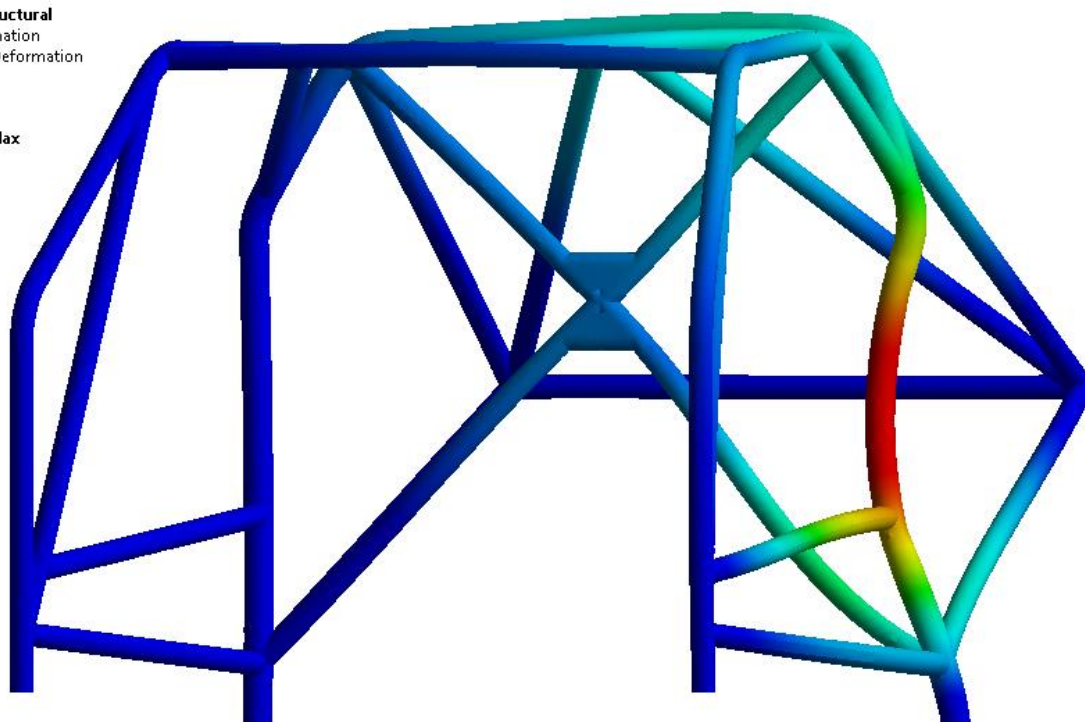
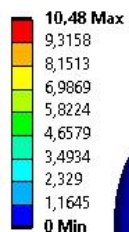
Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

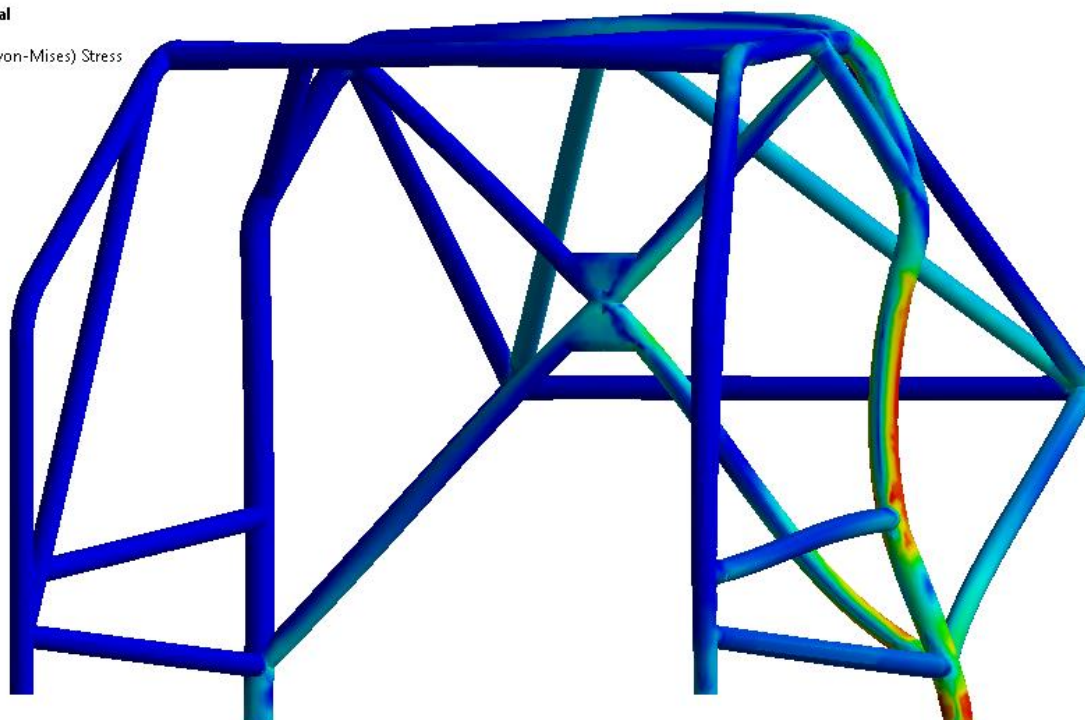
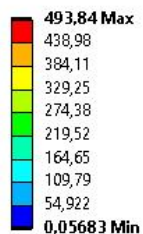
*Příloha 14 Konstrukce 3, zkouška na hlavní oblouk, napětí*

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



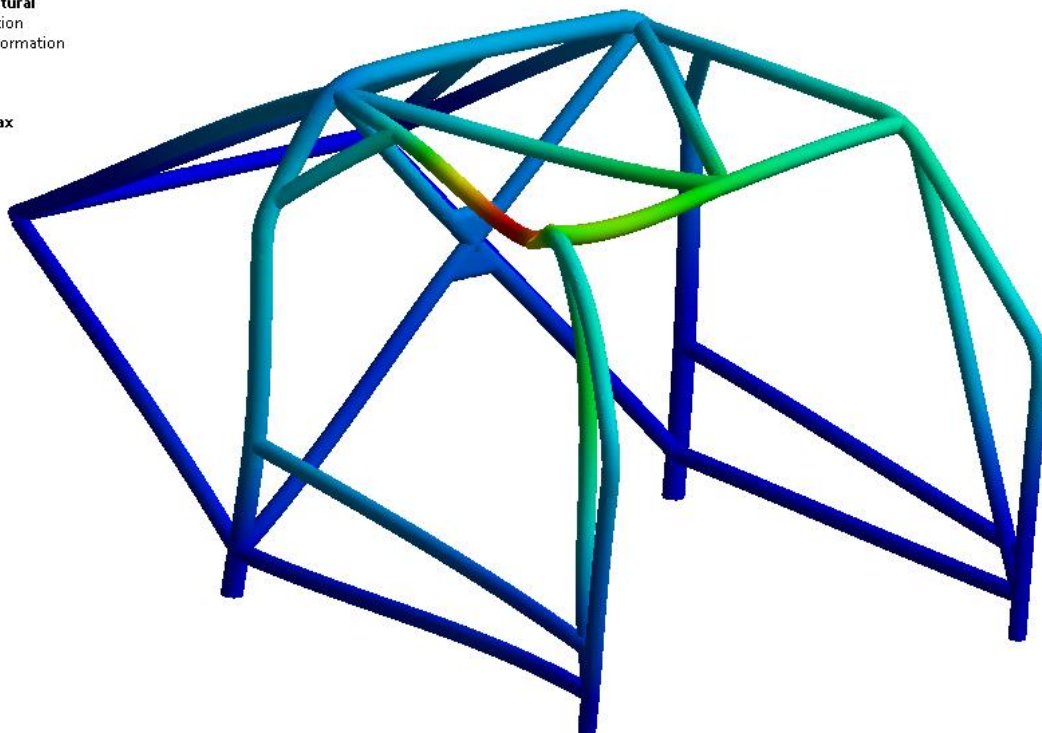
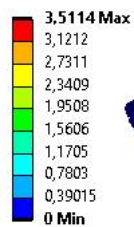
Příloha 15 Konstrukce 3, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



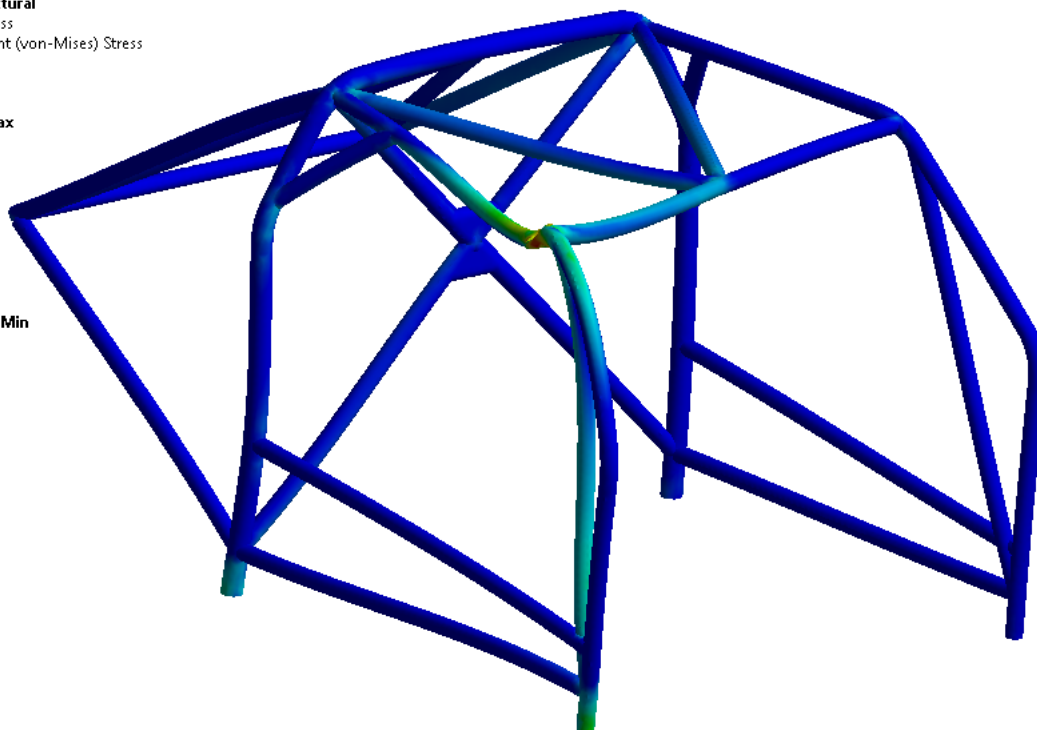
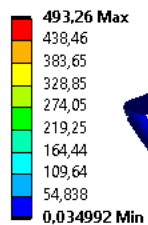
Příloha 16 Konstrukce 3, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 17 Konstrukce 3, zkouška na boční půloblouk, deformace

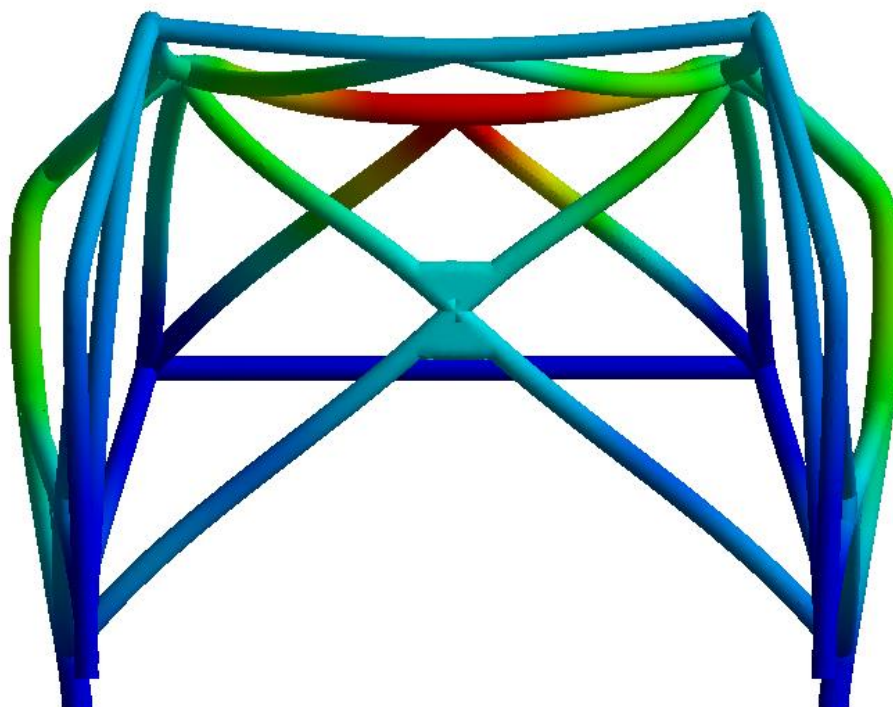
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 18 Konstrukce 3, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

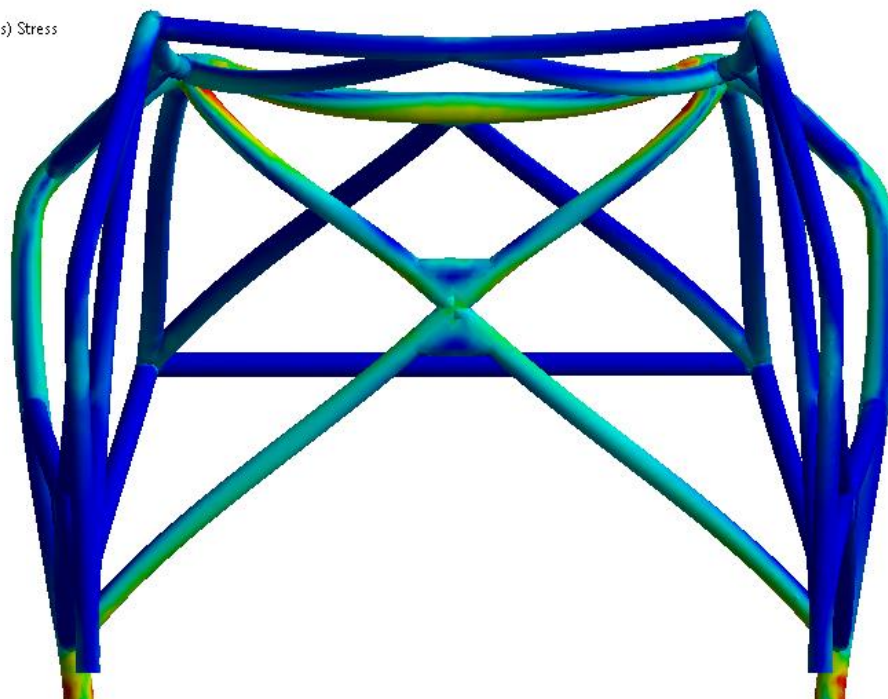
7,5182 Max
6,6829
5,8475
5,0121
4,1768
3,3414
2,5061
1,6707
0,83536
0 Min



