

1 Rešerše stávajícího stavu

1.1 Přeprava lodí obecně

Lodě se ve většině případů přepravují na přívěsech za osobními automobily, lodě větší konstrukce a hmotnosti se pak přepravují pomocí nákladních automobilů a vícenápravových přívěsů. Lodě největších konstrukcí se po souši nikam nedopravují, jejich konstrukce probíhá přímo v docích a jsou pak do vody spuštěny buď velkými jeřáby, nebo po ocelových skluzech. Většina lodí je dodávána spolu s přívěsem, ten je konstrukčně upraven přímo na trup té dané lodi. Některé přívěsy jsou univerzální a dají se použít pro lodě různých výrobců avšak s podobným trupem. Loď se na přívěs buď navíjí navijákem a ocelovým lanem přímo z vody, nebo je použit jeřáb, to záleží na velikosti a hmotnosti lodí. Pokud je loď na přívěs navíjena navijákem, tak je umístěna na několika pryžových válečkách, které jsou pomocí čepů uloženy v patkách. Patky jsou pevně spojeny s kostrou přívěsu, válečky se tak mohou otáčet kolem své osy a tak zajistit snadné navíjení. Pokud je loď na přívěs umístěna pomocí jeřábu, opírá se o ocelové podpory, které jsou v místě styku s lodí opatřeny pryžovými opěrkami. Lodě jsou dále zajištěny upínacími pásy k přívěsu a navijákem.

1.1.1 Přeprava velkých lodí

Velké lodě ať už jsou to plachetnice, jachty či nákladní lodě se po souši přepravují jen v ojedinělých případech, protože tato doprava je velmi nákladná a časově náročná, ve většině případů se loď dopravuje na místo určení po vodě, protože firmy co tyto lodě vyrábějí, mají sídla přímo u vody a lodě vyrábějí v docích, aby co nejvíce minimalizovali náklady na dopravu. Pokud je ale nutná doprava k zákazníkovi po souši, provádí se pomocí nákladních automobilů a velkých přívěsů pro nadměrné náklady viz obr. 1 a 2. Všechny takto přepravované lodě se řadí mezi nadměrné náklady a musí se pohybovat jen po předem naplánovaných trasách s doprovodným vozidlem.



Obr. 1. Extrémní případ dopravy lodí.



Obr. 2. Plachetnice na speciálním přívěsu.

1.1.2 Přeprava středně velkých a malých lodí

Přeprava běžně velkých lodí se provádí pomocí přívěsů za osobní automobily. Tento způsob dopravy je nejběžnější a nejrozšířenější. Existuje celá škála typů a konstrukčních provedení přívěsů. Vícenápravové a jednonápravové brzděné i jednonápravové nebrzděné. Takto přepravované lodě už nepatří mezi nadměrné náklady a mohou se pohybovat po veškerých komunikacích bez doprovodných vozidel. Podle hmotnosti přívěsu a nákladu se řadí do více kategorií:

- O1 – přípojná vozidla jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg
- O2 – přípojná vozidla jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3 500 kg
- O3 – přípojná vozidla jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg

Příklady přepravy lodí:



Obr. 3. Jednonápravový nebrzděný přívěs kategorie O1



Obr. 4. Dvounápravový brzděný přívěs kategorie O2



Obr. 5. Třínápravový brzděný přívěs kategorie O2



Obr. 6. Pětinápravový brzděný přívěs kategorie O3

1.1.3 Přeprava kanoí

Kanoje se přepravují na konstrukcích připevněných na ložné plochy přívěsů, které jsou obecně určeny pro přepravu nákladu. Tyto konstrukce jsou odnímatelné, to znamená, že jsou k přívěsu přišroubovány. Hlavní problém při přepravě kanoí je, že existuje nepřehledné množství druhů a velikostí kanoí, to znamená, že konstrukce určené k jejich přepravě musí být univerzální pro všechny druhy a velikosti. Přívěsy určené pouze pro přepravu kanoí bez ložné plochy se nevyrobějí.



Obr. 7. Přívěs s odnímatelnou konstrukcí pro až 15 kanoí. Takový přívěs je možné koupit od výrobce přívěsů a od jiné firmy si nechat vyrobit odnímatelnou konstrukci. V tom případě je ale nutné provést homologaci a zápis do technického průkazu přívěsu.



Obr. 8. Přívěs s odnímatelnou konstrukcí přímo od výrobce, v tomto případě je již přívěs plně homologován a není nutno dalších zápisů do technického průkazu přívěsu.

1.2 Popis stávajícího přívěsu

Zadavatelem projektu je Katedra tělesné výchovy a sportu ZČU, která má ve vlastnictví přívěs s připojenou konstrukcí na přepravu kanoí. Stávající přívěs není primárně určen k přepravě kanoí, je to přívěs k přepravě nákladu s ložnou plochou a bočnicemi. Na ložné ploše je k desce šrouby připojena konstrukce, na které se převážejí kanoe. Výrobce přívěsu je společnost Maro Kralovice s.r.o. a stejný výrobce dodal i konstrukci na kanoe. Přívěs je jednonápravový brzděný. Přívěs je kategorie O2, tudíž dle § 81 zákona 361 /2000:

§81 (4) Řidičské oprávnění skupiny B opravňuje k řízení

a) motorových vozidel, s výjimkou vozidel uvedených v odstavcích 2, 3 a motocyklu o výkonu nad 25 kW nebo s poměrem výkon/hmotnost přesahujícím 0,16 kW/kg nebo motocyklu s postranním vozíkem a s poměrem výkonu/hmotnost přesahujícím 0,16 kW/kg, jejichž maximální přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg a s nejvýše 8 místy k sezení, kromě místa řidiče; k tomuto motorovému vozidlu smí být připojeno přípojně vozidlo o maximální přípustné hmotnosti nepřevyšující 750 kg,

b) traktorů a pracovních strojů samojízdných, jejichž maximální přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg,

c) jízdních souprav složených z motorového vozidla podle písmene a) nebo b) a přípojného vozidla, pokud maximální přípustná hmotnost soupravy nepřevyšuje 3 500 kg a maximální přípustná hmotnost přípojného vozidla nepřevyšuje pohotovostní hmotnost motorového vozidla.

§81 (10) Řidičské oprávnění skupiny B+E opravňuje k řízení jízdních souprav složených z motorového vozidla uvedeného v odstavci 4 a přípojného vozidla, pokud nejde o jízdní soupravu podle odstavce 4 písm. c).

Ze zákona vyplývá, že stávající přívěs s maximální technicky přípustnou hmotností 1 200 kg nemůže řídit člověk s řidičským oprávněním typu B, ale pouze typu B + E, jelikož přívěs přesahuje povolenou hmotnost 750 kg. Nenaložený přívěs váží 765 kg.



Obr. 9. Jednonápravový brzděný valník od výrobce Maro Kralovice s.r.o. Foto je pouze ilustrativní, přesný model se nepodařilo nalézt.

1.2.1 Technický popis stávajícího přívěsu

K dispozici je technický průkaz přívěsu:

Druh vozidla:	NÁKLADNÍ PŘÍVĚS VALNÍKOVÝ
Kategorie vozidla:	O2
Tovární značka:	MARO
Typ:	33
Varianta:	3
Verze:	D
Obchodní označení:	MR
Identifikační číslo vozidla:	TKMMR333D81MR5181
Výrobce vozidla:	MARO KRALOVICE S.R.O., KRALOVICE, ČR
Druh:	VALNÍKOVÁ
Barva:	STŘÍBRNÁ
Celková délka [mm]:	5 545
Celková šířka [mm]:	1 900
Celková výška [mm]:	2 850
Rozměry ložné plochy délka[mm]:	4 000
Rozměry ložné plochy šířka[mm]:	1 840
Provozní hmotnost [kg]:	765
Největší technicky přípustná hmotnost [kg]:	1 200
Největší povolená hmotnost [kg]:	1 200
Spojovací zařízení - druh a typ:	TŘÍDA B50-X
Počet náprav:	1
Kola a pneumatiky na nápravě:	5.5J X 14; 185 R14 C 102/100 Q
Nejvyšší rychlost [km/h]:	80
Brzdy:	ANO

1.2.2 Popis konstrukce na přívěsu

Konstrukce na, které jsou přepravovány kanoe, je k přívěsu připevněna šrouby na desce ložné plochy přívěsu. Výrobce konstrukce je stejně jako přívěsu Maro Kralovice s.r.o. Celá konstrukce je z materiálu ČSN 11 373 zároveň zinkovaná, část je svařovaná a část šroubovaná. Kanoe jsou na ní uloženy dnem vzhůru ve čtyřech patrech po dvou kusech. Proti posunutí ve směru jízdy jsou pak zajištěny lany, která jsou ke konstrukci uchycena pomocí ok, která jsou přivařena ke konstrukci v přední a zadní části.



Obr. 10. Konstrukce na přívěsu, v přední části jsou zřetelně vidět oka pro uchycení lan

2 Specifikace požadavků na novou konstrukci

Stávající přívěs s připojenou konstrukcí nevyhovuje z více důvodů. Samotný přívěs je příliš těžký na to, aby se dal táhnout za osobním automobilem a má příliš velké rozměry.

2.1 Výčet záporů stávajícího stavu

- Přívěs je příliš těžký (min. hmotnost 765kg a max. 1 200kg), z toho důvodu se nedá táhnout za běžným osobním automobilem, protože maximální zátěž tažného zařízení se u OA pohybuje kolem 1 000kg. Z toho důvodu se musí táhnout pomocí větších automobilů (jeepy) nebo menšími nákladními automobily (dodávkami).
- Přívěs je příliš široký, jeho šířka je 1 900mm. Což například přesahuje šířku Škoda Fabia II o více než 25cm. Pokud šířka přívěsu přesahuje šířku tažného vozidla natolik, že řidič nemá přehled o provozu za ním, je nutné přimontovat přídatná zrcátka.
- Přívěs je příliš dlouhý, více než 5,5m. Proto se s ním při jízdě na vozovce a při parkování špatně manipuluje.
- Z důvodu vysoké hmotnosti nemůže řídit soupravu s přívěsem osoba, která má řídičské oprávnění skupiny B. Jelikož přívěs přesahuje hmotnost 750kg, musí mít oprávnění skupiny B+E.
- Konstrukce zabraňuje posuvu kanoí ve směru jízdy pouze pomocí lana či pomocné upínací gumy (gumicuk), která se navlíkne kolem kanoí a uchytí do ocelových ok na konstrukci. Například při prudkém brzdění lana a upínací gumy bezpečně nezajišťují kanoie proti posunutí. V extrémních případech by mohlo dojít k přetržení lan či upínacích gum a mohlo by dojít k poškození tažného automobilu, nebo v horším případě škodě na majetku třetí osoby či dokonce zranění osob.

2.2 Požadavky na novou konstrukci

Jelikož se nebude konstruovat pouze konstrukce na kanoie, ale celý přívěs, lze jeho vhodnou konstrukcí odstranit nedostatky a nevýhody stávajícího přívěsu s konstrukcí na kanoie. Požadavky na novou konstrukci plynou z nedostatků stávajícího stavu.

- Přívěs by měl mít hmotnost s nákladem maximálně do 750kg, aby soupravu tažného automobilu s přívěsem mohla řídit osoba s řídičským oprávněním skupiny B.
- Z prvního bodu také vyplývá, že by měl jít přívěs táhnout běžným osobním automobilem.
- Celý přívěs by měl mít co nejnižší cenu.

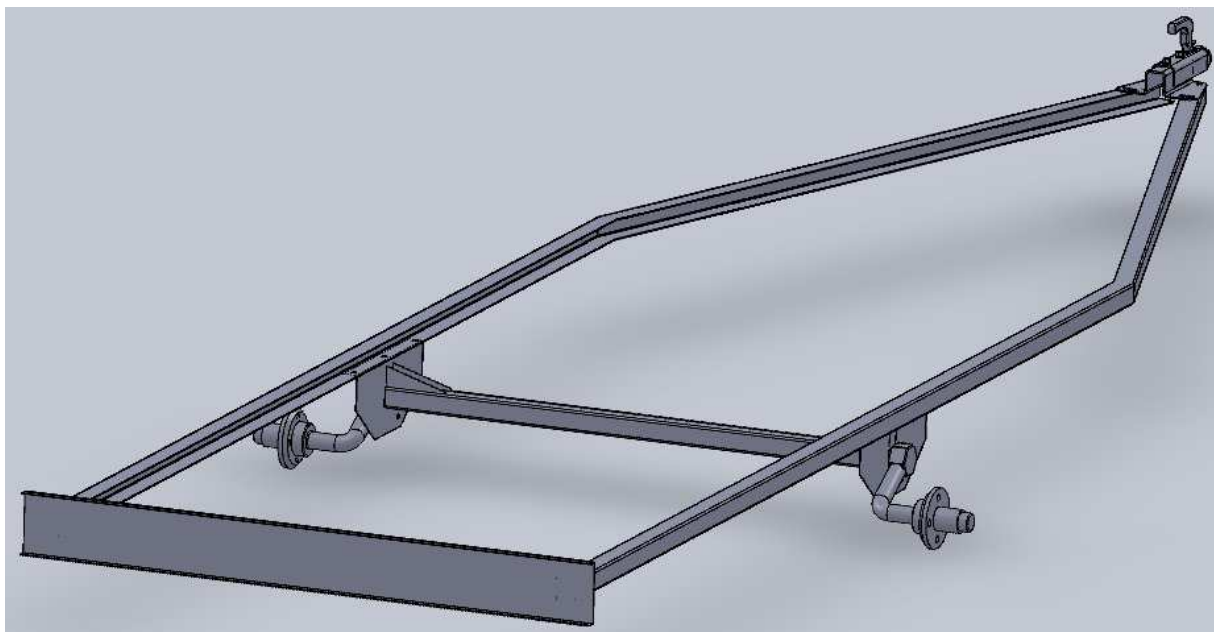
- Šířka přívěsu by neměla překračovat šířku běžného osobního automobilu tak, aby přívěs nebránil řidiči v rozhledu směrem vzadu za přívěs a nemusely být použity přídatná zpětná zrcátka.
- Celý přívěs by měl být jen nezbytně dlouhý pro správné uložení kanoí, z důvodu lepší ovladatelnosti při jízdě a parkování.
- Těžiště celého přívěsu by mělo být co možná nejbližší vozovce, z důvodu stability a lepší ovladatelnosti celé soupravy.
- Konstrukce by měla být navržena tak, aby zajistila kanoje proti jejich posunutí ve směru jízdy například při prudkém brzdění. Akcelerace není nikdy tak výrazná, aby se musela konstrukce speciálně upravovat proti posunutí kanoí směrem dozadu.
- Měla by být možnost přepravovat na přívěsu vícero typů kanoí.

3 Návrh variant a zhodnocení

Návrh konstrukce byl rozdělen do dvou částí, v první části byly navrženy varianty konstrukce přívěsu. V druhé části pak varianty konstrukce pro převoz kanoí, která bude připojena k přívěsu. Byly zhotoveny 4 varianty návrhu přívěsu.

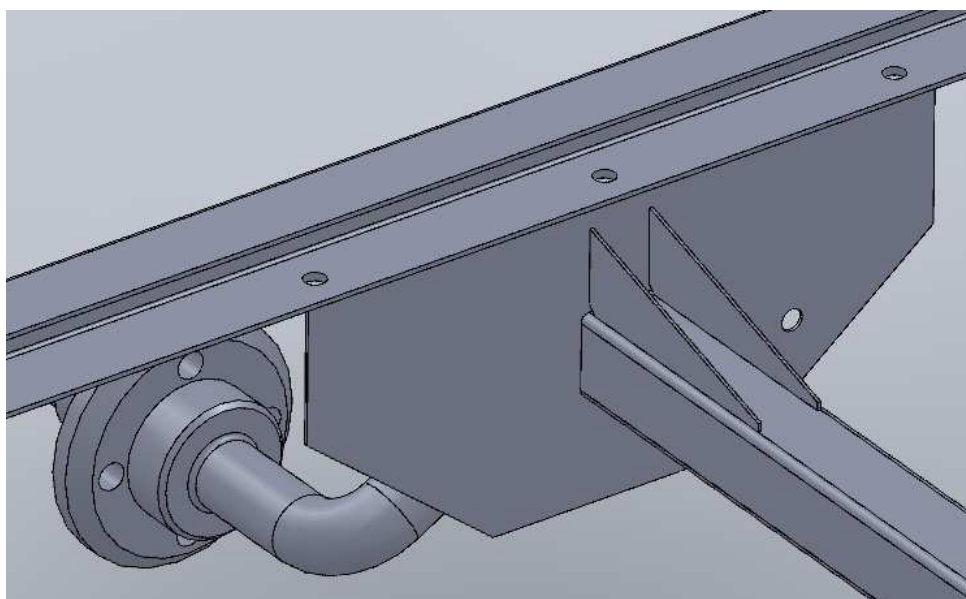
3.1 Konstrukční návrh přívěsu

3.1.1 Varianta 1

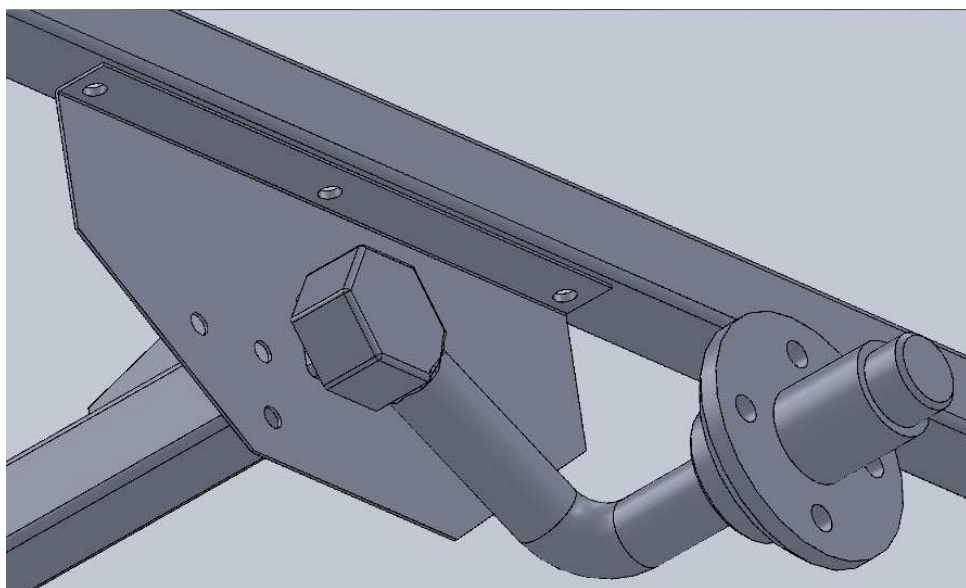


Obr. 11. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 1. Celkový pohled.

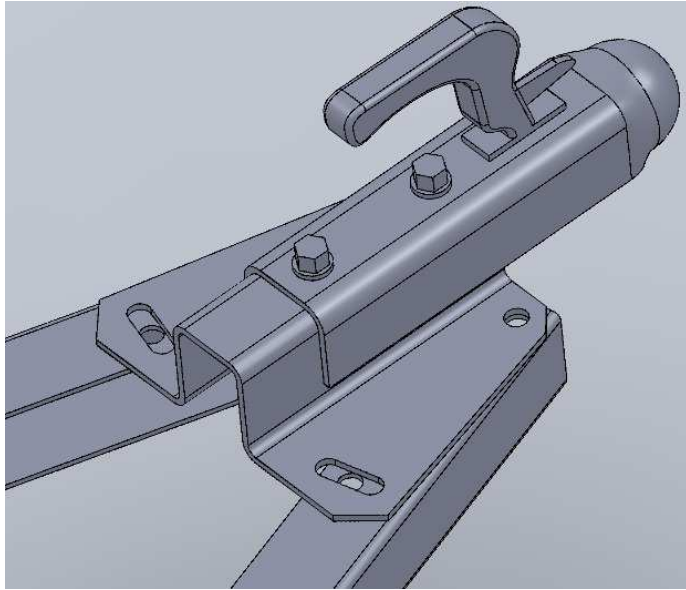
První varianta návrhu se skládá z nápravy, dvou jaklů U profilu, zadní rampy pro osvětlení a vpředu tažného kloubu s přírubou na V oj. Tažný kloub byl zvolen SPP DV-01.750-01 50x50 (maximální hmotnost přívěsu 750Kg, vertikální zatížení 75Kg). Délka konstrukce bez kloubu a rampy pro osvětlení je 5 300mm. S kloubem a rampou je 5 433mm. Tato délka byla předběžně určena z faktu, že délky kanoí se pohybují v rozmezí 4 - 4,8 m. Vzadu nesmí převážené kanoje přesahovat rampu s osvětlením a státní poznávací značkou a vpředu nesmí být moc blízko kloubu toho důvodu, aby při zatáčení nepoškodily zadní část tažného automobilu. Šířka nápravy byla určena z faktu, že přívěs nesmí přesahovat šíři automobilu tak, aby znemožnil řidiči bezpečný rozhled za tažnou soupravu. Náprava je jednoosá nebrzděná. Předběžně byla vybrána náprava KNOTT VG7-L b-1320 N/C_1650 100x4 (šířka mezi patkami 1 320mm, maximální hmotnost přívěsu 750Kg). Jakly jsou k nápravě přišroubovány třemi šrouby na každé straně. Jedná se o profil ohýbaný U 50x50x3 DIN59413 – S235JR dle EN 10025 (ČSN 42 6963) Jakly mají délku 5 400mm a jsou ohnuty pod úhlem 18°. Ohnuty pod tímto úhlem, jsou z důvodu, aby v místě, kde se setkávají, šly dobře vytvořit otvory pro šrouby, které spojují jakly s přírubou kloubu.



Obr. 12. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 1. Detailní pohled na místo spojení nápravy a U profilu. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby.



Obr. 13. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 1. Detailní pohled na patku nápravy a U profil. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby.



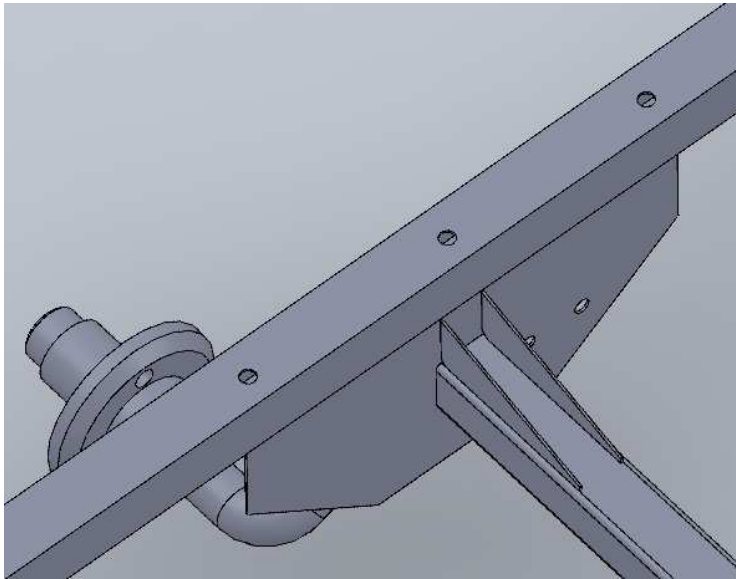
Obr. 14. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 1. Detailní pohled na spojení tažného kloubu s přírubou a U profilů. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby.

3.1.2 Varianta 2

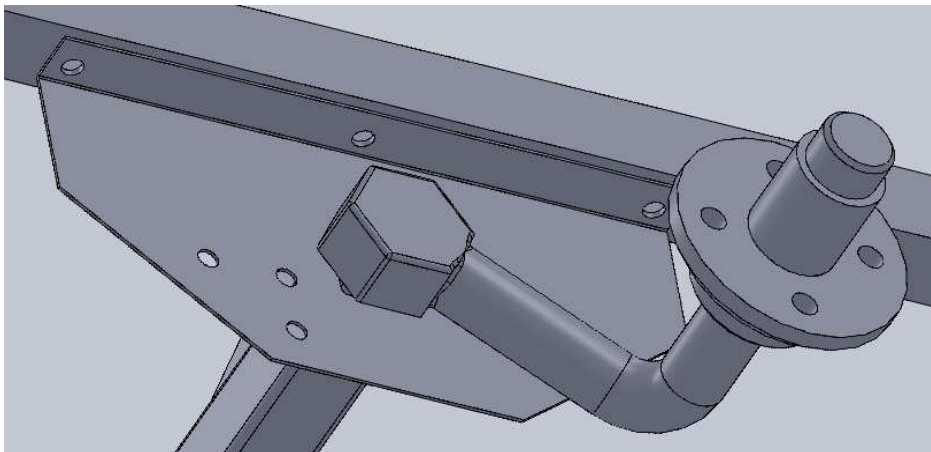


Obr. 15. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 2. Celkový pohled.

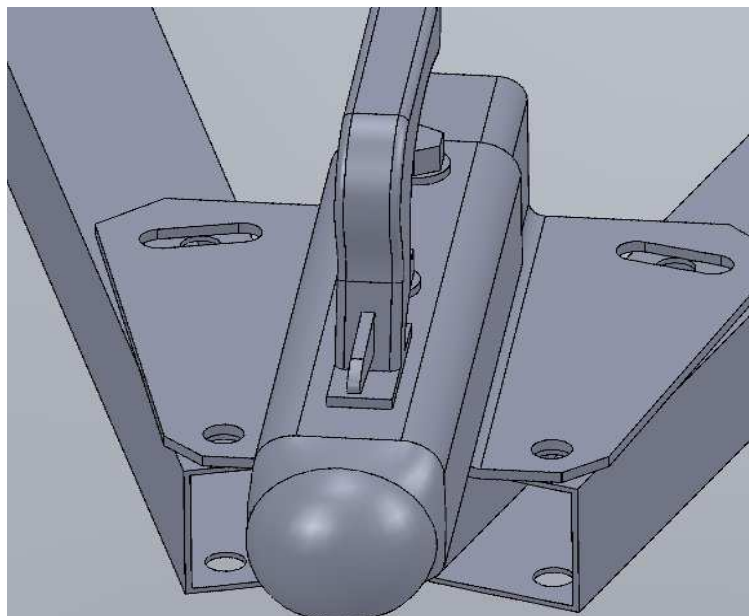
Druhá varianta návrhu je stejná jako první, jen nejsou použity otevřené U profily, ale uzavřené čtvercové profily. Jedná se o profil uzavřený svařovaný 50x50x3 DIN2395 - S235JHR dle EN10219 (ČSN 42 6935). Nevýhoda použití tohoto profilu je, že všechny otvory pro šrouby musí být vytvořeny průchozí celým profilem a tím pádem musí být použity delší šrouby než u varianty 1.



Obr. 16. Konstrukční návrh přívesu – varianta 2. Detailní pohled na místo spojení nápravy a čtvercového profilu. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby. Otvory jsou průchozí celým profilem.

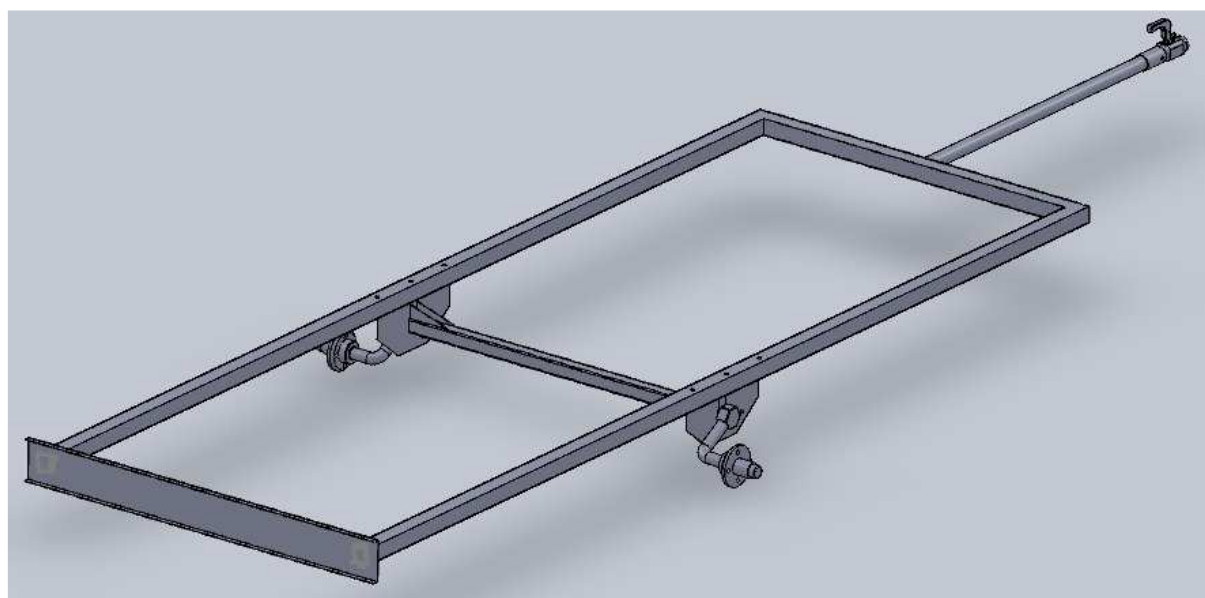


Obr. 17. Konstrukční návrh přívesu – varianta 2. Detailní pohled na patku nápravy a čtvercový profil. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby. Otvory jsou průchozí celým profilem.