Příloha 19 Konstrukce 4, zkouška na hlavní oblouk, deformace

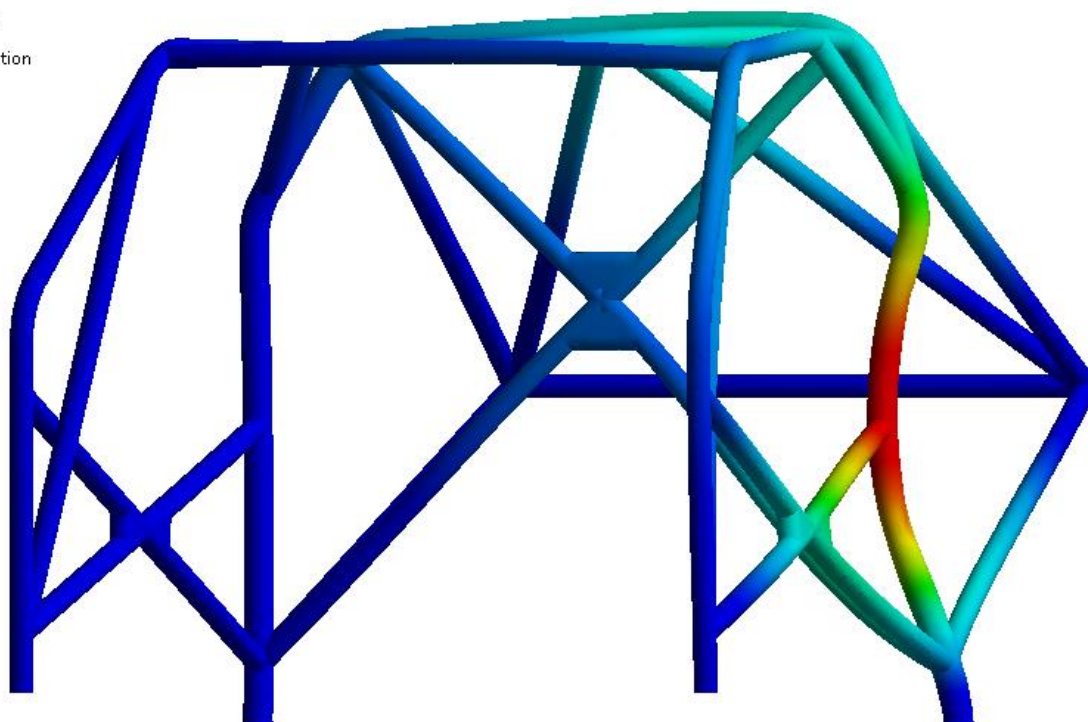
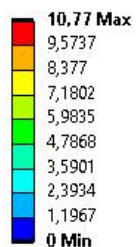
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1

477,87 Max
424,8
371,72
318,64
265,57
212,49
159,41
106,34
53,261
0,18525 Min



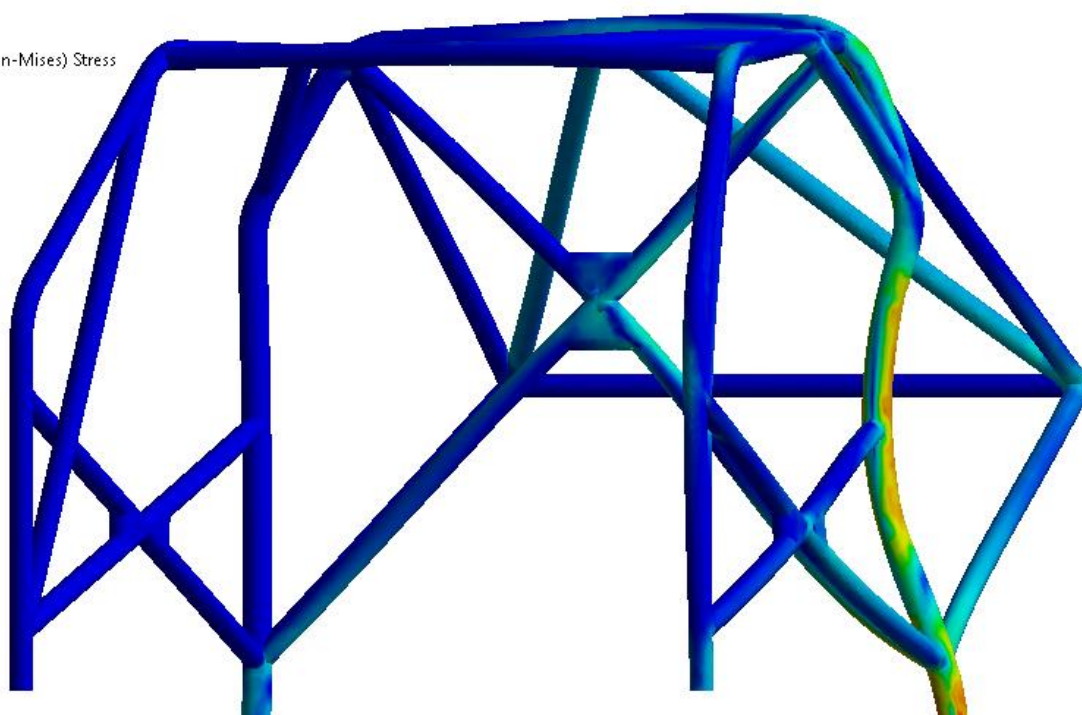
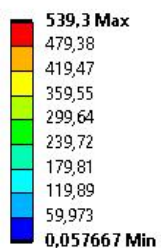
Příloha 20 Konstrukce 4, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



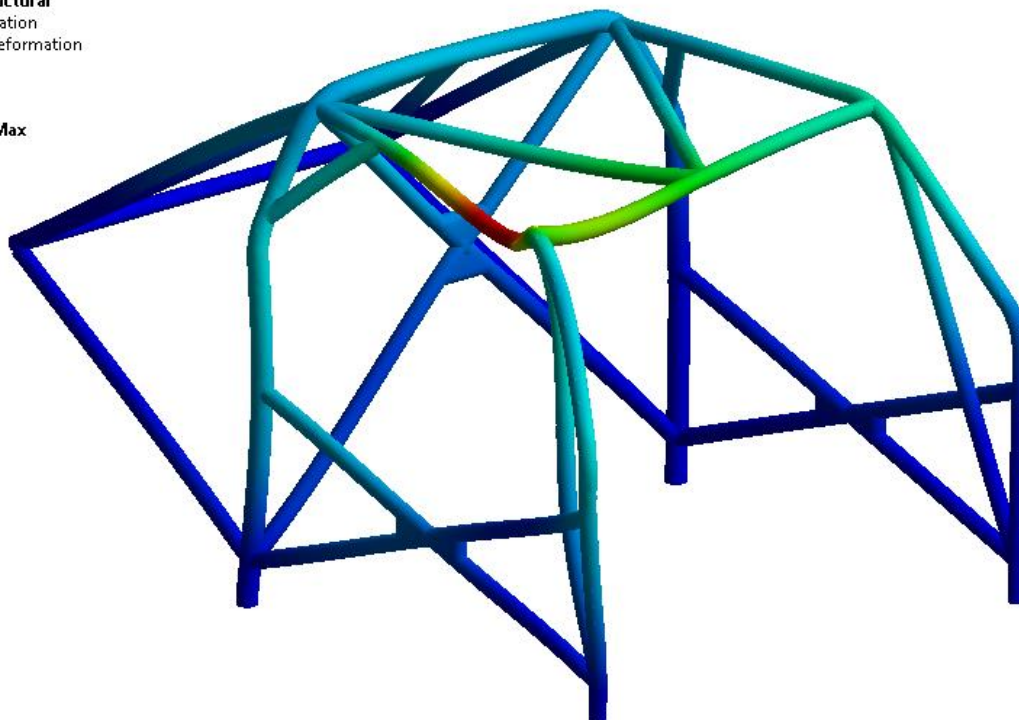
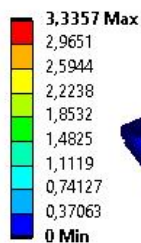
Příloha 21 Konstrukce 4, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



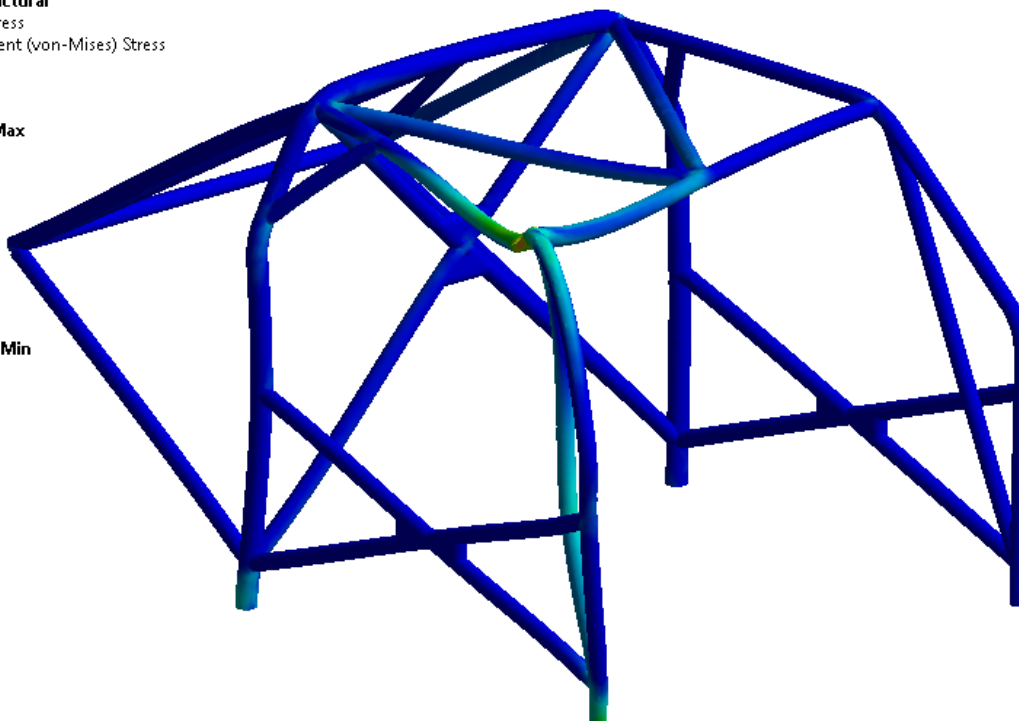
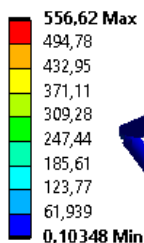
Příloha 22 Konstrukce 4, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

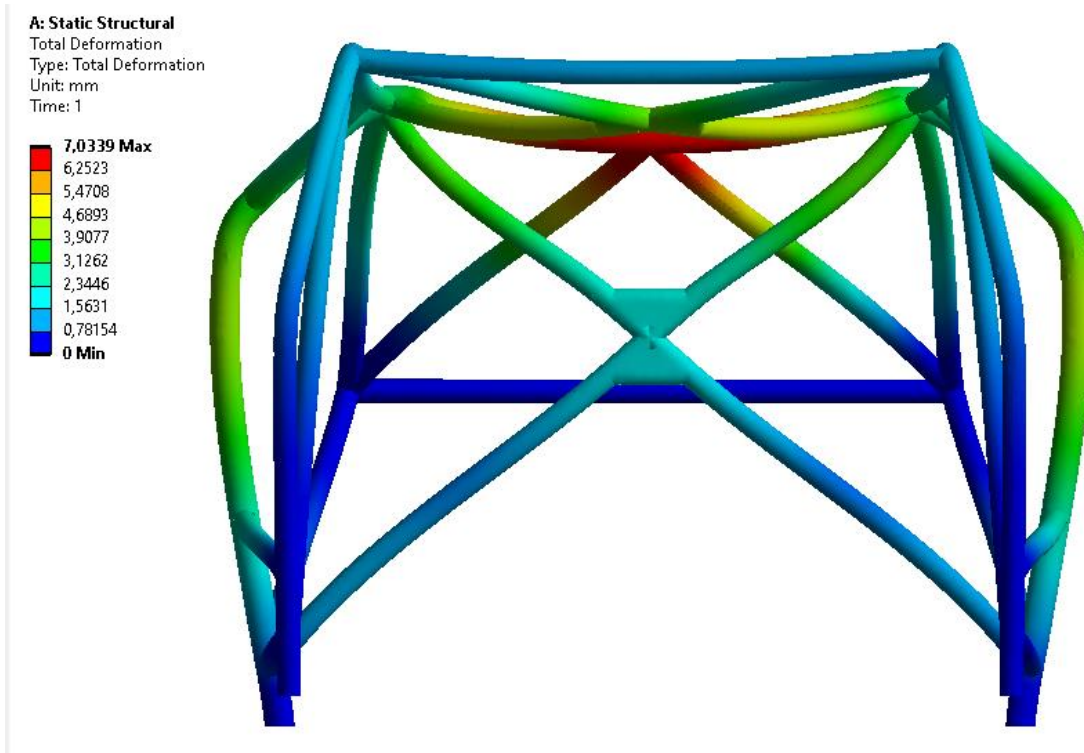


Příloha 23 Konstrukce 4, zkouška na boční půloblouk, deformace

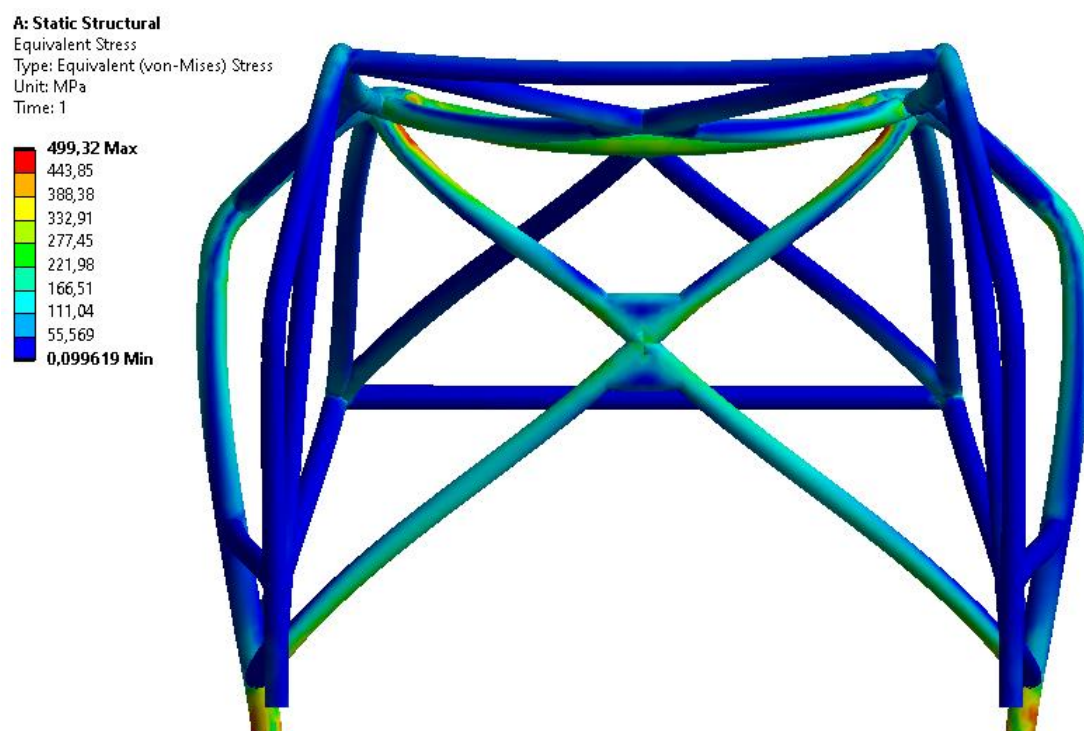
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 24 Konstrukce 4, zkouška na boční půloblouk, napětí

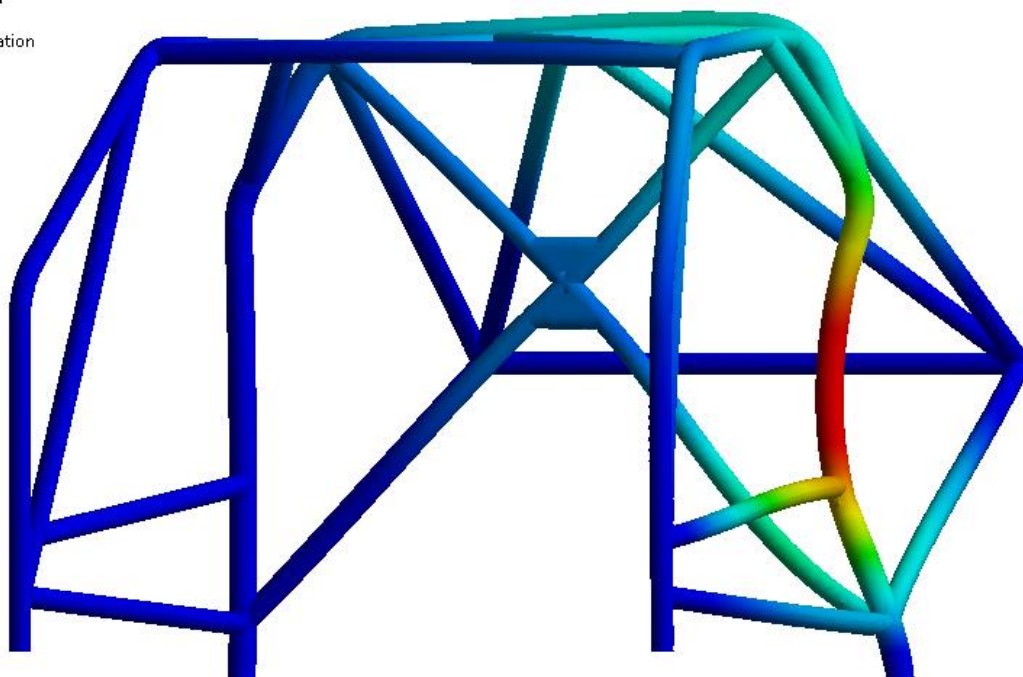
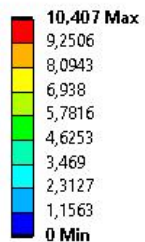


Příloha 25 Konstrukce 5, zkouška na hlavní oblouk, deformace



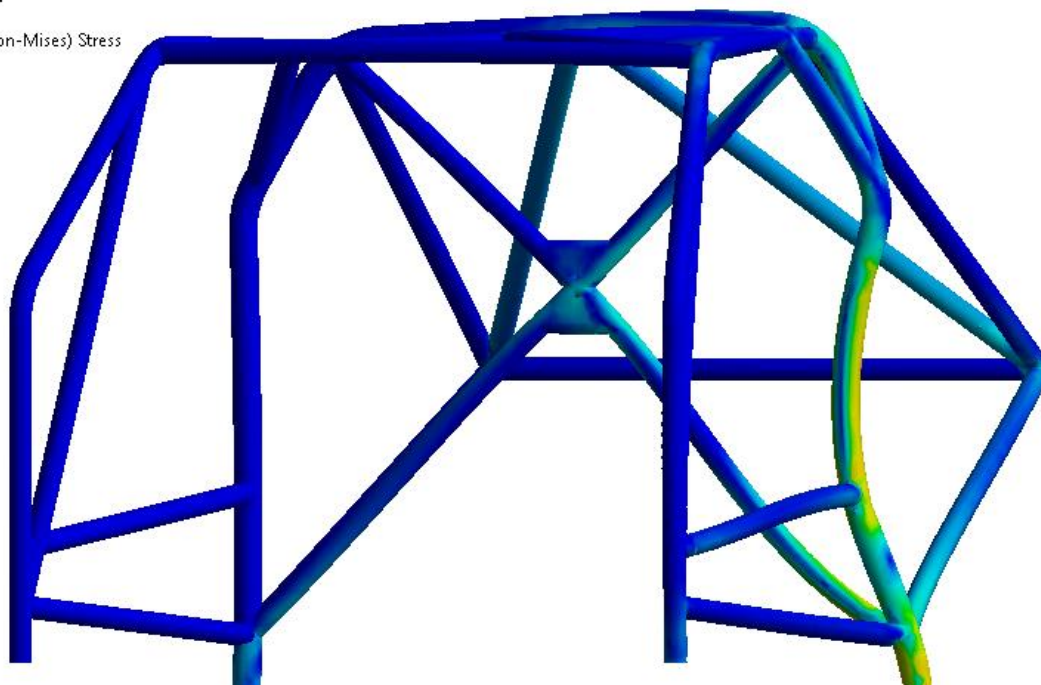
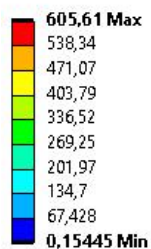
Příloha 26 Konstrukce 5, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



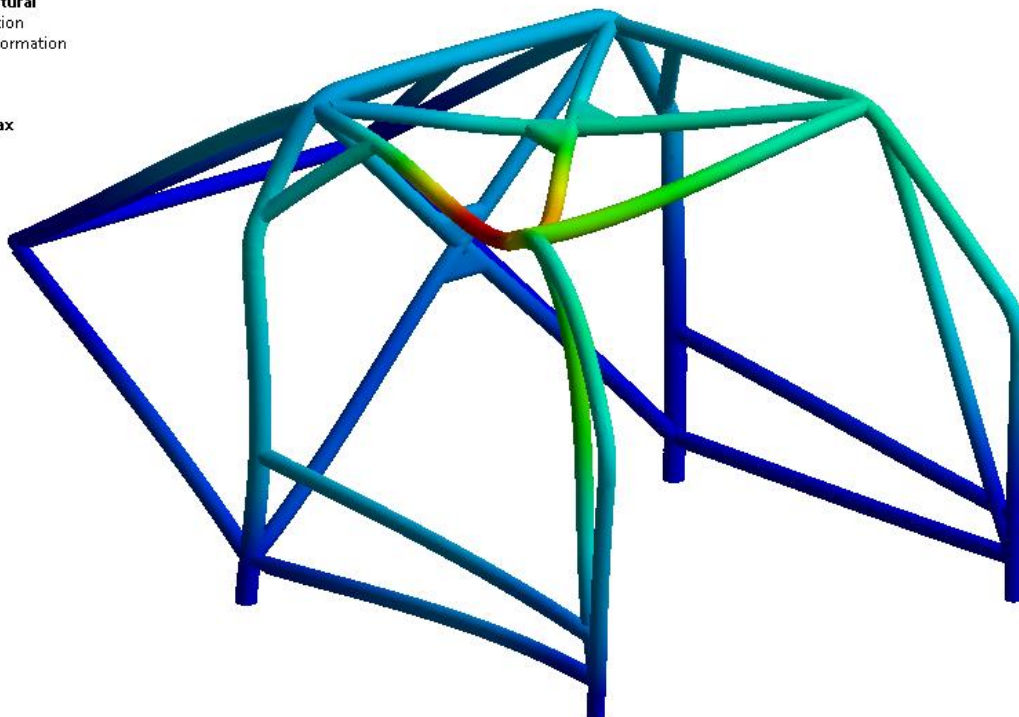
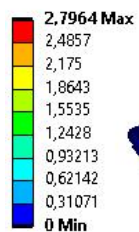
Příloha 27 Konstrukce 5, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



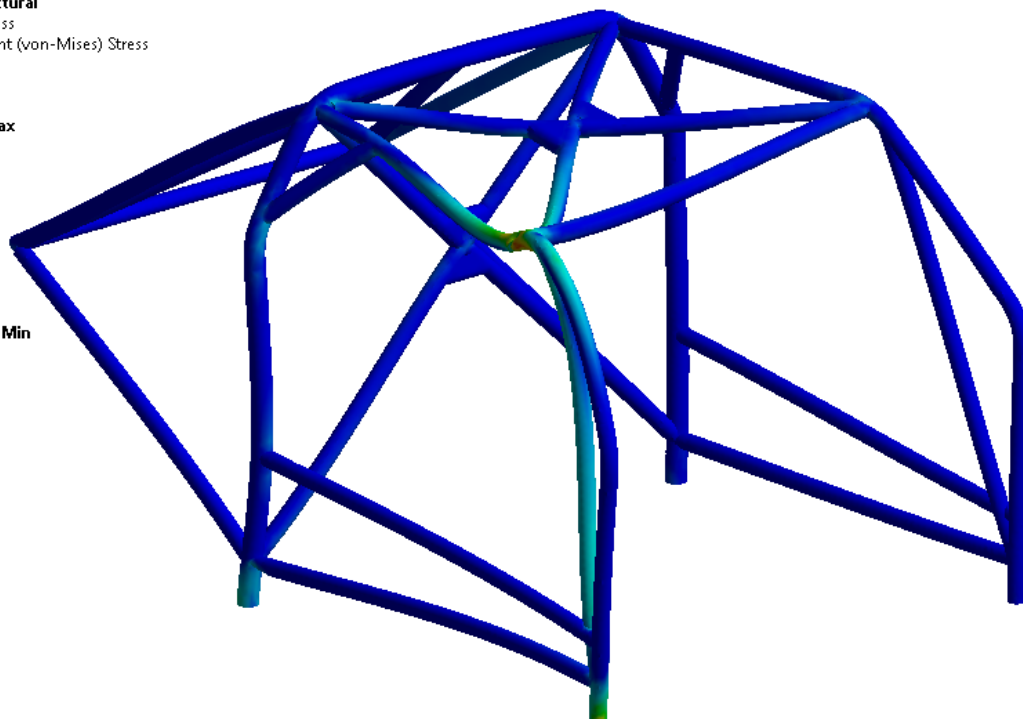
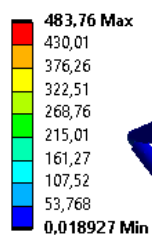
Příloha 28 Konstrukce 5, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 29 Konstrukce 5, zkouška na boční půloblouk, deformace

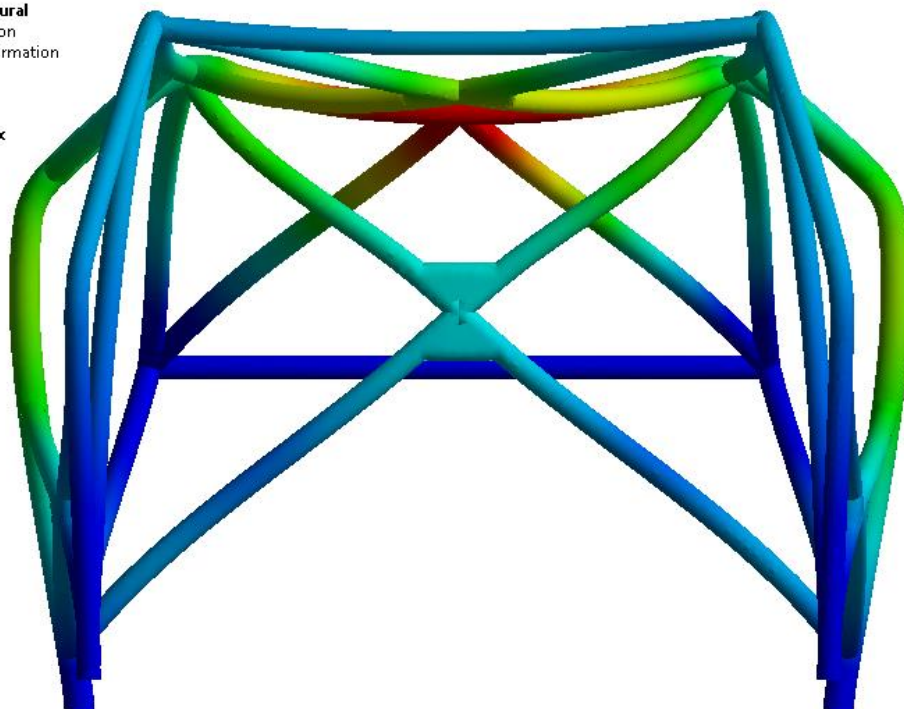
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 30 Konstrukce 5, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