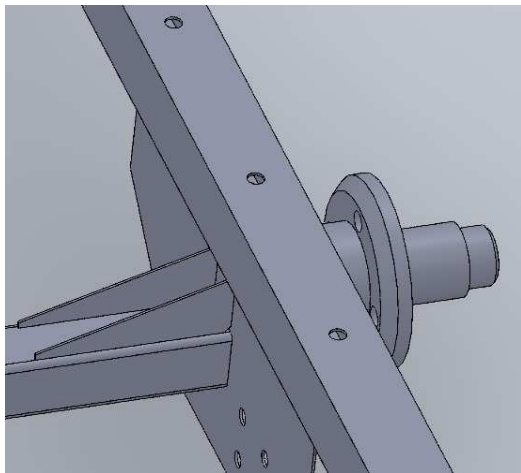
Obr. 18. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 2. Detailní pohled na spojení tažného kloubu s přírubou a čtvercových profilů. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby. Otvory jsou průchozí celým profilem.

3.1.3 Varianta 3

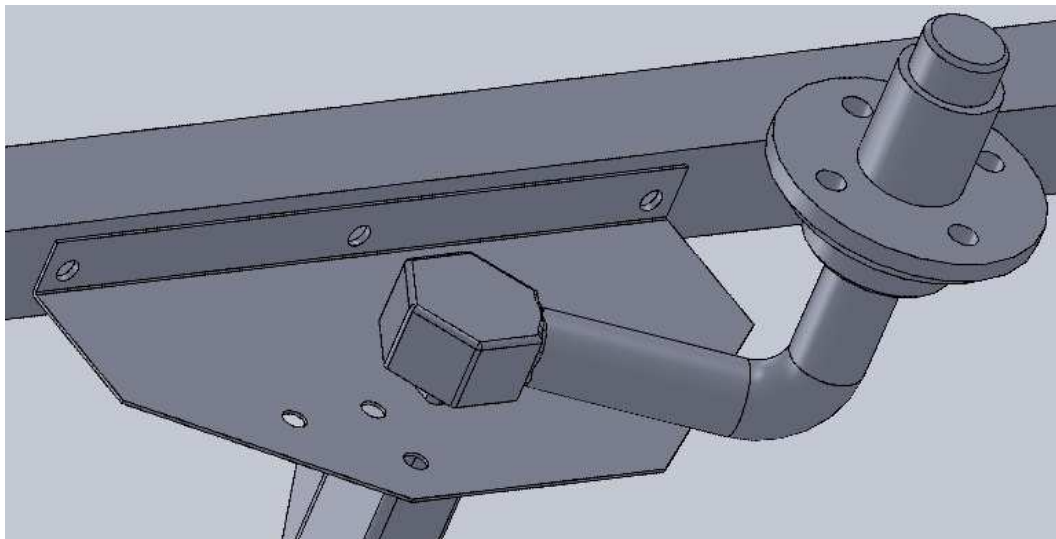


Obr. 19. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 3. Celkový pohled.

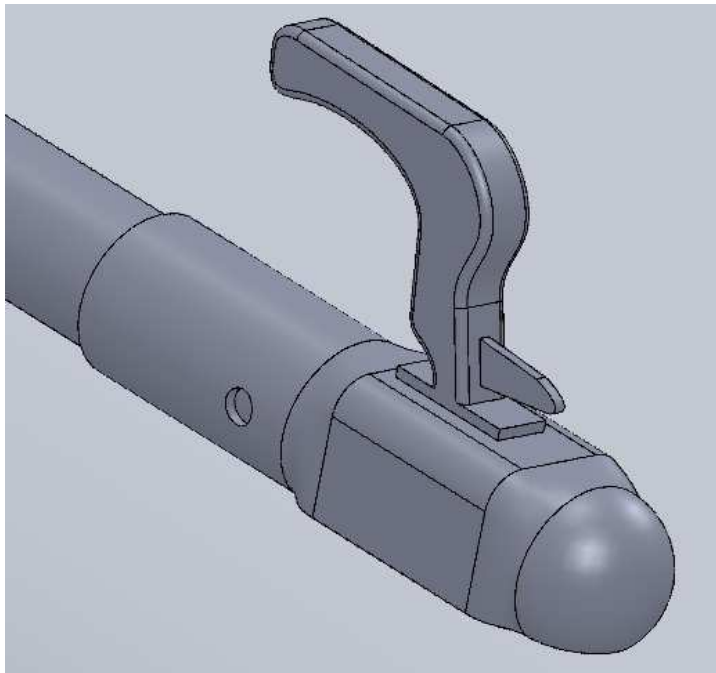
Třetí varianta návrhu se skládá z nápravy, dvou jaklů čtvercového profilu, zadní rampy pro osvětlení a vpředu tažného kloubu. Délka konstrukce bez kloubu a rampy pro osvětlení je 5 300mm. S kloubem a rampou je 5 437mm. Tažný kloub byl zvolen SPP BC2200C pr.50mm (maximální hmotnost vozíku 2 200Kg, certikální zatížení 120Kg). Náprava je jednoosá nebrzděná. Předběžně byla vybrána náprava KNOTT VG7-L b-1320 N/C_1650 100x4 (šířka mezi patkami 1 320mm, maximální hmotnost přívěsu 750 Kg). Jakly jsou k nápravě přišroubovány třemi šrouby na každé straně. Jedná se o profil uzavřený svařovaný 50x50x3 DIN2395- S235JHR dle EN10219 (ČSN 42 6935). 2 profily jsou spojeny šrouby k patkám nápravy, mezi nimi napříč je umístěn třetí, který je spojuje. Spoj je svařovaný. Na tento příčník je přivařena trubka průměru 50mm o délce 1 300mm. Na konci trubky je šroubem připojen tažný kloub.



Obr. 20. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 3. Detailní pohled na místo spojení nápravy a čtvercového profilu. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby. Otvory jsou průchozí celým profilem.

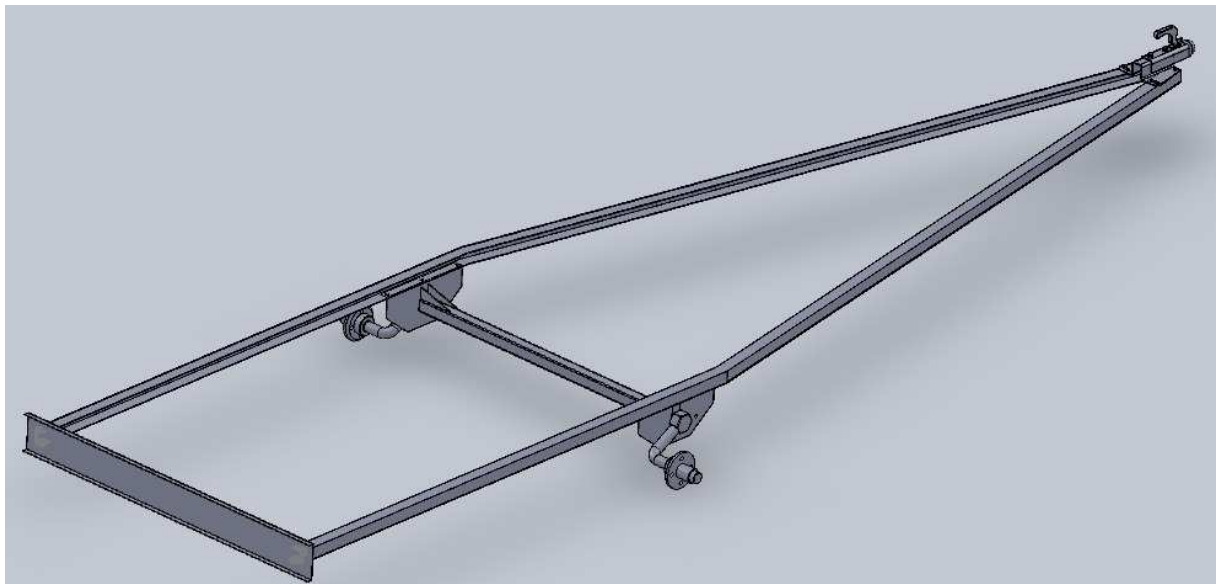


Obr. 21. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 3. Detailní pohled na patku nápravy a čtvercový profil. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby. Otvory jsou průchozí celým profilem.



Obr. 22. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 3. Detailní pohled na spojení tažného kloubu a trubky. Zřetelně je vidět otvor pro šroub. Otvor je průchozí celým profilem.

3.1.4 Varianta 4



Obr. 23. Konstrukční návrh přívěsu – varianta 4. Celkový pohled.

Varianta 4 se liší od varianty 1 pouze ve způsobu ohybu U profilů. Profily jsou ohnuty 25mm za patkami nápravy.

3.2 Zhodnocení a výběr varianty

Při výběru konstrukce přívěsu bylo v první řadě přihlíženo na požadavky na přívěs. To znamená splnění základních požadavků na rozměry, celkovou hmotnost nepřesahující 750Kg a hlavně cenu. Rozměry a celkovou hmotnost splnily všechny uvedené varianty, proto hlavním kritériem byla cena.

Varianta 1 - použitý profil je otevřený což umožňuje použití krátkých šroubů
- použitý profil je levnější než u varianty 2 a 3
- konstrukce se nikde nesvařuje

Varianta 2 - použitý profil má větší tuhost, ale je dražší než u varianty 1
- použitý profil neumožňuje použití krátkých šroubů
- konstrukce se nikde nesvařuje

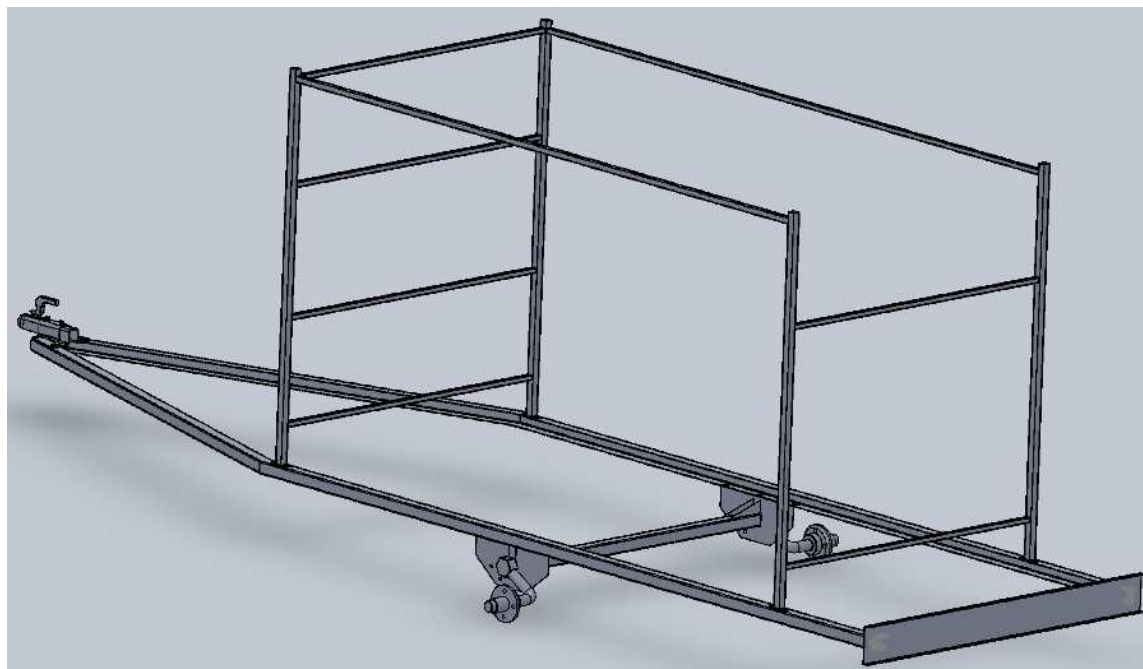
Varianta 3 - použitý profil má větší tuhost, ale je dražší než u varianty 1
- použitý profil neumožňuje použití krátkých šroubů
- další náklady na nákup trubky
- konstrukce se svařuje na třech místech (další zvýšení nákladů)

Varianta 4 - použitý profil je otevřený což umožňuje použití krátkých šroubů
- použitý profil je levnější než u varianty 2 a 3
- konstrukce se nikde nesvařuje
- konstrukce má menší stabilitu v zatáčkách

Po zvážení všech aspektů byla pro svou jednoduchost a nízkou cenu vybrána **varianta 1**.