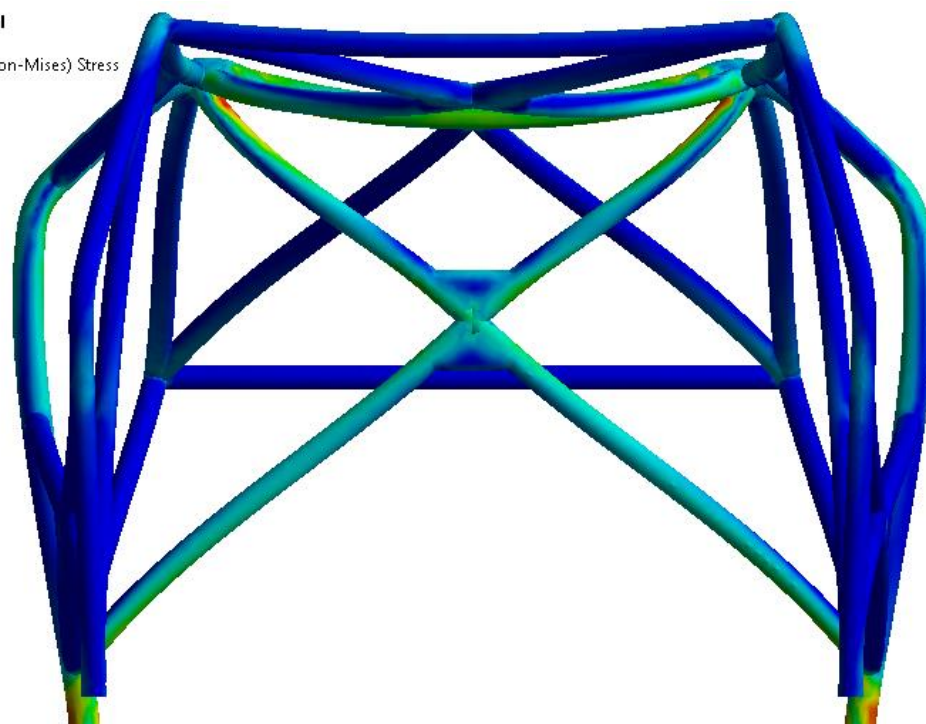
6,7599 Max
6,0088
5,2577
4,5066
3,7555
3,0044
2,2533
1,5022
0,7511
0 Min



Příloha 31 Konstrukce 6, zkouška na hlavní oblouk, deformace

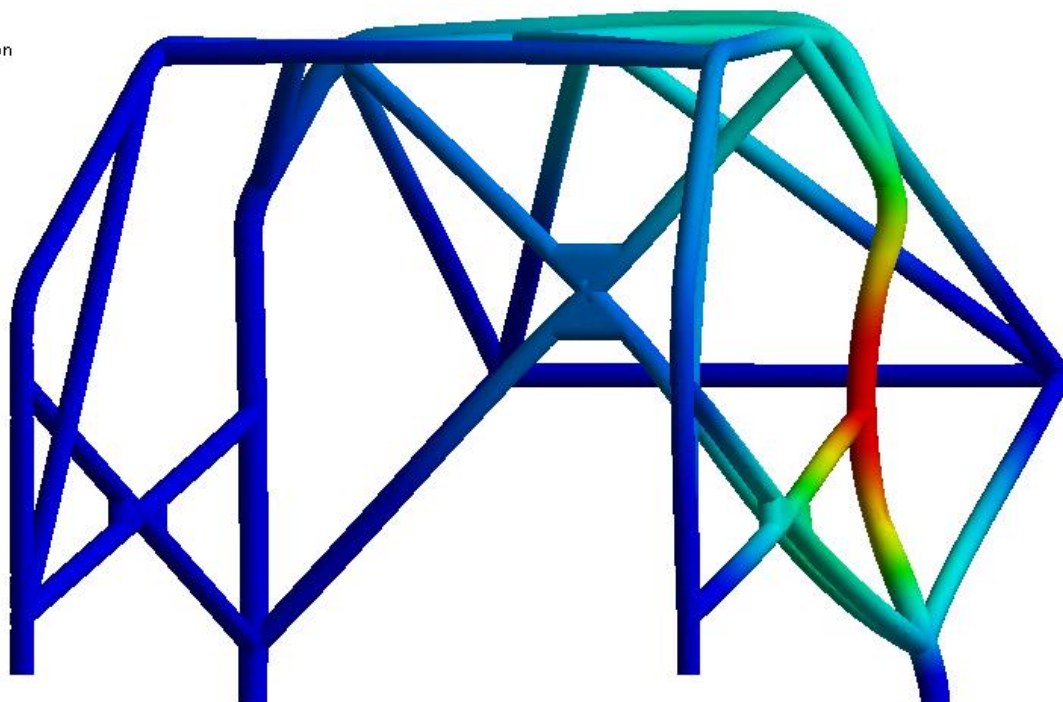
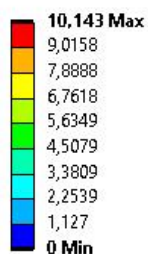
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1

501,07 Max
445,41
389,75
334,09
278,42
222,76
167,1
111,44
55,775
0,11203 Min



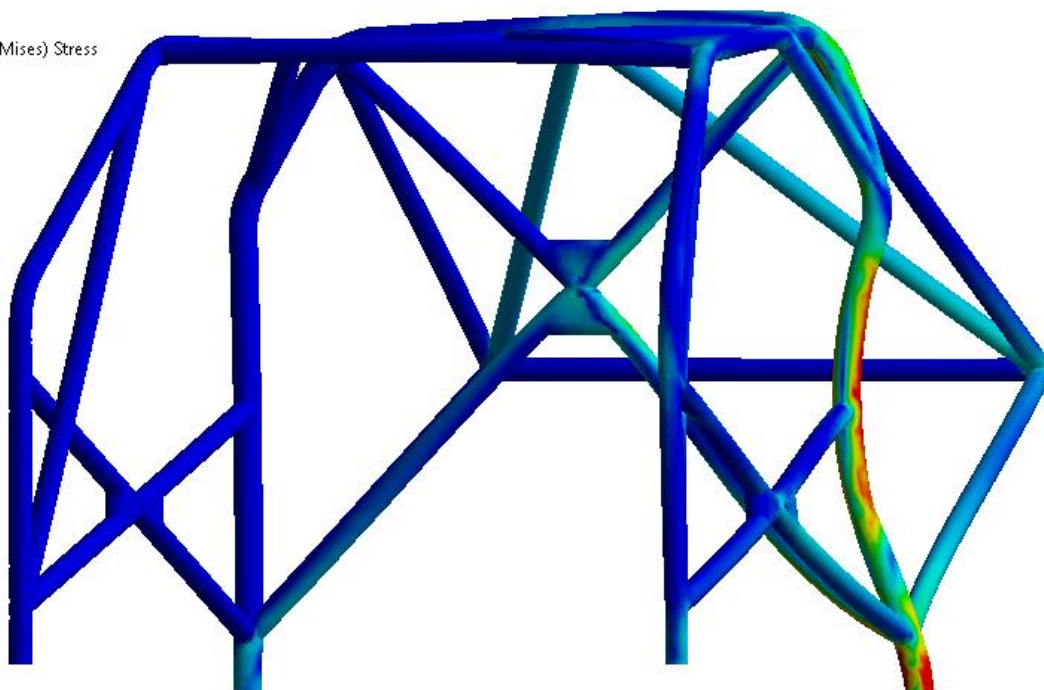
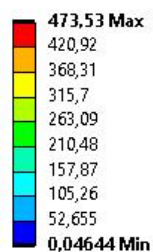
Příloha 32 Konstrukce 6, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



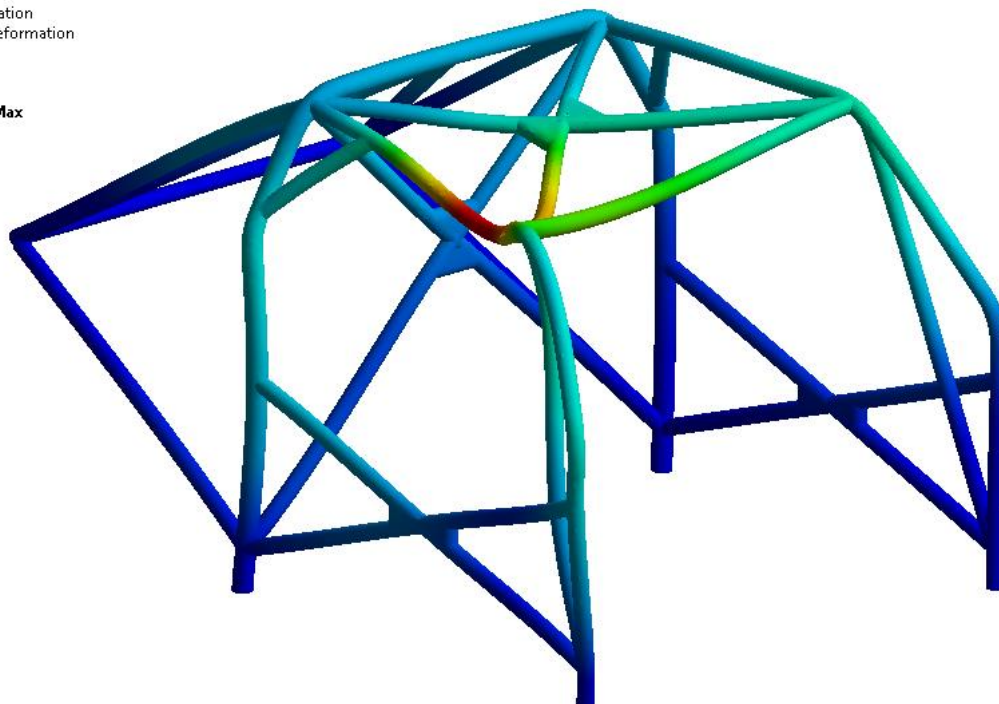
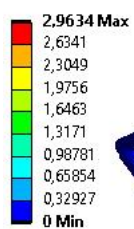
Příloha 33 Konstrukce 6, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



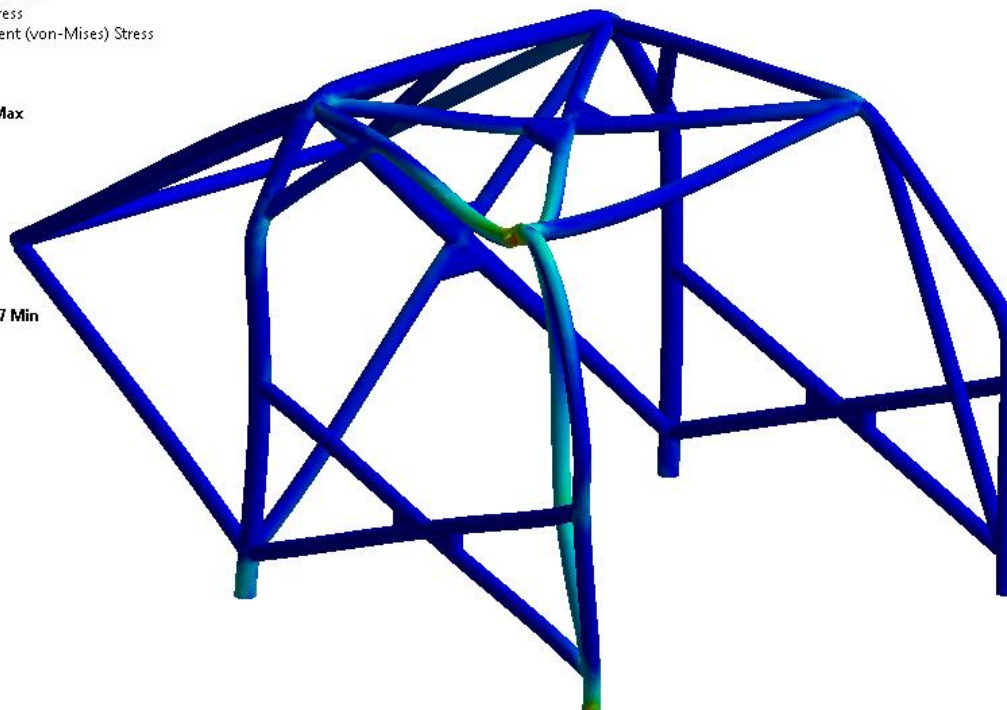
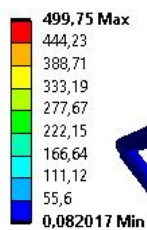
Příloha 34 Konstrukce 6, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 35 Konstrukce 6, zkouška na boční půloblouk, deformace

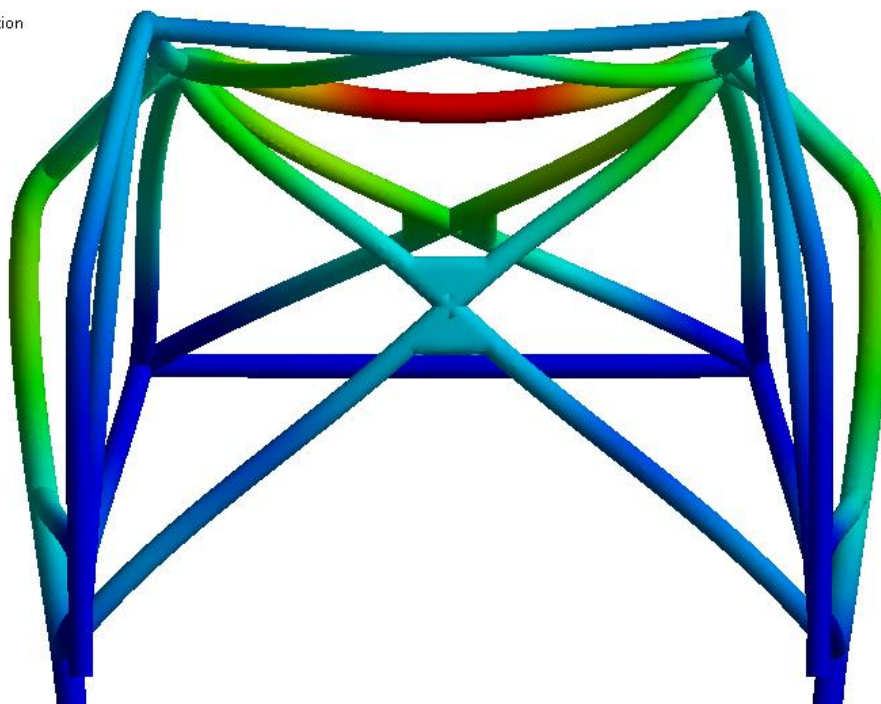
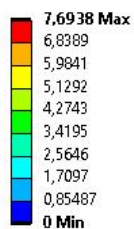
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 36 Konstrukce 6, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural