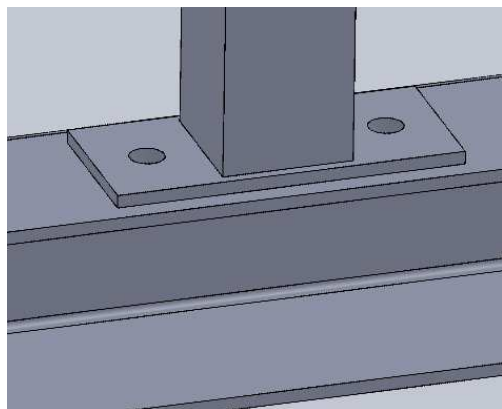
3.3 Konstrukční návrh přívěsu + konstrukce na kanoe

3.3.1 Varianta 1



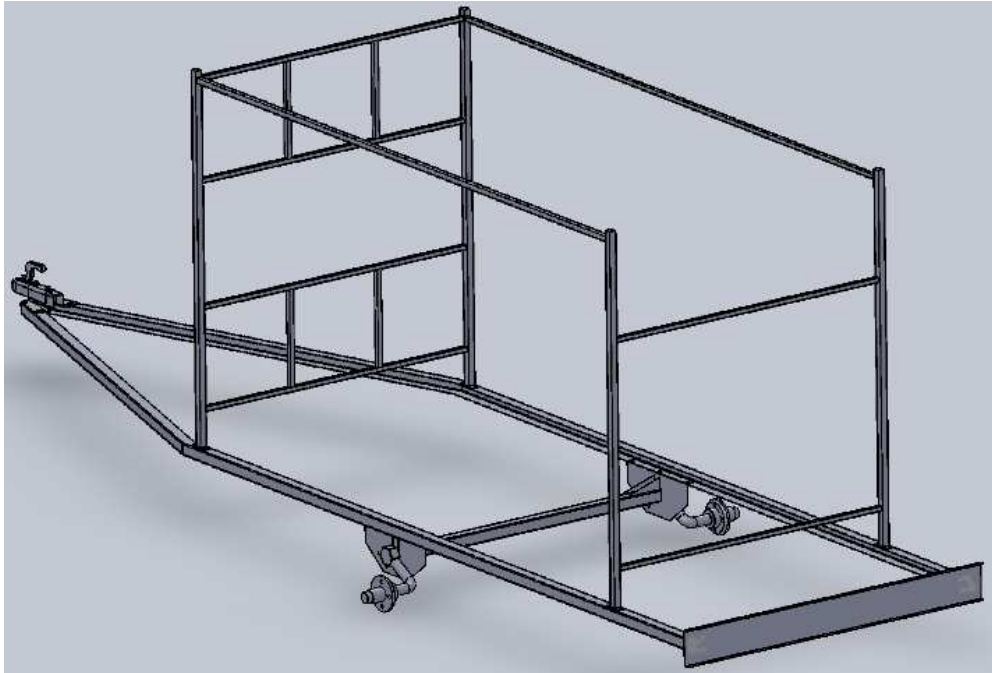
Obr. 24. Konstrukční návrh přívěsu + konstrukce na kanoe – varianta 1. Celkový pohled.

Konstrukce na přepravu kanoí je k přívěsu přišroubována celkem 8 šrouby. 4 svislé jakly (rozměr 30x30x2) jsou ve spodu přivařené na plechy (tloušťka 3mm) a ty jsou pak přišroubovány k přívěsu. Vpředu jsou 4 jakly (rozměr 20x20x2) horizontálně přivařeny mezi 2 svislé jakly. Kanoe budou v konstrukci umístěny na boku po třech ve dvou patrech (celkem 6 kanoí). Vpředu jsou jasně vidět 4 jakly horizontálně umístěné, ty mají sloužit jako 2 patra pro kanoe. Kanoe se vždy zarazí o 2 jakly, tím se zajistí proti posunutí ve směru jízdy. Vzadu se opře o jeden ze dvou jaklů. Vzadu jsou pouze 2 horizontálně umístěné jakly, to z důvodu, že nelze předem určit rozměry přepravovaných kanoí konstrukce musí být univerzální pro více typů kanoí.



Obr. 25. Konstrukční návrh přívěsu + konstrukce na kanoe – varianta 1. Detailní pohled na spojení mezi plechovým plátem a U profilem. Zřetelně jsou vidět otvory pro šrouby.

3.3.2 Varianta 2



Obr. 26. Konstrukční návrh přívěsu + konstrukce na kanoe – varianta 2. Celkový pohled.

Varianta 2 konstrukčního návrhu konstrukce na kanoe je stejná jako varianta 1, jen jsou přidány vertikální přepážky v obou patrech vpředu. Ty jsou přidány z důvodu, když se bude převážet méně kanoí než 6, například 2, tak by se během jízdy mohlo stát, že se kanoe ze svislé polohy dostanou do polohy vodorovné (vlivem vibrací při jízdě) a už nebudou zajištěny proti posunutí ve směru jízdy. Konstrukce se k spodním dvěma profilům přivaří, budou zde vytvořeny koutové svary kolem 4 profilů dosedajících na spodní 2 profily.

3.3.3 Výběr varianty

Po zvážení všech aspektů byla pro své vlastnosti vybrána varianta 2.

4 Konstrukční návrh a výpočty

4.1 Volba zatížení konstrukce

Před provedením výpočtů je potřeba určit zatížení, které bude na celou konstrukci působit, zcela jistě na ni bude působit tíha vlastní konstrukce, odstředivá síla při průjezdu zatáčkou a setrvačná síla při rozjezdu a brzdění. To samé zatížení bude působit na každou ze šesti převážených lodí, toto zatížení bude přenášeno na konstrukci skrze uložení lodí.

Výpočet sil, proběhl pro mezní situaci, kdy řidič projíždí zatáčkou o poloměru 325m rychlostí 80 km/h a brzdí se zrychlením $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Pokud výpočet prokáže bezpečnost konstrukce v takto mezní situaci, je konstrukce bezpečná pro použití.

4.2 Výpočet zatížení konstrukce

4.2.1 Výpočet gravitační síly od vlastní hmotnosti konstrukce

Gravitační síla se vypočte jako součin hmotnosti \underline{m} , gravitačního zrychlení g , dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b .

$$F_g = m \cdot g \cdot k_d \cdot k_b = 215 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \cdot 1,8 = 4935,4 \text{ [N]}$$

F_g [N]	- gravitační síla
m [kg]	- hmotnost konstrukce
g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]	- gravitační zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.2.2 Výpočet setrvačné síly od vlastní hmotnosti konstrukce

Síla od brzděného zrychlení se vypočte jako součin hmotnosti \underline{m} , brzděného zrychlení a , dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b . Brzděné zrychlení pro soupravy do 3,5t = $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$F_s = m \cdot a \cdot k_d \cdot k_b = 215 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,8 = 5031 \text{ [N]}$$

F_s [N]	- setrvačná síla
m [kg]	- hmotnost konstrukce
a [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]	- brzděné zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.2.3 Výpočet příčné (odstředivé) síly od vlastní hmotnosti konstrukce

Odstředivá síla se vypočte jako součin hmotnosti \underline{m} , dostředivého zrychlení $\underline{\alpha}_n$, dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b . Dostředivé zrychlení se vypočte jako kvadrát rychlosti podělený poloměrem zatáčky.

$$F_o = m * \alpha_n * k_d * k_b = 215 * \frac{\left(\frac{80}{3,6}\right)^2}{325} * 1,3 * 1,8 = 764,5 \text{ [N]}$$

F_o [N]	- odstředivá síla
m [kg]	- hmotnost konstrukce
α_n [$m * s^{-2}$]	- dostředivé zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.2.4 Výpočet gravitační síly od nákladu

Gravitační síla se vypočte jako součin hmotnosti \underline{m} , gravitačního zrychlení g , dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b .

$$F_g = m * g * k_d * k_b = 40 * 9,81 * 1,3 * 1,8 = 918,22 \text{ [N]}$$

F_g [N]	- gravitační síla
m [kg]	- hmotnost jedné lodě
g [$m * s^{-2}$]	- gravitační zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.2.5 Výpočet setrvačné síly od nákladu

Síla od brzdného zrychlení se vypočte jako součin hmotnosti \underline{m} , brzdného zrychlení \underline{a} , dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b . Brzdné zrychlení pro soupravy do 3,5t = 10 $m * s^{-2}$.

$$F_s = m * a * k_d * k_b = 40 * 10 * 1,3 * 1,8 = 936 \text{ [N]}$$

F_s [N]	- setrvačná síla
m [kg]	- hmotnost jedné lodě
a [$m * s^{-2}$]	- brzdné zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.2.6 Výpočet příčné (odstředivé) síly od vlastní hmotnosti konstrukce

Odstředivá síla se vypočte jako součin hmotnosti m , dostředivého zrychlení a_n , dynamického součinitele k_d a koeficientu bezpečnosti k_b . Dostředivé zrychlení se vypočte jako kvadrát rychlosti podělený poloměrem zatáčky.

$$F_o = m * a_n * k_d * k_b = 40 * \frac{\left(\frac{80}{3,6}\right)^2}{325} * 1,3 * 1,8 = 142,23 [N]$$

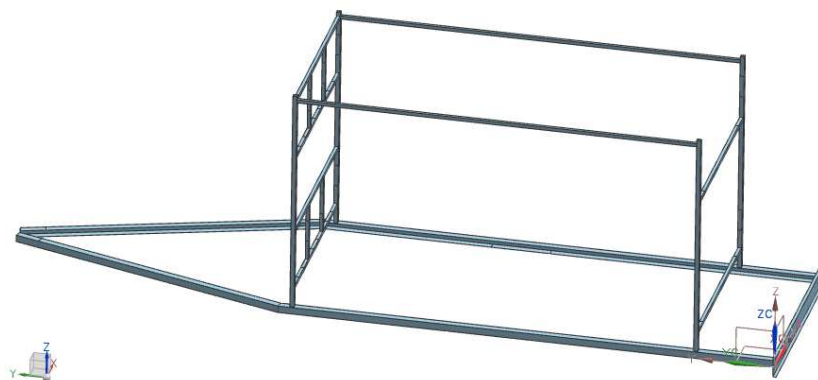
F_o [N]	- odstředivá síla
m [kg]	- hmotnost jedné lodě
a_n [$m * s^{-2}$]	- dostředivé zrychlení
k_d [-]	- dynamický součinitel
k_b [-]	- koeficient bezpečnosti

4.3 Tvorba výpočtového modelu

Pevnostní analýza konstrukce byla provedena v programu Siemens NX 8.0 pomocí metody konečných prvků (MKP).

4.3.1 Geometrie konstrukce

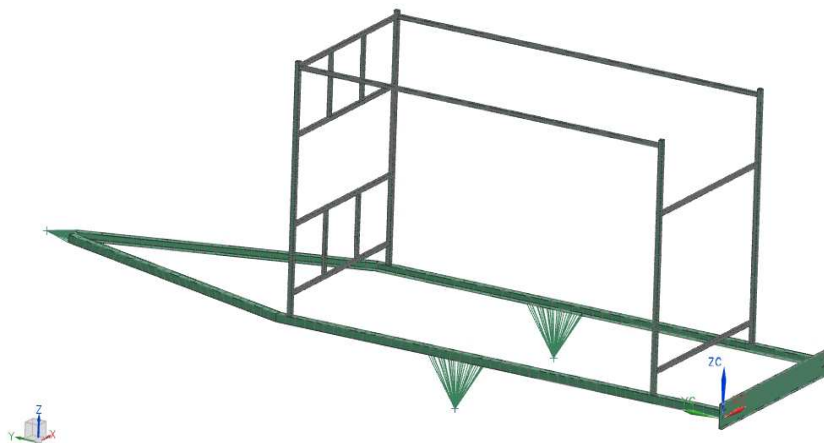
Konstrukce byla provedena pomocí 2D prvků, kterým byl později přiřazen materiál a tloušťka. Do konstrukce a výpočtu nebyla zahrnuta náprava a oj, protože jsou to nakupované součásti a jejich výrobce garantuje únosnost 750 Kg.



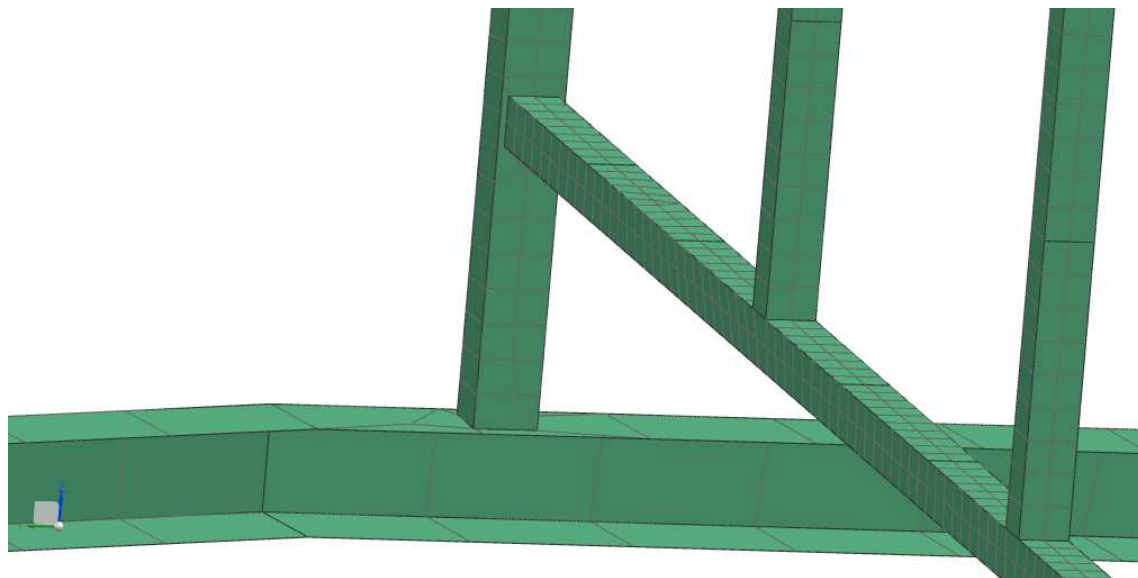
Obr. 27. Konstrukce pomocí 2D prvků.

4.3.2 Síť

Jelikož byla konstrukce namodelována pomocí 2D prvků, musela být použita 2D síť tzv. "2D Mesh". Na model byly celkem použity 2 sítě, jedna na oba U profily o doporučené velikosti elementu 72,9 mm, přiřazená tloušťka 3 mm a materiál ocel z materiálové knihovny programu NX. Druhá na jákly o velikosti elementu 15 mm, tloušťce 2 mm a materiál ocel. Jelikož byly použity 2 druhy sítě, musí se síť před dalšími operacemi spojit pomocí příkazu "stitch edge", to spojí obě sítě do jednoho celku, bohužel toto spojení zapříčiní deformaci elementů v blízkosti spojení a zhorší to kvalitu sítě v inkriminovaném místě.



Obr. 28. Vytvořená síť na modelu.



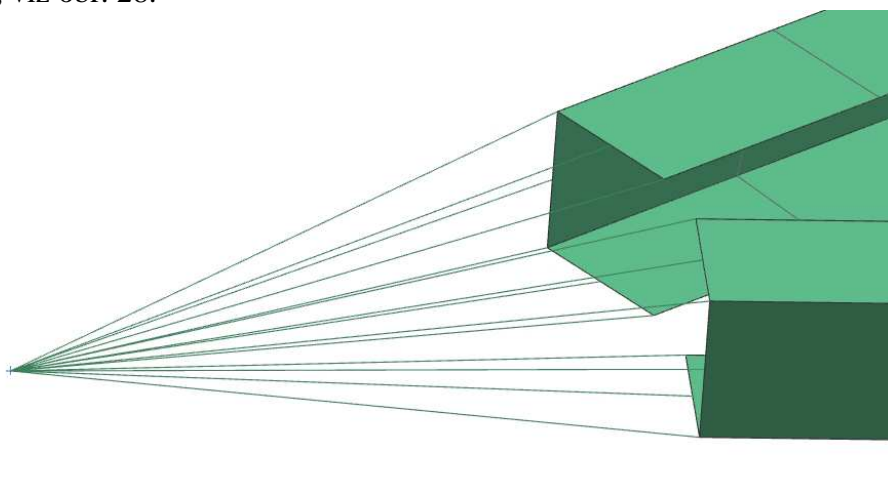
Obr. 29. Detailní pohled na vytvořenou síť, zřetelně jde vidět rozdíl ve velikosti elementu sítě na U profilu a na jaklech.

4.3.3 Okrajové podmínky

Předpokládá se, že se jedná o lineární úlohy v oblasti platnosti Hookova zákona. Deformace jsou relativně malá vzhledem k ostatním rozměrům součásti a v průběhu řešení se nemění okrajové podmínky.

Volba okrajových podmínek má vliv na průběh celého výpočtu, odchylku výsledků od skutečnosti a věrohodnost výsledků. Správná volba okrajových podmínek je tedy velice důležitá. Je třeba se zamyslet nad tím, jak bude ve skutečnosti konstrukce namáhána a zvolit okrajové podmínky co nejvíce podobné realitě.

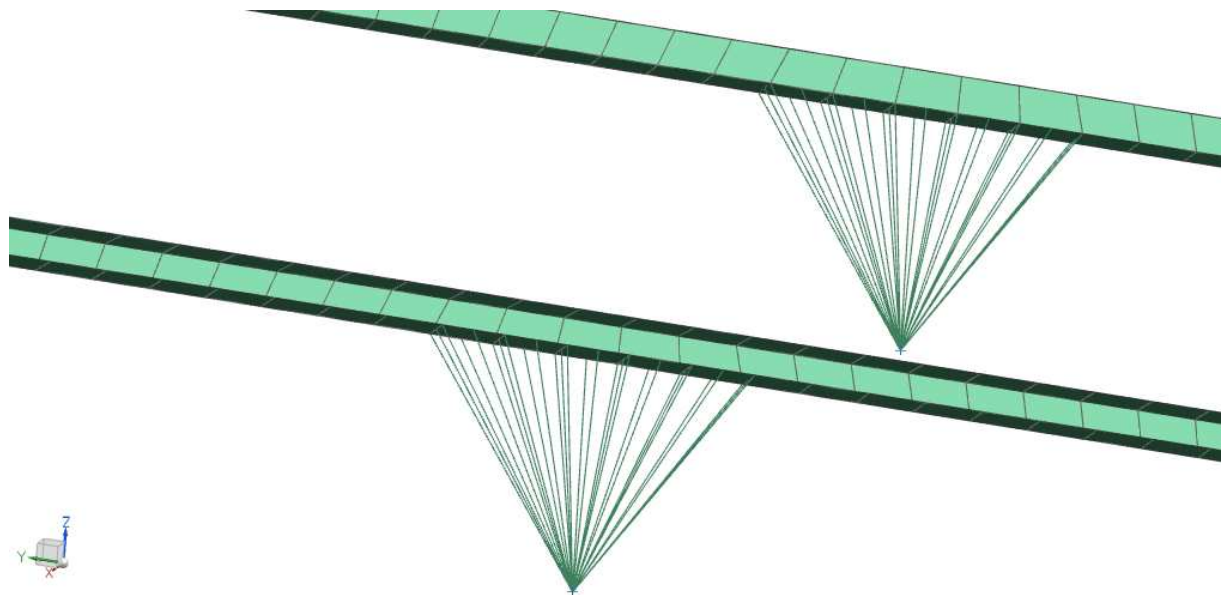
Po pečlivém zvážení všech možností byly zvoleny tzv. "1D rigid" prvky. Tedy prvky o nekonečné tuhosti (v průběhu výpočtu se nedeformují). V prvním případě (simulace napojení oje) proběhlo jejich napojení na konstrukci od jednoho pevného bodu k hranám konstrukce, viz obr. 28.



Obr. 30. Ukázka okrajové podmínky simulující napojení oje na dva U profily.

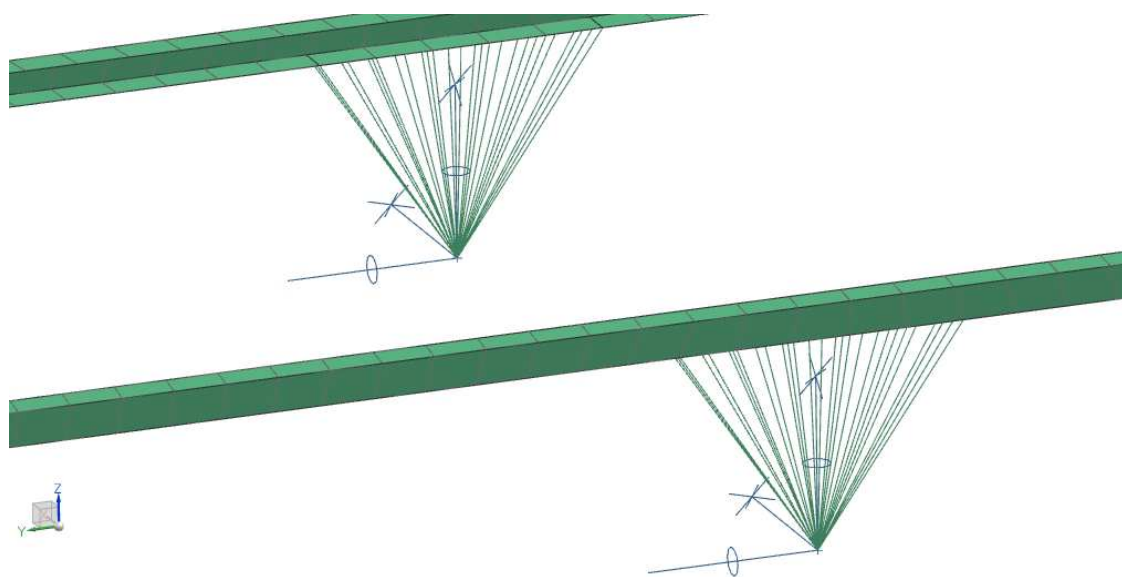


Druhá okrajová podmínka simuluje připojení konstrukce k nápravě. I zde byly zvoleny "1D rigid" prvky o nekonečné tuhosti. Napojení na konstrukci ale neproběhlo na hrany, ale na plochy. Jsou to dvě plochy, které budou tvořit styčné plochy mezi U profily a nápravou. Pomyslná spojnice bodů, které jsou pomocí rigid prvků spojeny s plochami na konstrukci, reprezentuje osu rotace obou kol nápravy. To přispívá k realističnosti volby okrajových podmínek.



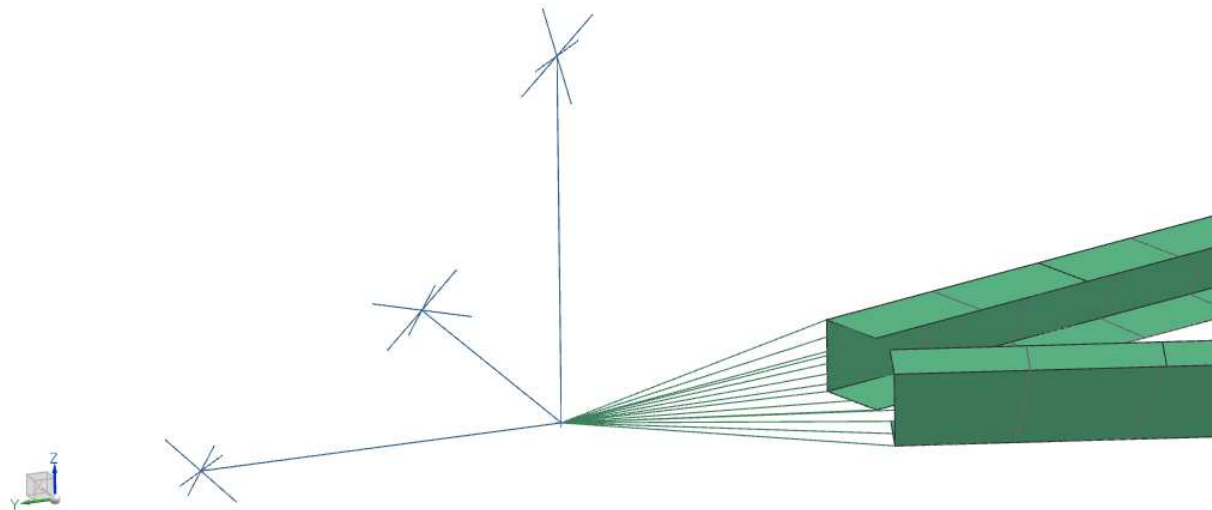
Obr. 31. Spojení bodů s plochami na konstrukci pomocí 1D rigid prvků.

Vytvořené spojení 1D rigidových prvků s konstrukcí nestačí jako počáteční podmínka. Byly vytvořeny 3 body v prostoru, těmto bodům se musí přiřadit počáteční podmínka v podobě odebrání či ponechání stupňů volnosti. Oba body reprezentující nápravu mají stejnou podmínku, byl zakázán jejich posun ve směru os X a Z, dále byla zakázána rotace kolem os Y a Z.



Obr. 32. Ukázka přiřazené počáteční podmínky pro dva body, které jsou spojeny s konstrukcí.

Další bod, kterému bylo nutno přiřadit počáteční podmínky, byl bod, který simuluje oj. Oj je kloub, který neumožňuje posun v žádné ze tří souřadnicových os, ale umožňuje rotaci kolem všech tří. Takto také byla nadefinována počáteční podmínka pro bod.



Obr. 33. Počáteční podmínky pro bod simulující oj.

4.3.4 Materiálové vlastnosti

Materiál byla zvolena ocel 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B) neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Vhodná pro součásti namáhané staticky i dynamicky.

Tabulka č. 1.

Chemické složení [%] oceli 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B)									
C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	Al	-
max 0,2	max 0,55	max 1,4	max 0,3	max 0,045	max 0,045	max 0,3	max 0,08	max 0,02	Cr+Mo+Ni < 0,48

Tabulka č. 2.

Mechanické vlastnosti oceli 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B)			
Tloušťka (mm)	do 100	100 – 250	250 - 500
Rm (MPa)	340	340	340
Re (MPa)	215	175	165

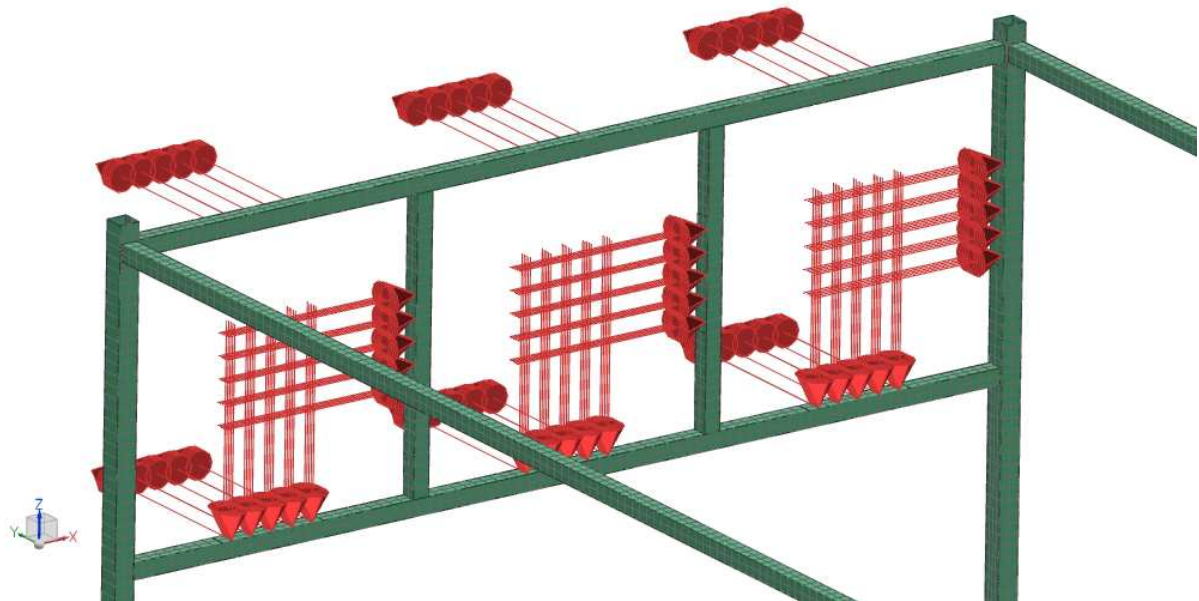
Z tabulky 2. je vidět, že mez elasticity je 215 MPa. Předpoklad MKP analýzy je, že se pohybuje v lineární oblasti, kde platí Hookův zákon. Tudíž platí do meze úměrnosti R_u . Mez úměrnosti R_u a mez elasticity R_e se od sebe co se týče hodnot, příliš neliší. R_e je o něco málo vyšší než R_u . Pro vyhodnocení výsledků se tedy uvažuje mezní hodnota napětí v materiálu 200 MPa.

Napětí v okolí svaru by nemělo překročit 100 MPa.