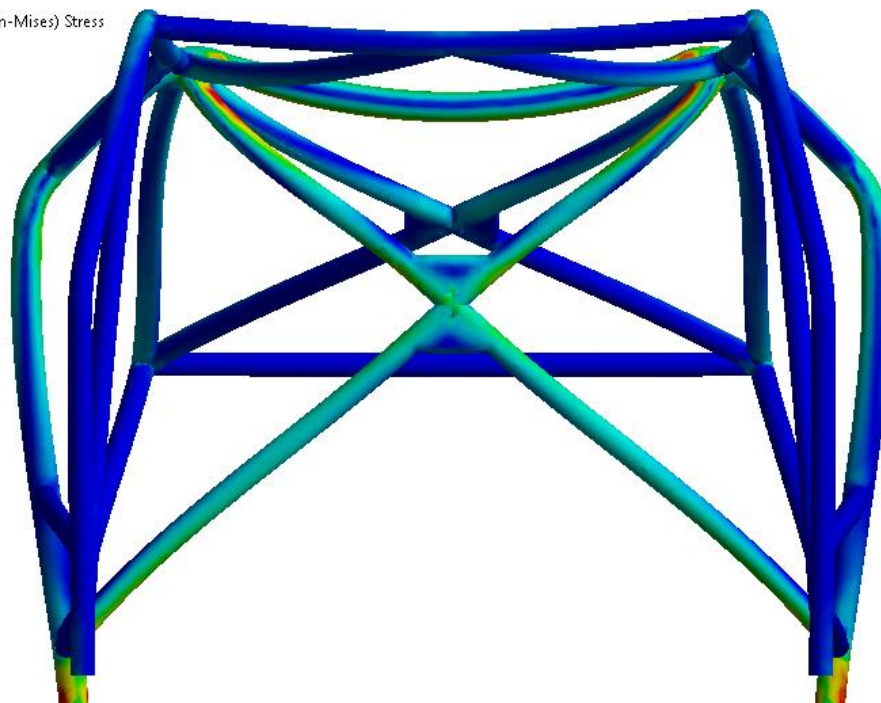
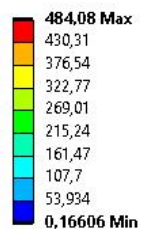
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 37 Konstrukce 7, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural

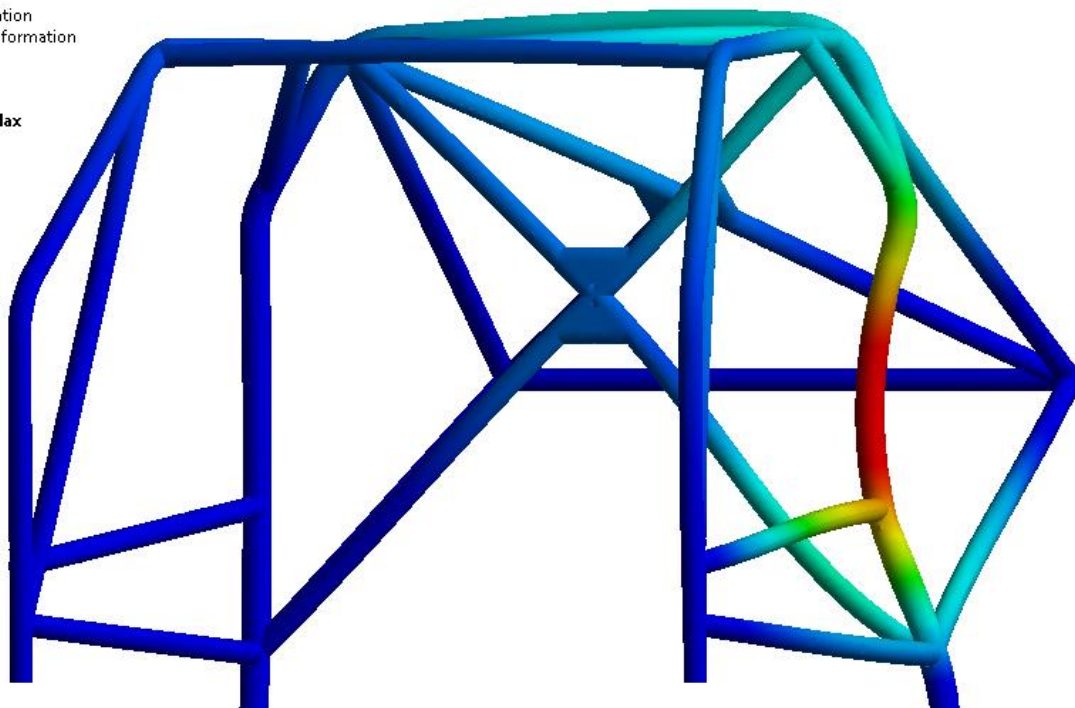
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 38 Konstrukce 7, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

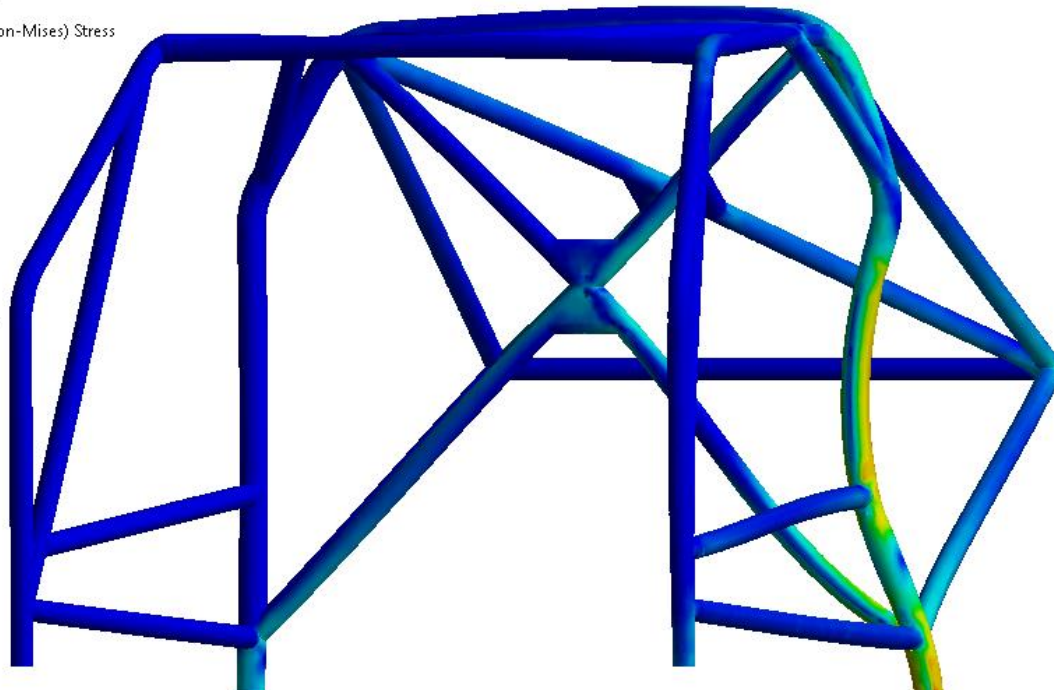
9,8024 Max
8,7132
7,6241
6,5349
5,4458
4,3566
3,2675
2,1783
1,0892
0 Min



Příloha 39 Konstrukce 7, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1

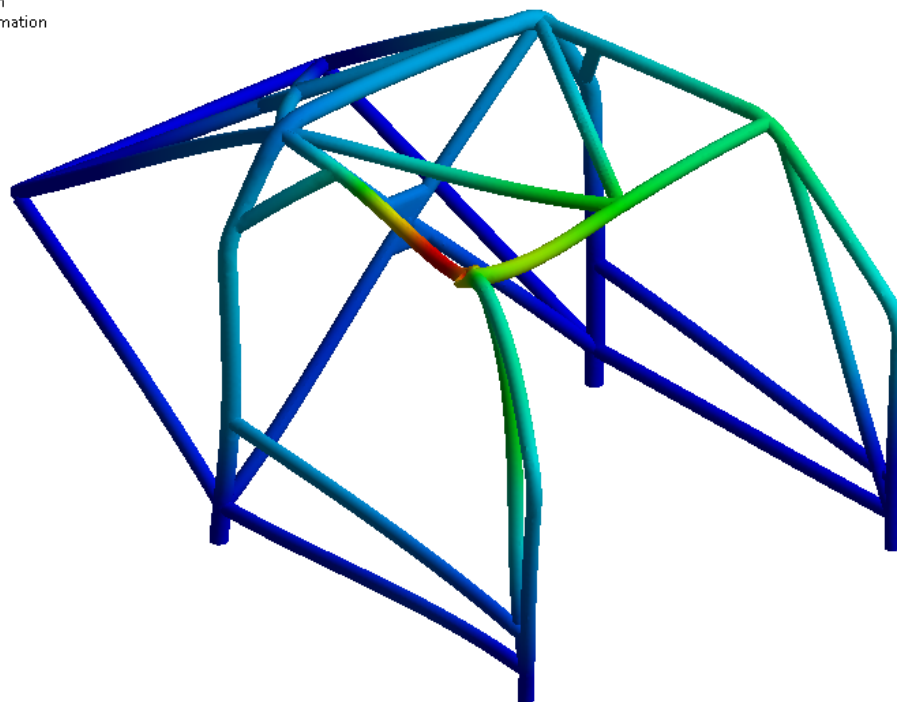
583,08 Max
518,3
453,52
388,74
323,96
259,18
194,4
129,62
64,843
0,063301 Min



Příloha 40 Konstrukce 7, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

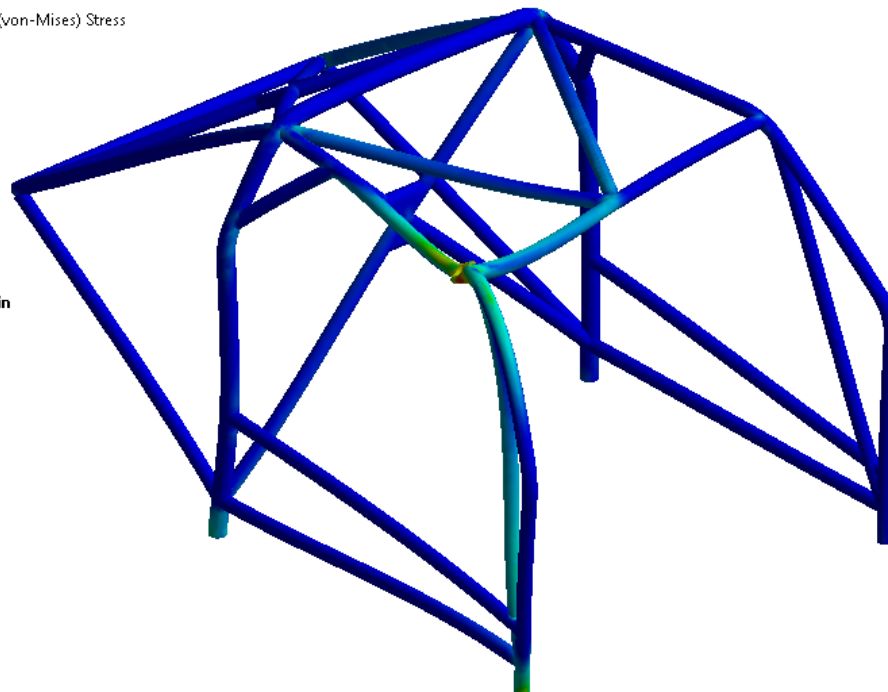
3,5484 Max
3,1541
2,7599
2,3656
1,9713
1,5771
1,1828
0,78853
0,39426
0 Min



Příloha 41 Konstrukce 7, zkouška na boční půloblouk, deformace

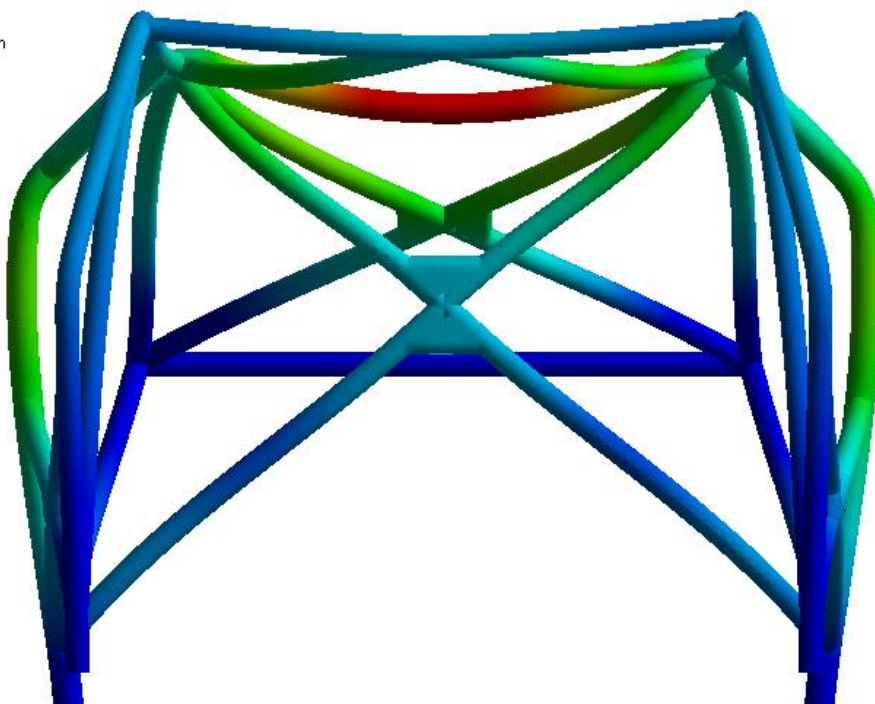
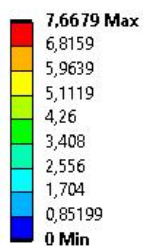
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1