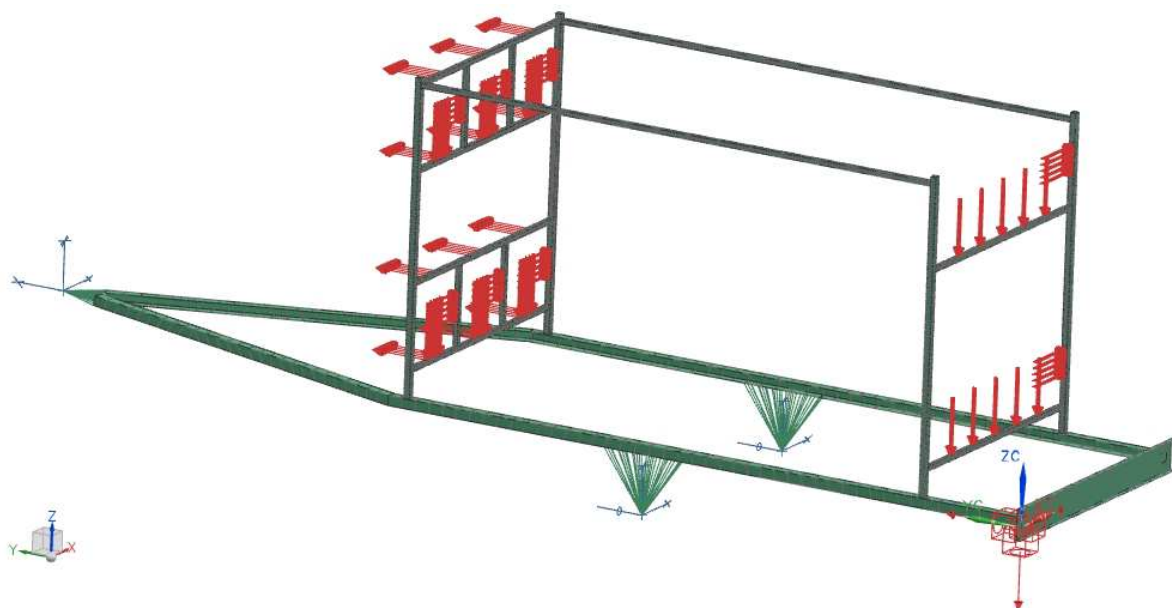
4.3.4 Zatížení konstrukce

Konstrukce je zatížena dříve vypočtenými silami. První 3 vypočtené síly od gravitace, odstředivé síly a setrvačnosti, byly nadefinovány jako gravitace s jinou hodnotou zrychlení ve třech různých osách. Gravitační síla v záporném směru osy Z. Odstředivá síla v e směru osy X a setrvačná síla ve směru osy Y.

Síly působící na konstrukci od nákladu, jsou do simulace zahrnuty jako klasické síly na styčné plochy. Celkem jich na konstrukci působí 28. Plochy, na které jednotlivé síly působí, odpovídají plochám, na které budou působit síly ve skutečnosti, viz obr. 34.



Obr. 34. Detailní pohled na působení sil na plochy.



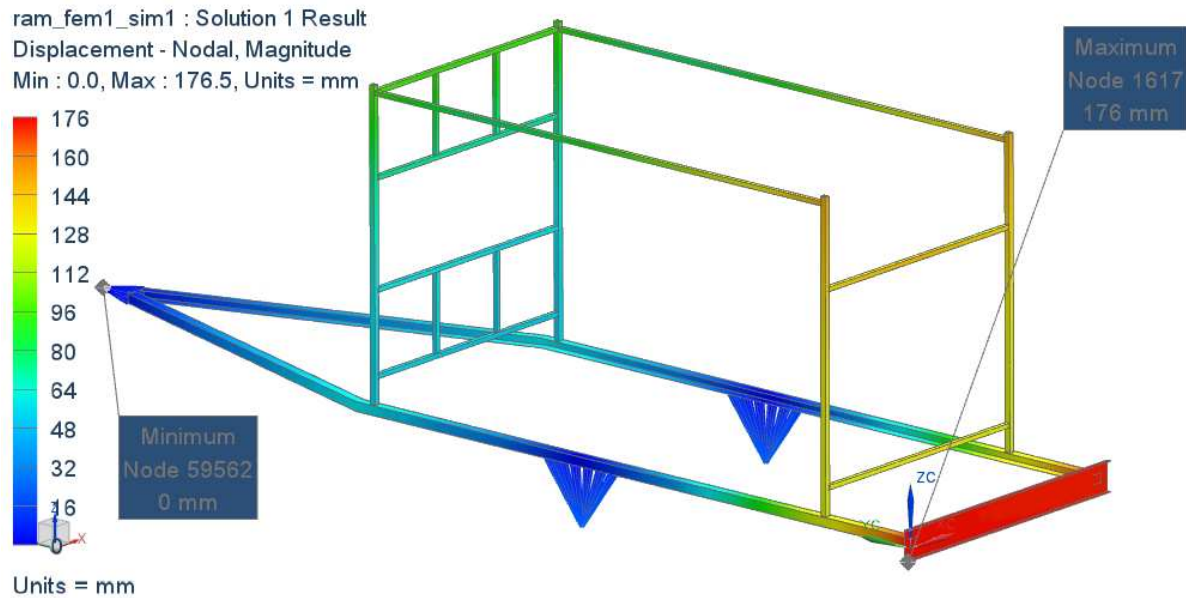
Obr. 35. Celkový pohled na zatíženou konstrukci s definovanými počátečními podmínkami

4.4 Výsledky výpočtu

Výsledky provedeného výpočtu nejsou uspokojivé. Napětí v materiálu překračuje mez úměrnosti R_u . Napětí v okolí svarů je příliš vysoké. Deformace jsou příliš velké.

Konstrukce z hlediska napětí a deformací nevyhovuje.

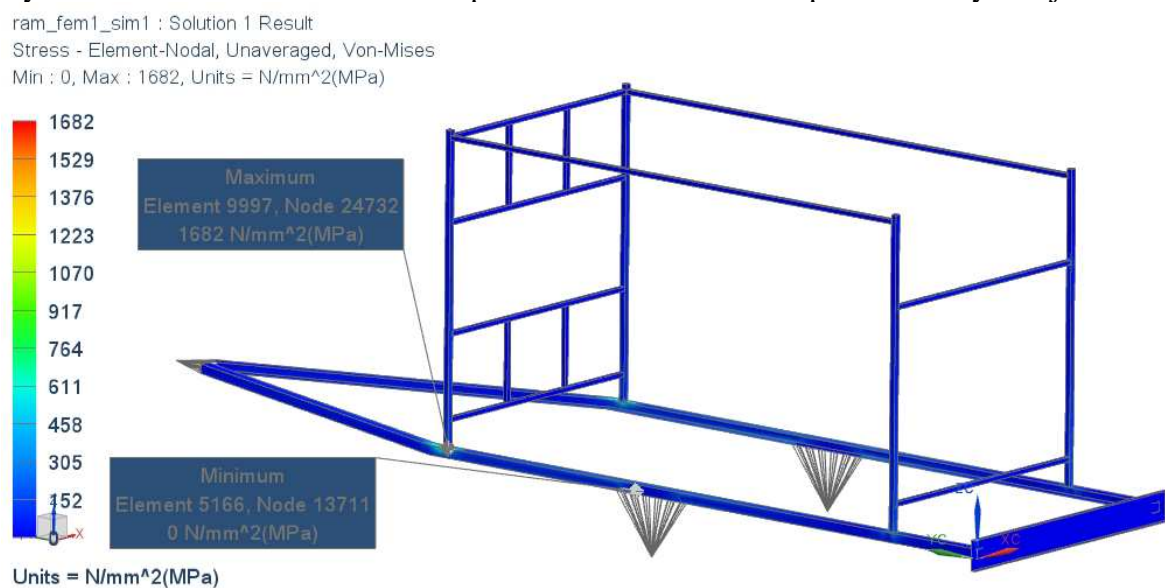
4.4.1 Deformace



Obr. 36. Deformace jsou největší v zadní části na rampě, hodnoty dle výpočtu překračují 170 mm. Takto vysoké hodnoty nejsou uspokojivé.

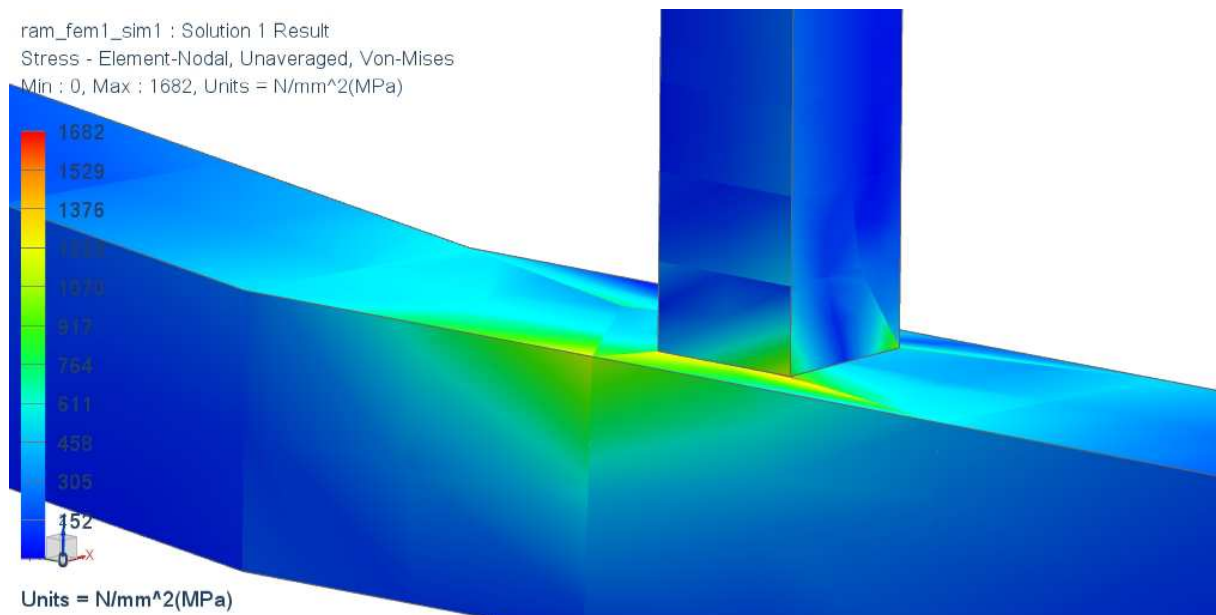
4.4.2 Napětí

Napětí dosahuje maximální hodnoty 1 682 MPa, což je absolutně nepřijatelná hodnota. Bylo stanoveno maximum na 200 Mpa. Konstrukce z hlediska pevnosti nevyhovuje.



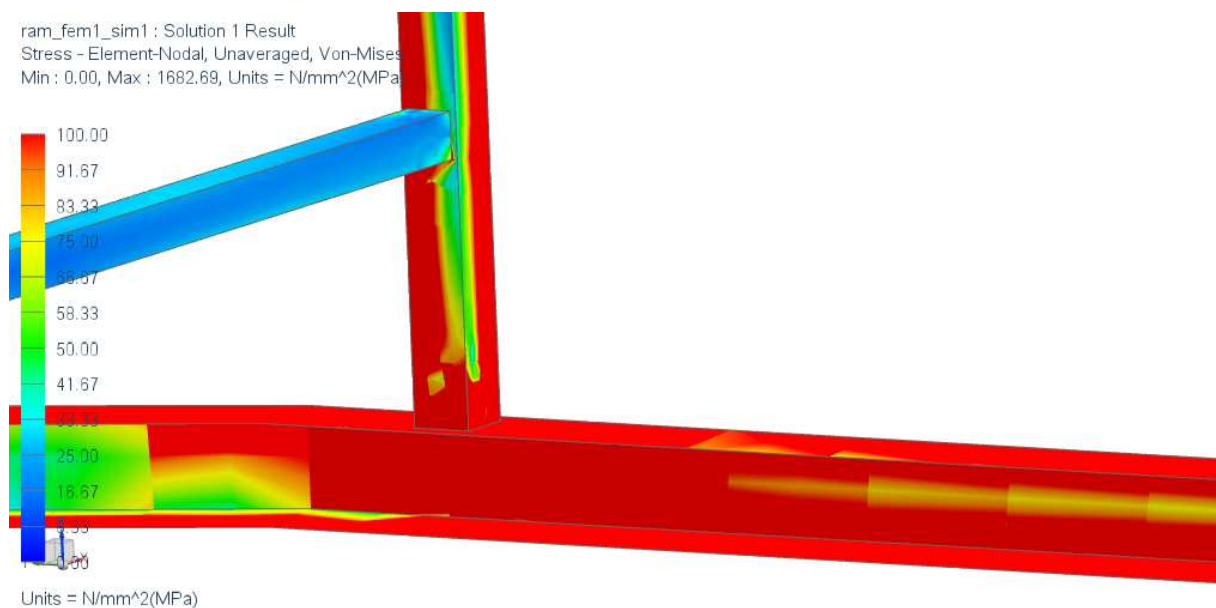
br. 37. Napětí je nejvyšší vpředu vlevo v okolí svaru.

Detailní pohledy na místa okolo svarů odhalily, že konstrukce nevyhovuje ani z hlediska pevnosti svarů, kde byla maximální hodnota stanovena 100 MPa.



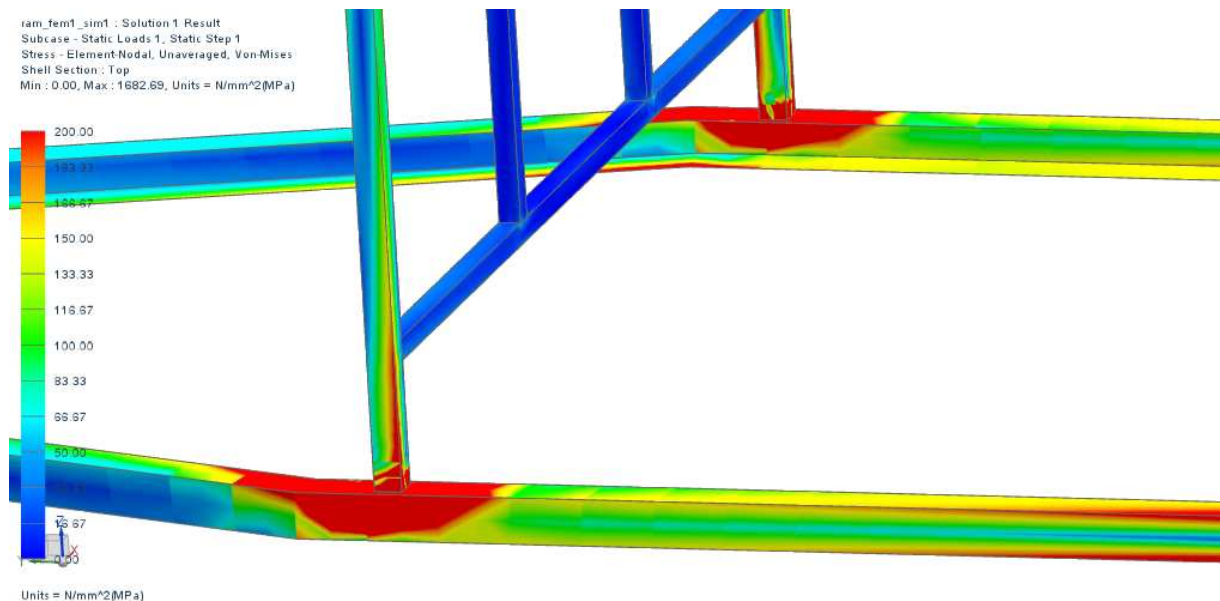
Obr. 38. Z obrázku je vidět, že napětí v okolí svaru zcela jistě překračuje maximální hodnotu.

Pro lepší názornost, byla upravena stupnice zobrazení napětí na hodnotu 100 MPa.

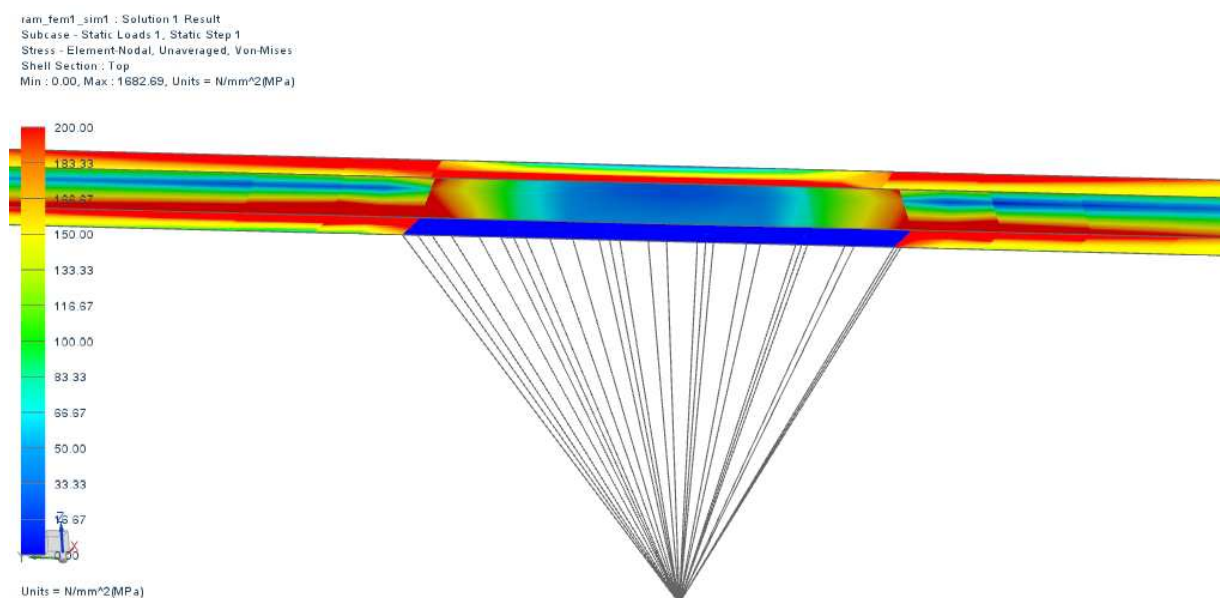


Obr. 38. Upravená stupnice napětí odhaluje, že v místě svaru a jeho okolí je napětí příliš vysoké.

Dále byla pro lepší názornost upravena stupnice na 200MPa.



Obr. 39. Upravená stupnice na 200 MPa odhalila, že v okolí svarů v přední části, dosahuje napětí příliš vysokých hodnot a hrozila by destrukce konstrukce.



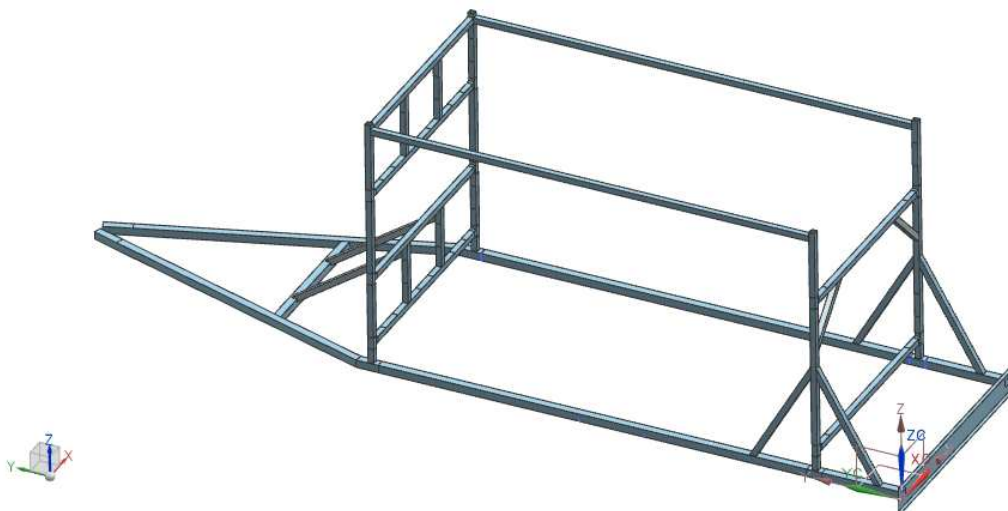
Obr. 40. V oblasti kolem plochy, která bude připevněna k nápravě, se napětí neúměrně koncentruje. To je způsobeno nedokonalostí počáteční podmínky. Napětí je zde vysoké z důvodu skokového přechodu z nekonečně tuhého prvku. Ve skutečnosti bude v materiálu docházet k plynulému přechodu napětí, nikoliv skokovému. Proto koncentrace napětí v okolí přechodu nebude tak vysoké jako je zobrazeno na obrázku. I přesto je ale napětí ve větší vzdálenosti od přechodu příliš vysoké.

4.5 Úprava konstrukce

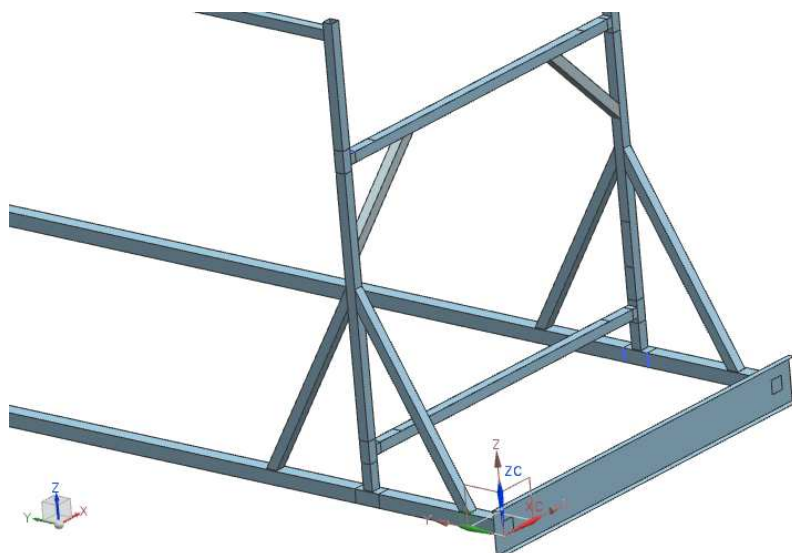
Z důvodu nepříjemných výsledků výpočtu v programu siemens NX 8.0, je nutno upravit konstrukci a celý výpočet opakovat. Celkem bylo provedeno 8 konstrukčních stavů a 8 výpočtů, cílem této práce však není popsat všechny konstrukční stavy zvlášť a jednotlivé změny popisovat. Popsán bude pouze poslední finální konstrukční stav.

4.5.1 Popis úprav

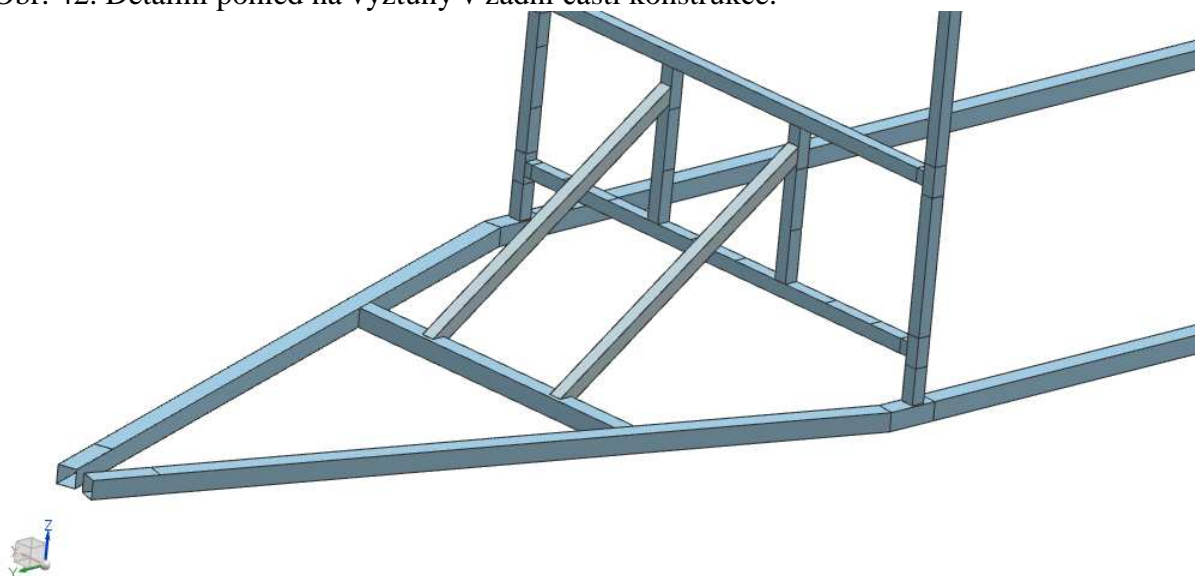
Nejdůležitější úpravy jsou změny profilů a přidání výztuhy. Oba otevřené U profily, které tvořily základ konstrukce, byly nahrazeny uzavřenými čtvercovými profily 50x50x5. Profily tvořící rám, který umožní přepravu lodí, byly změněny na uzavřené čtvercové profily 40x40x5. Celá konstrukce je tedy tvořena pouze dvěma typy profilů, které jsou spojeny svary.



Obr. 41. Upravená konstrukce, zřetelně jsou vidět výztuhy v přední i zadní části.



Obr. 42. Detailní pohled na výztuhy v zadní části konstrukce.



Obr. 43. Detailní pohled na výztuhy v přední části konstrukce.

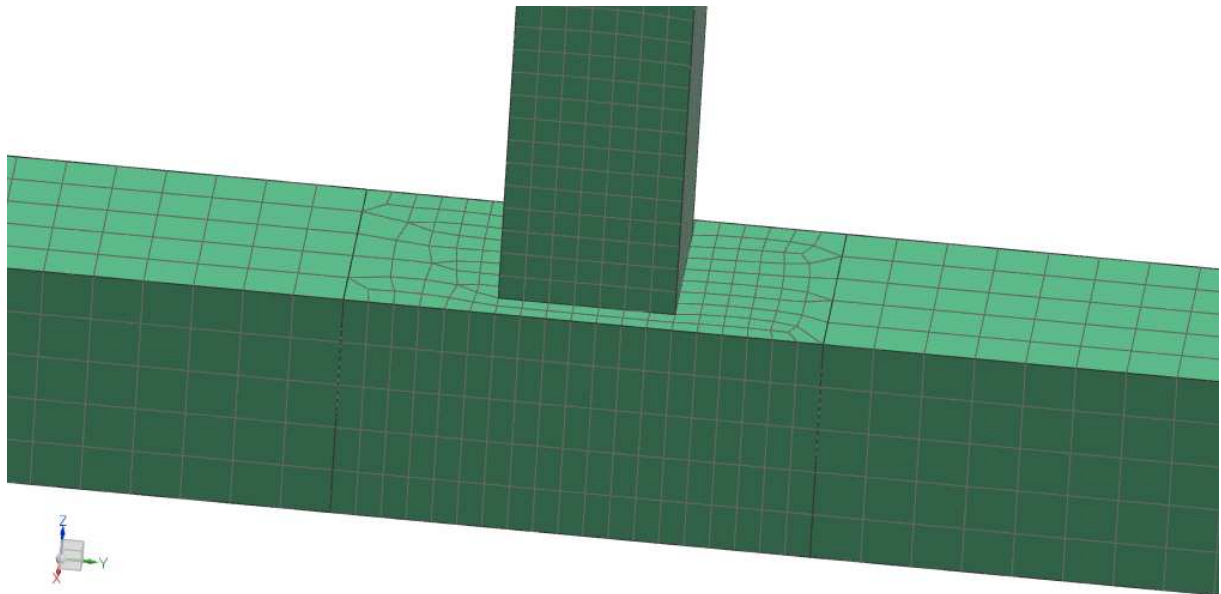
4.5.2 Geometrie konstrukce

Konstrukce byla provedena pomocí 2D prvků, kterým byl později přiřazen materiál a tloušťka. Do konstrukce a výpočtu nebyla zahrnuta náprava a oj, protože jsou to nakupované součásti a jejich výrobce garantuje únosnost 750 Kg.