486,38 Max
432,34
378,3
324,26
270,22
216,18
162,14
108,1
54,058
0,018134 Min



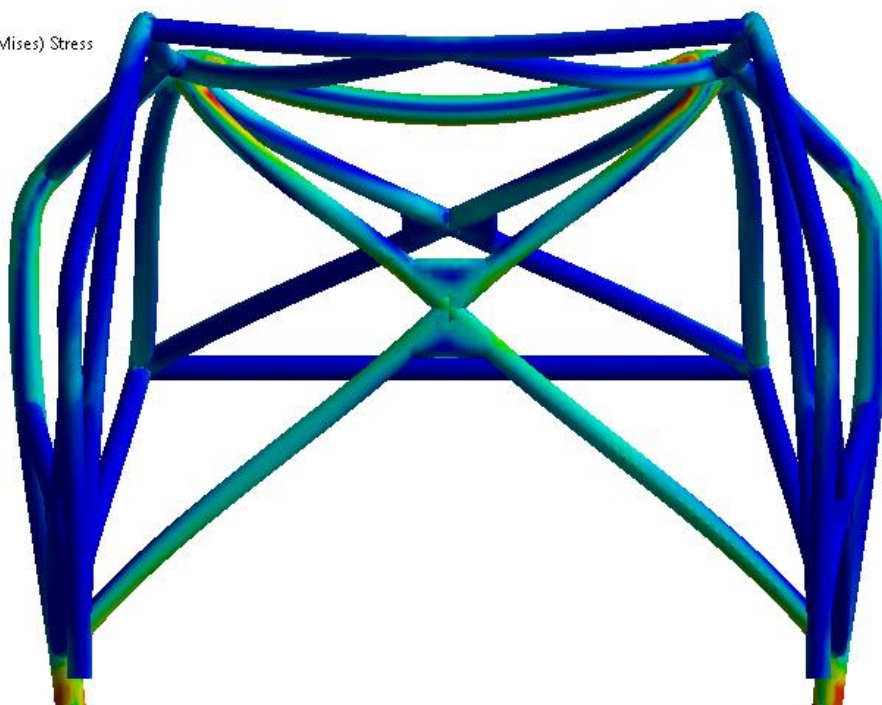
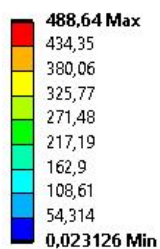
Příloha 42 Konstrukce 7, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



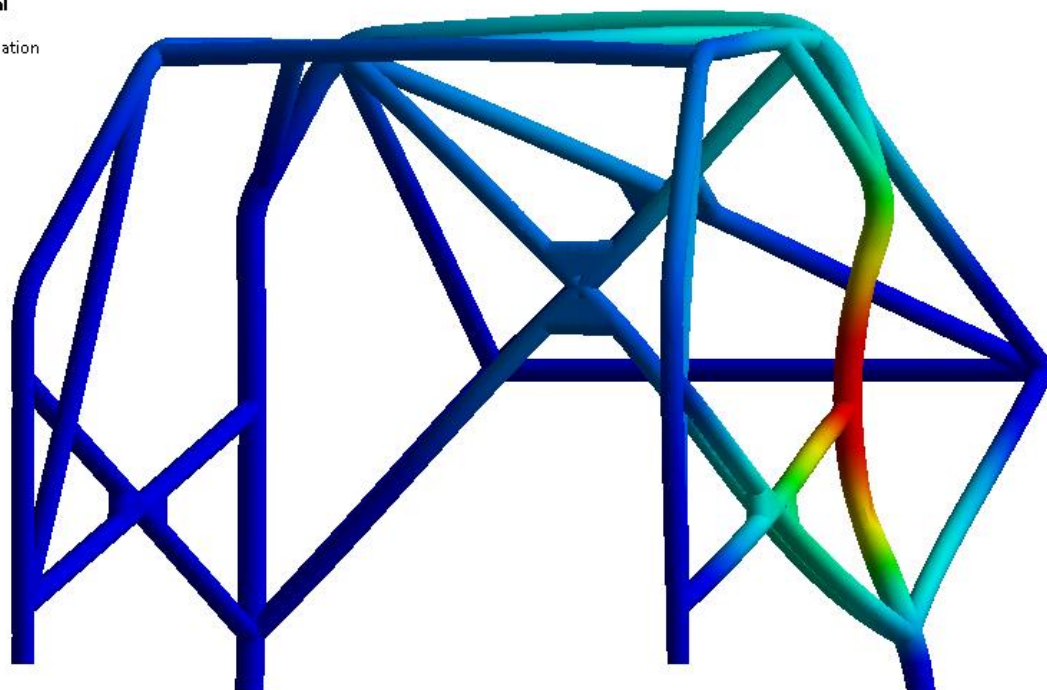
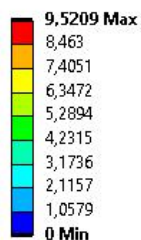
Příloha 43 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



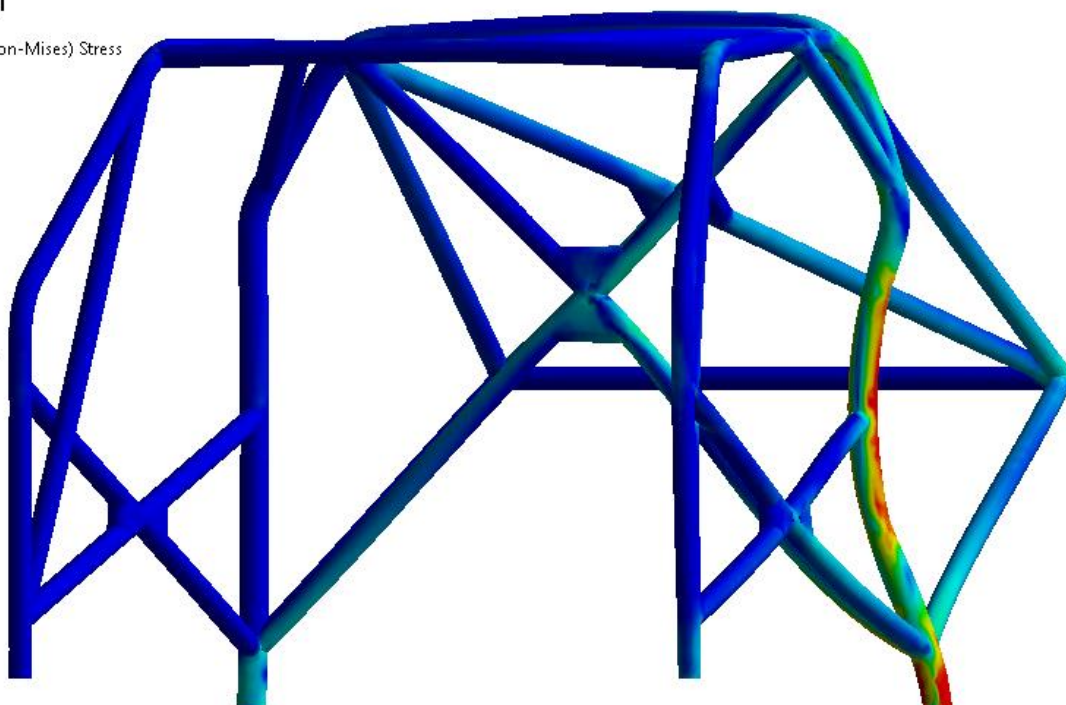
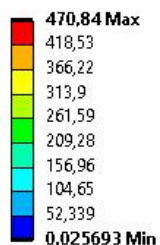
Příloha 44 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



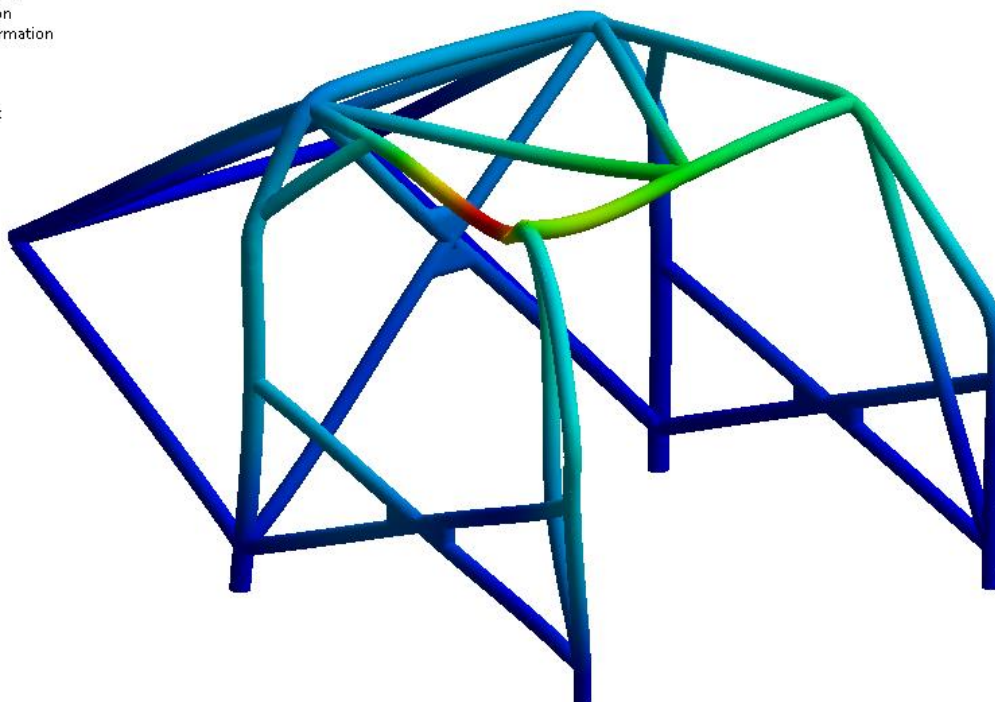
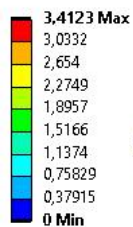
Příloha 45 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



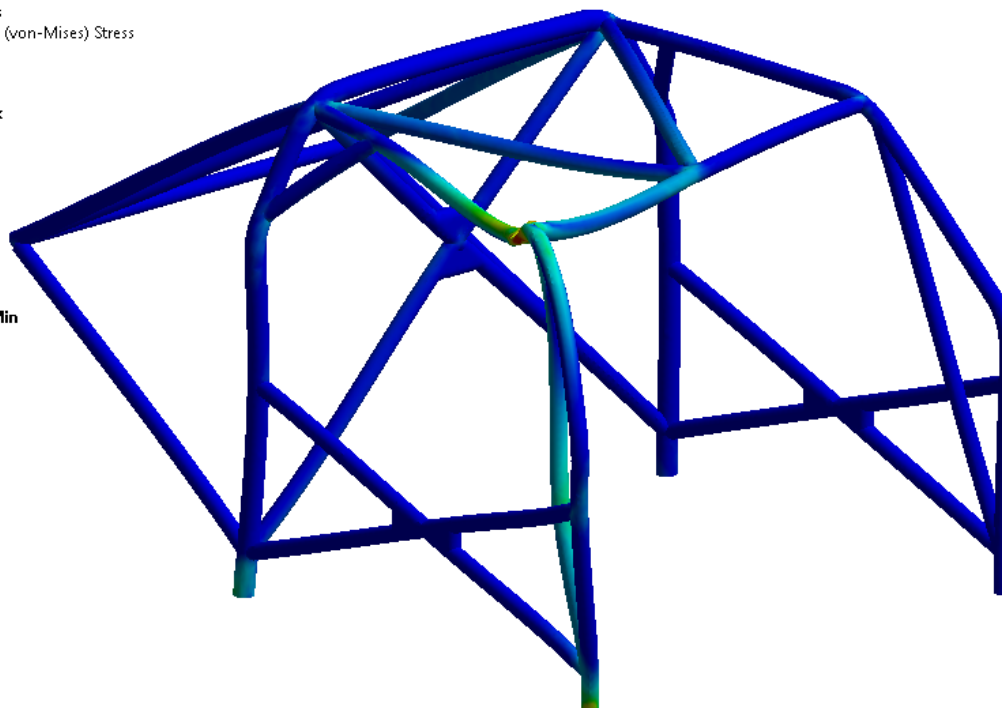
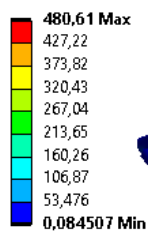
Příloha 46 Konstrukce 8, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



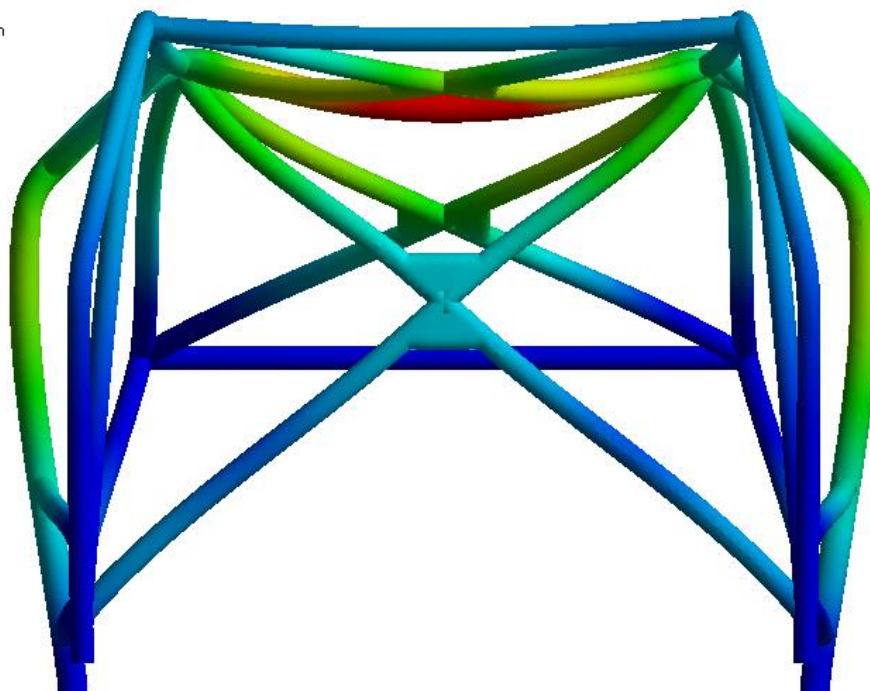
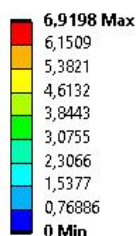
Příloha 47 Konstrukce 8, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



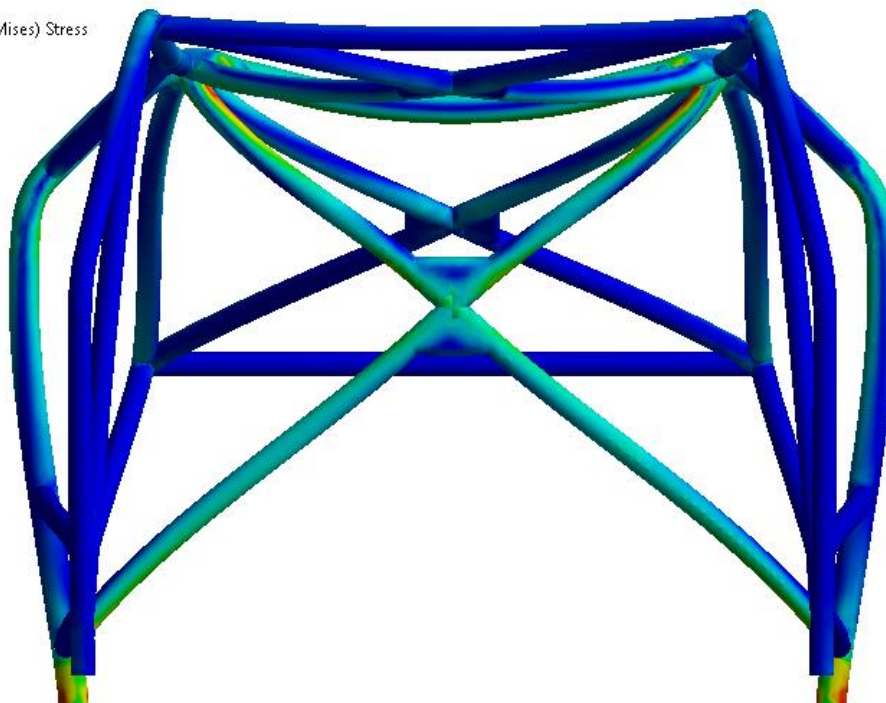
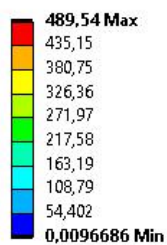
Příloha 48 Konstrukce 8, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



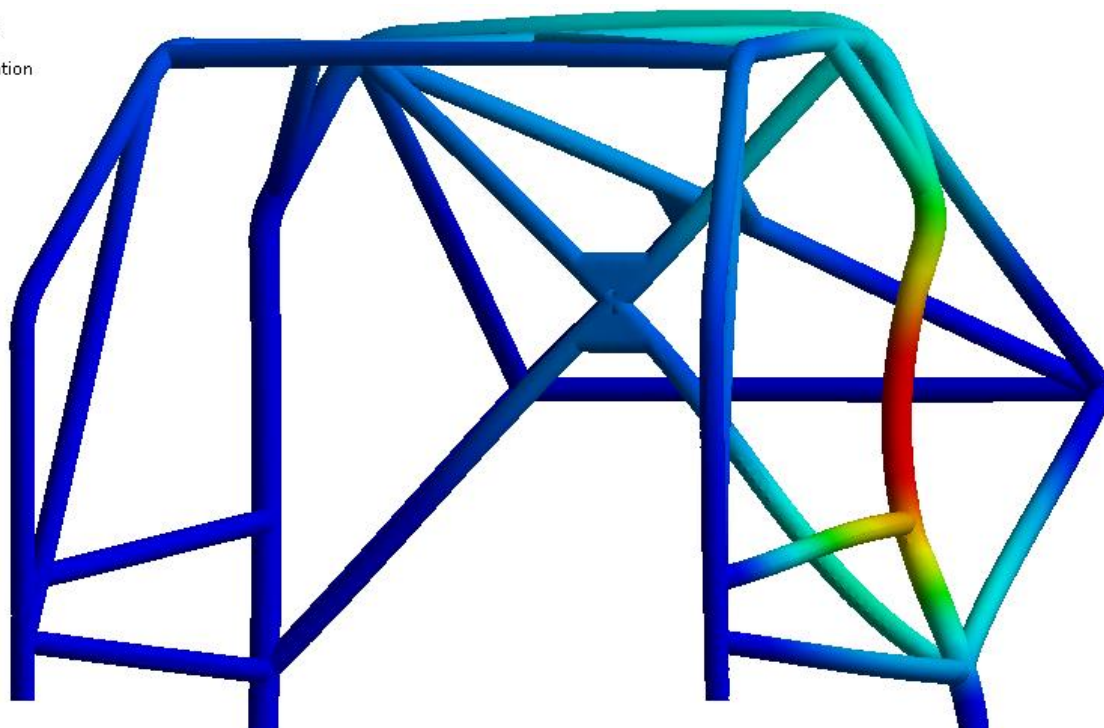
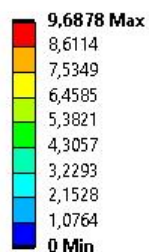
Příloha 49 Konstrukce 9, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



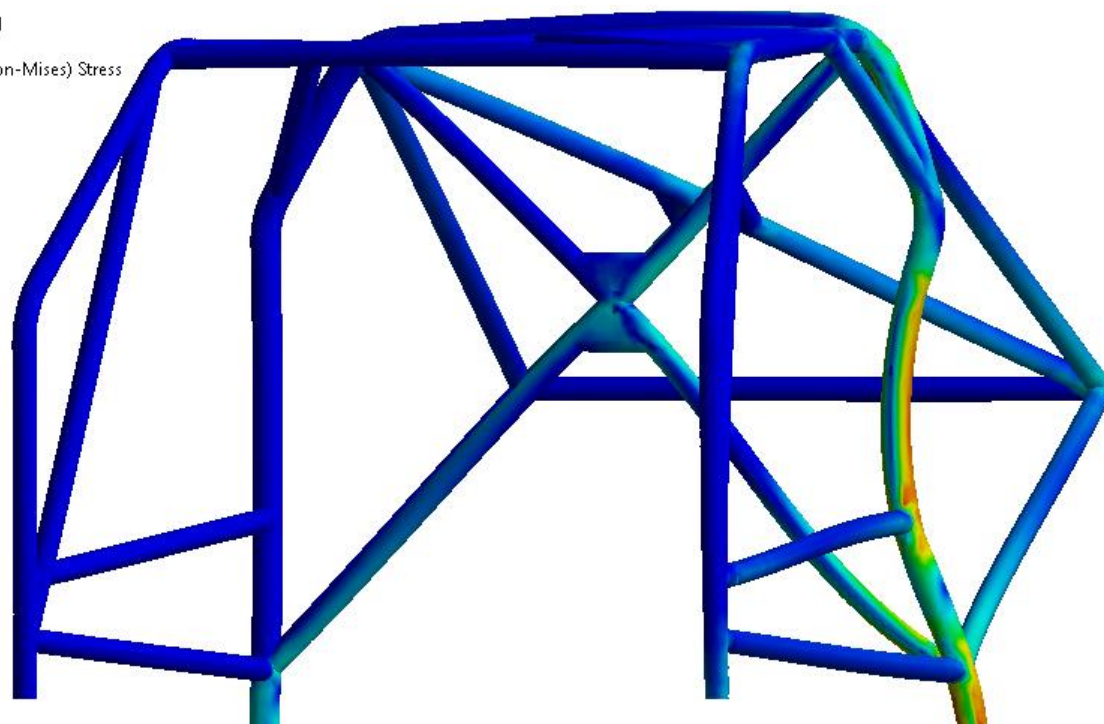
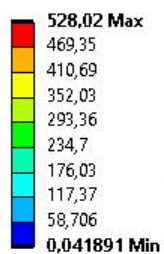
Příloha 50 Konstrukce 9, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



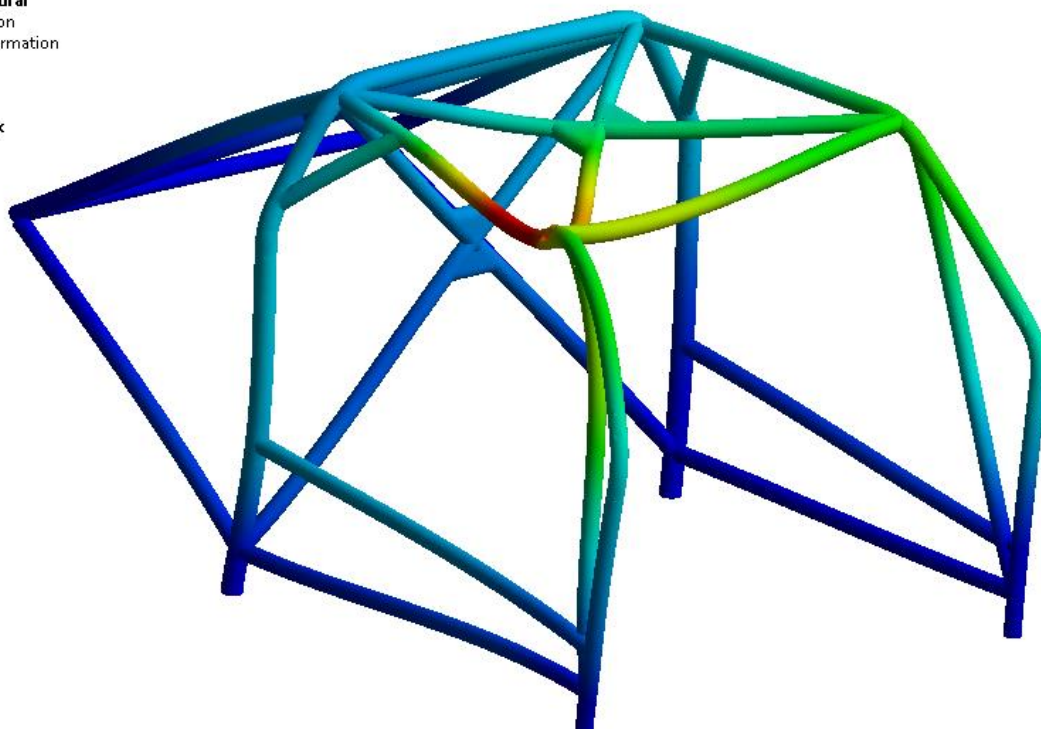
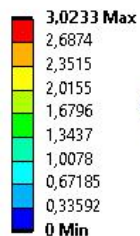
Příloha 51 Konstrukce 9, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



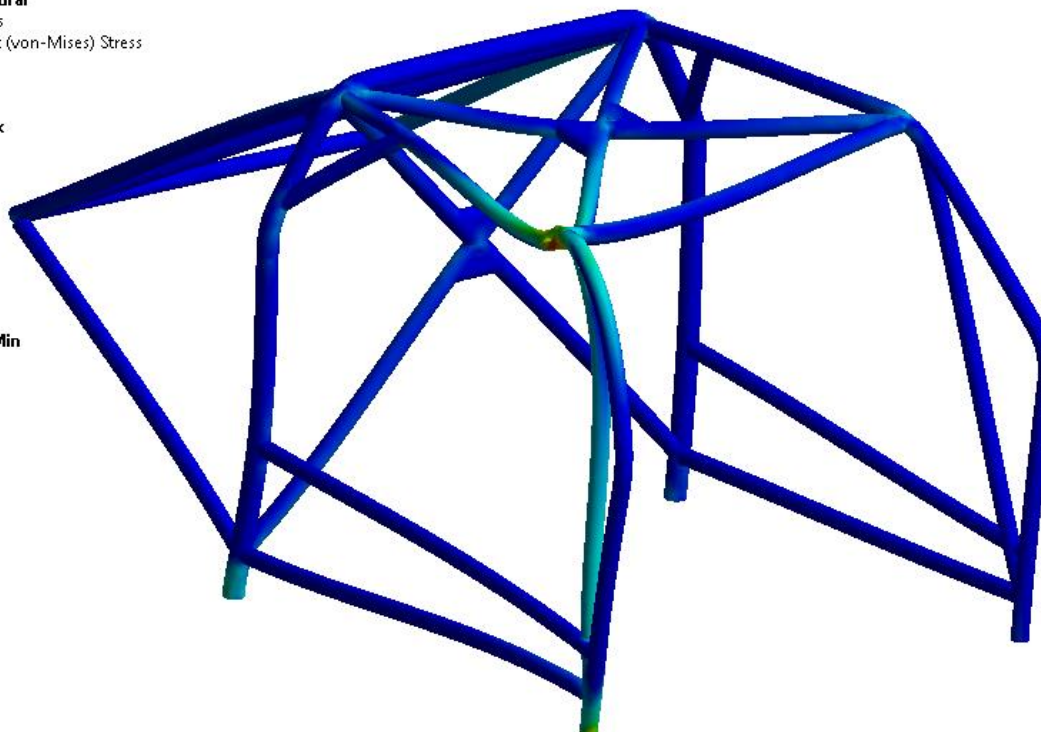
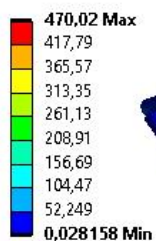
Příloha 52 Konstrukce 9, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



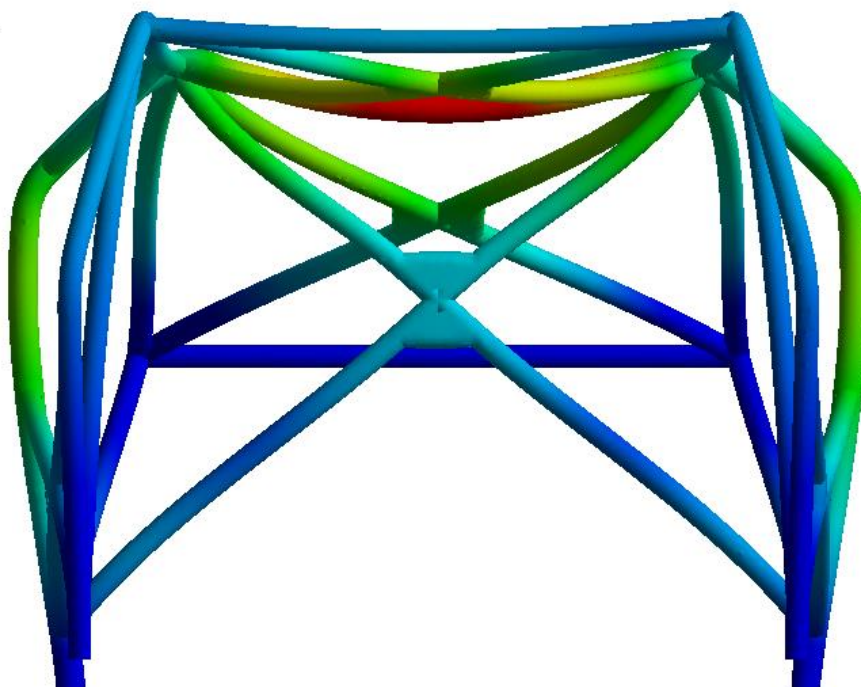
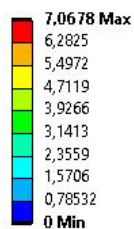
Příloha 53 Konstrukce 9, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



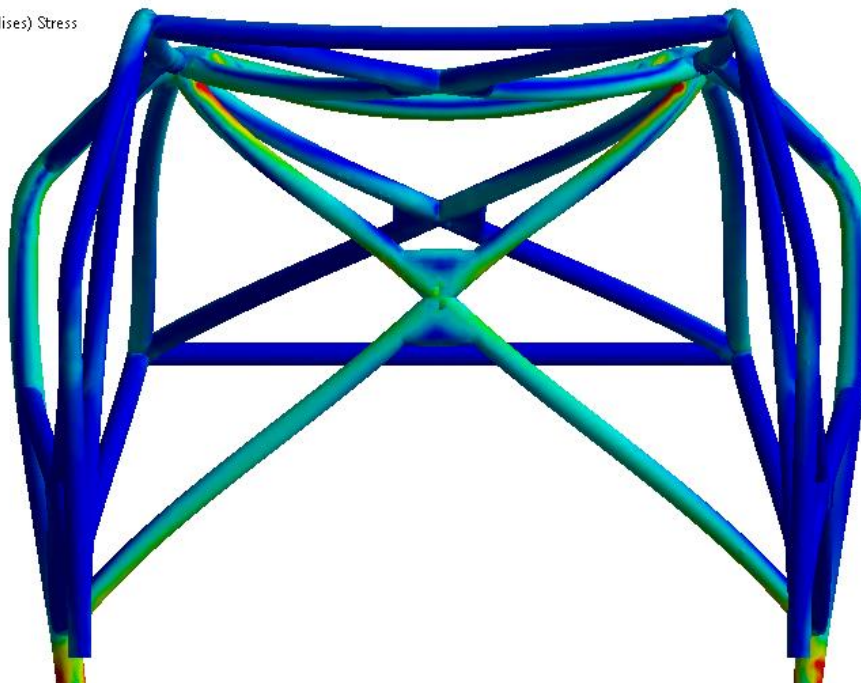
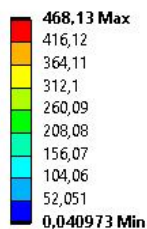
Příloha 54 Konstrukce 9, zkouška na boční půloblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



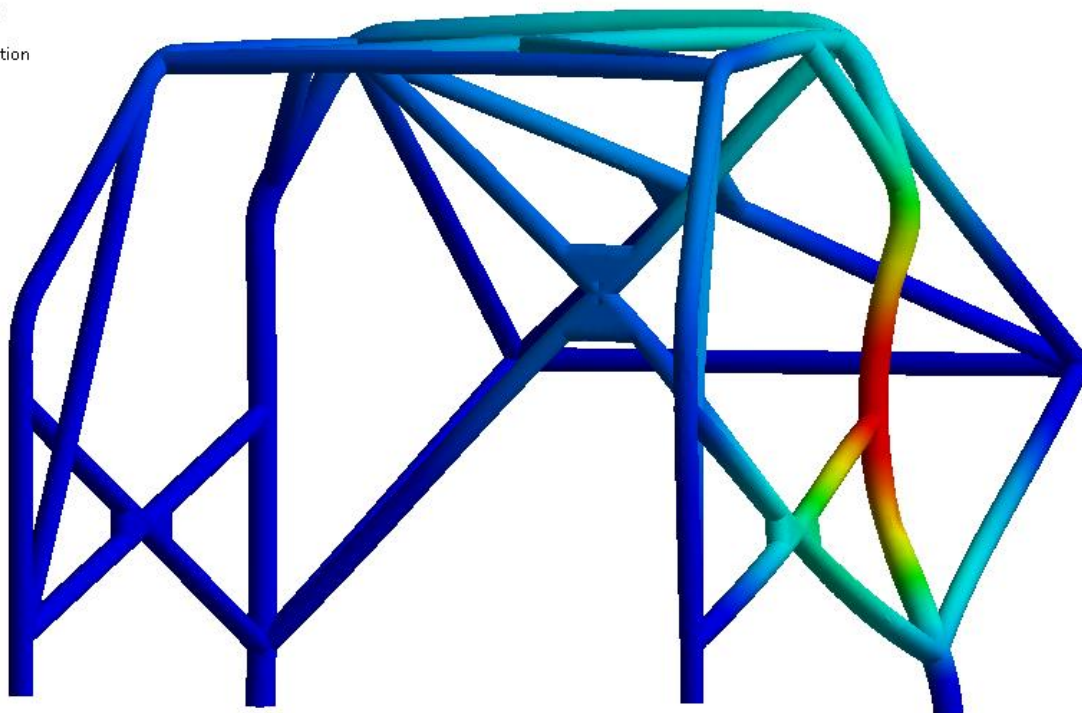
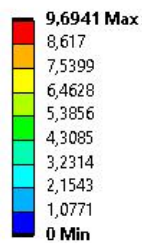
Příloha 55 Konstrukce 10, zkouška na hlavní oblouk, deformace

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



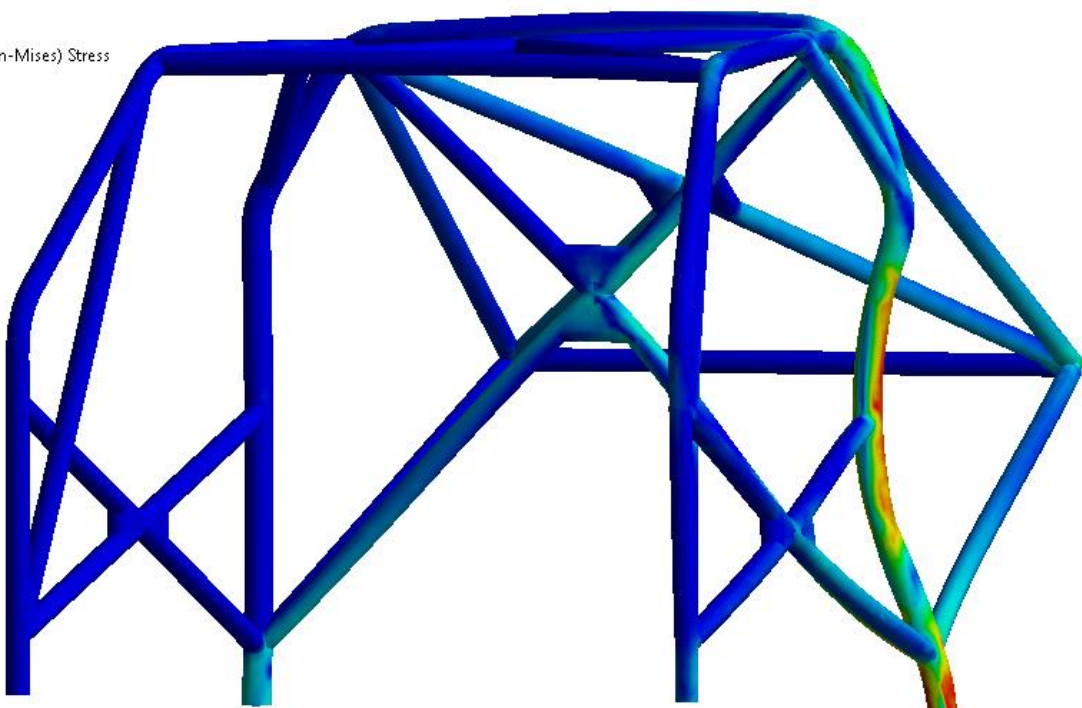
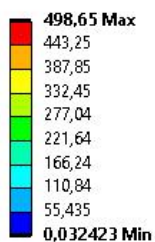
Příloha 56 Konstrukce 10, zkouška na hlavní oblouk, napětí

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 57 Konstrukce 10, zkouška na hlavní oblouk z boku, deformace

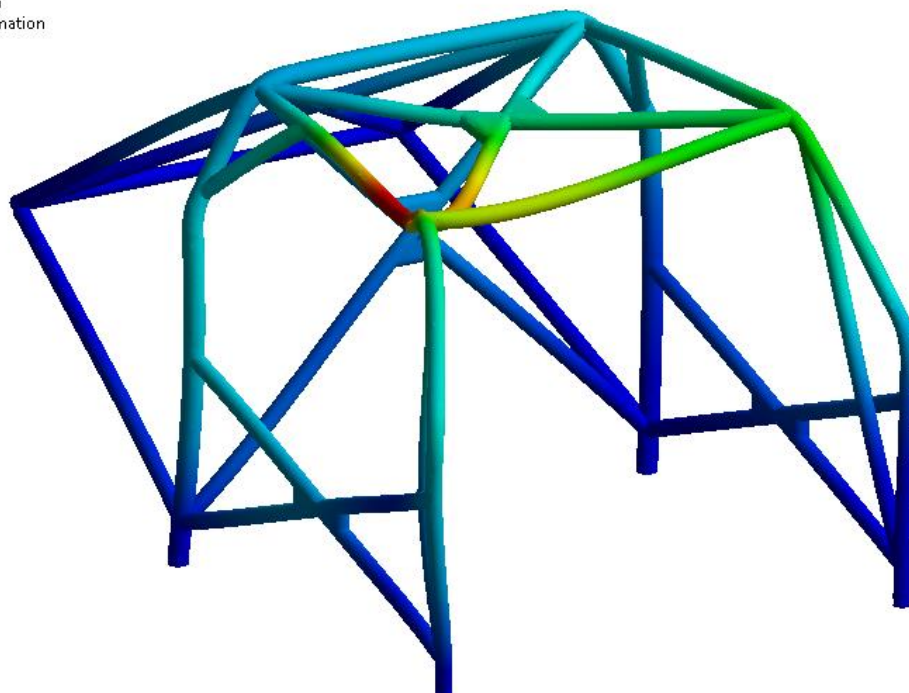
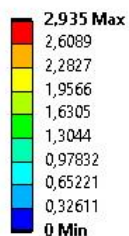
A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 58 Konstrukce 10, zkouška na hlavní oblouk z boku, napětí

A: Static Structural

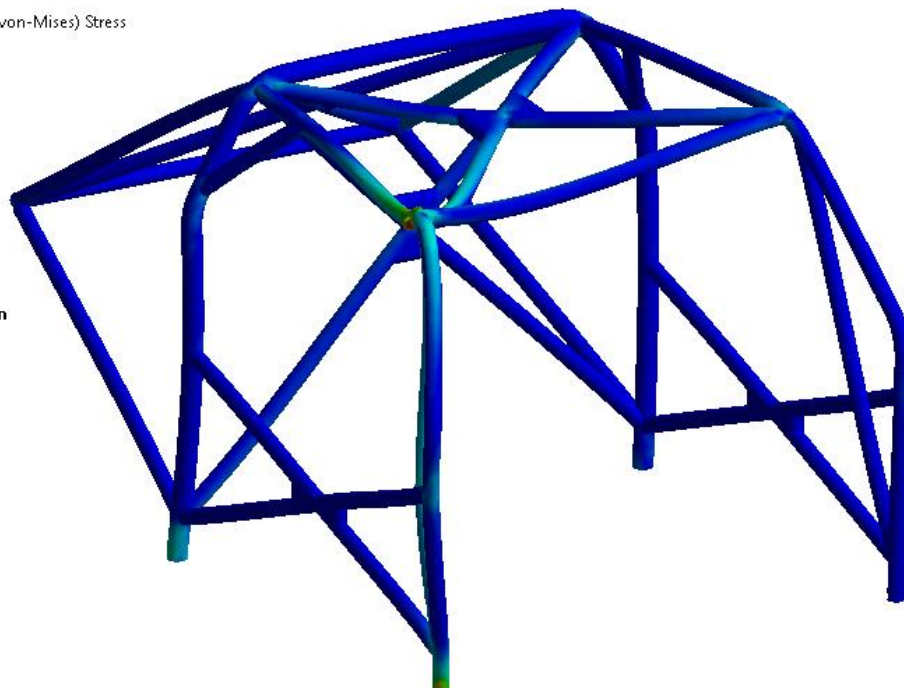
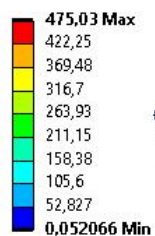
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1



Příloha 59 Konstrukce 10, zkouška na boční půloblouk, deformace

A: Static Structural

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Příloha 60 Konstrukce 10, zkouška na boční půloblouk, napětí