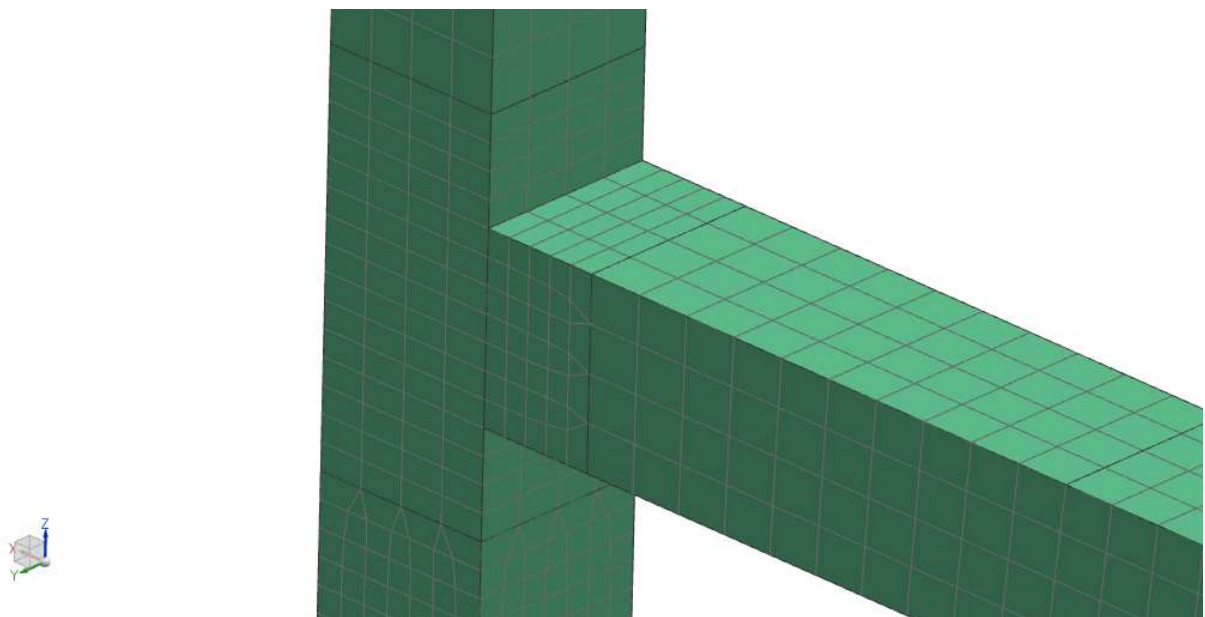
4.5.3 Síť

Jelikož byla konstrukce namodelována pomocí 2D prvků, musela být použita 2D síť tzv. "2D Mesh". Na model bylo celkem použito 5 sítí o dvou různých velikostech elementů. V okolí svarů byla síť rozdělena, z toho důvodu, aby bylo možno nadefinovat síť v okolí svarů jemnější, toto zjemnění by mělo přispět k vyšší přesnosti výsledků. Hrubější síť má velikost elementu 10mm, jemnější 5mm.

Jelikož byly použity 2 druhy sítě, musí se síť před dalšími operacemi spojit pomocí příkazu “stitch edge“, to spojí obě sítě do jednoho celku, bohužel toto spojení zapříčiní deformaci elementů v blízkosti spojení a zhorší to kvalitu sítě v inkriminovaném místě.



Obr. 44. Detailní pohled na místo kolem svaru, zřetelně jdou vidět rozdílné velikosti elementů. Lze vidět i deformaci elementů v místě přechodu mezi sítěmi.



Obr. 45. Detailní pohled na místo kolem svaru. Zde se síť zdeformovala v menším rozsahu než u předešlého obrázku.

4.5.4 Materiálové vlastnosti

Materiál byl zvolen stejný jako u předešlého výpočtu, tedy ocel 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B) neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. Vhodná pro součásti namáhané staticky i dynamicky.

Tabulka č. 3.

Chemické složení [%] oceli 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B)									
C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	Al	-
max 0,2	max 0,55	max 1,4	max 0,3	max 0,045	max 0,045	max 0,3	max 0,08	max 0,02	Cr+Mo+Ni < 0.48

Tabulka č. 4.

Mechanické vlastnosti oceli 11 375(S 235 JRG 2, Rst 37-2, Fe360B)			
Tloušťka (mm)	do 100	100 – 250	250 - 500
Rm (MPa)	340	340	340
Re (MPa)	215	175	165

Z tabulky 4. je vidět, že mez elasticity je 215 MPa. Napětí v okolí svaru by nemělo překročit 140 MPa.

4.5.5 Zatížení konstrukce

Konstrukce je zatížena stejně jako u předešlého výpočtu.

4.5.6 Okrajové podmínky

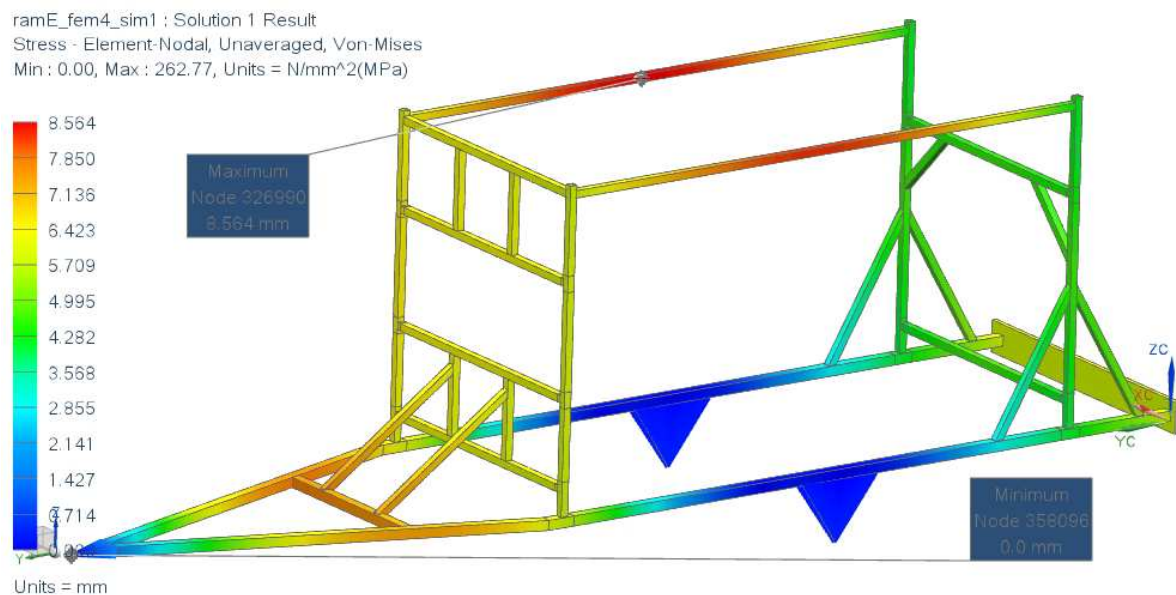
Okrajové podmínky byly zvoleny stejně jako u předešlého výpočtu.

4.6. Výsledky výpočtu upravené konstrukce

Výsledky výpočtu upravené konstrukce jsou uspokojující. Deformace se oproti prvnímu konstrukčnímu stavu zmenšily téměř o 95% z 176,5 mm na 8,6 mm. Napětí se zmenšilo téměř o 85% z 1682 MPa na 263 MPa. Z hlediska výsledků byla tedy úprava velice vhodná.

4.6.1 Deformace

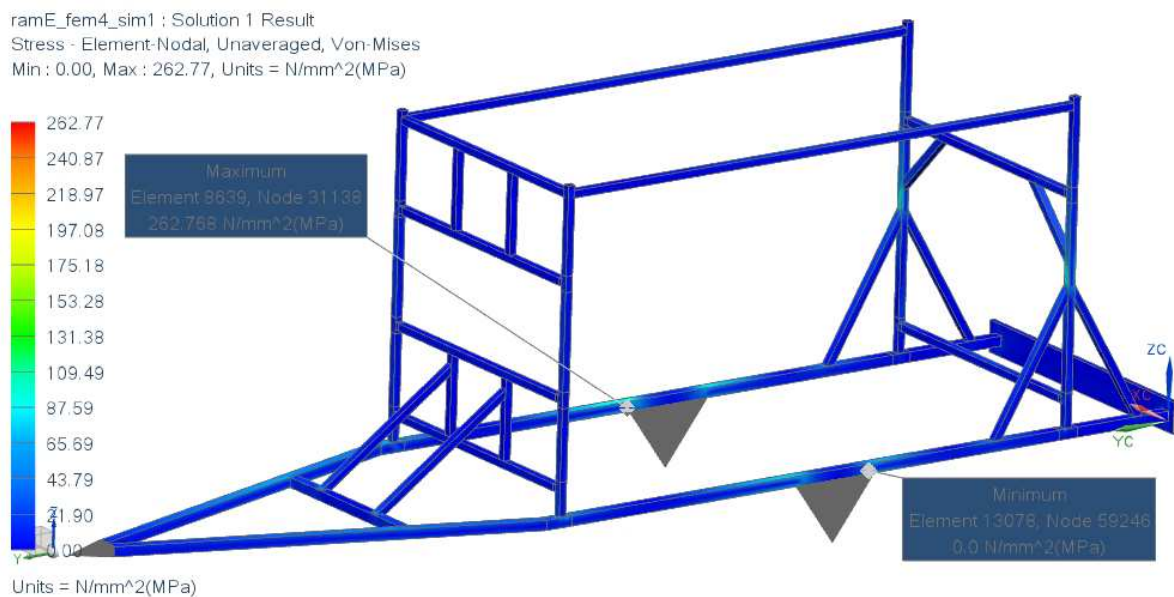
Deformace dosahuje nejvyšší hodnoty 8,6 mm.



Obr. 46. Deformace je nejvyšší na dvou horních profilech. Jelikož jde o simulaci v mezním případě brzdění z 80 km/h na 0 km/h v zatáčce o poloměru 325 m, deformace necelých 9 mm je v pořádku.

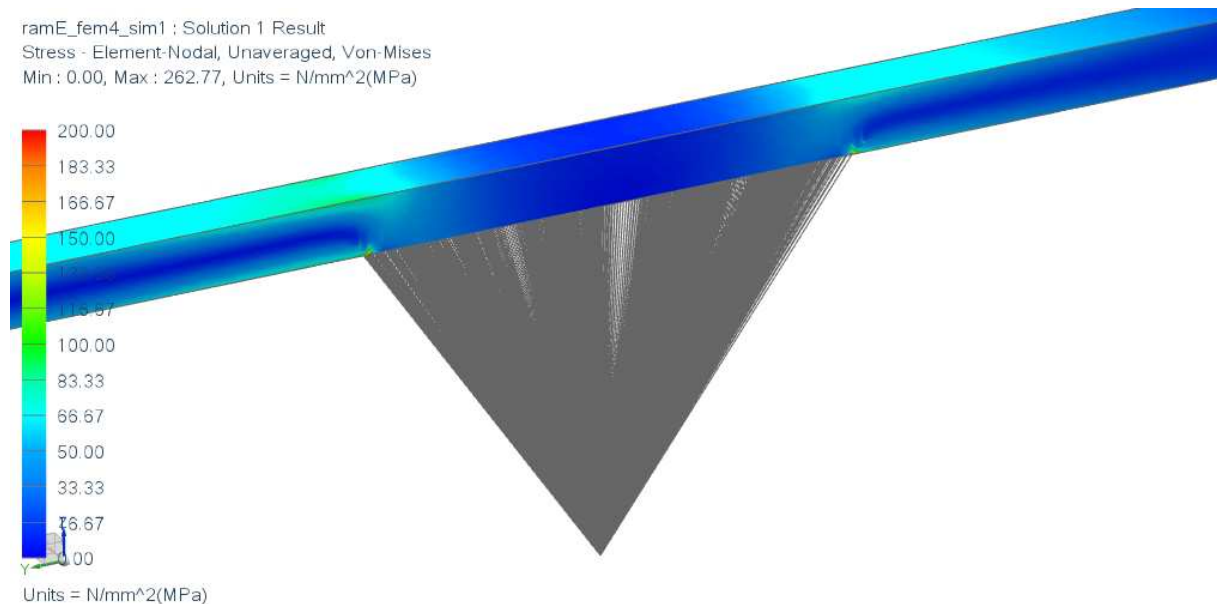
4.6.2 Napětí

Napětí dosahuje nejvyšší hodnoty 262,77MPa.

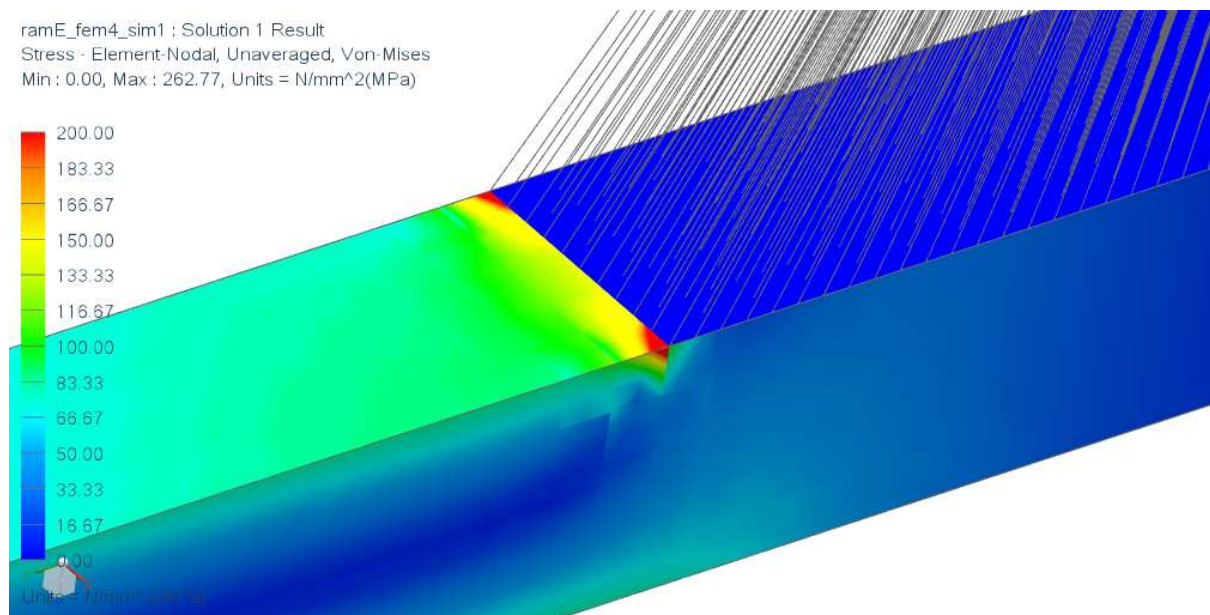


Obr. 47. Konstrukce z hlediska napětí zcela vyhovuje. Nejvyšší napětí sice bylo vypočteno 262,77 MPa, dále však bude vysvětleno, že jde o lokální špičku.

Pro lepší názornost byla upravena stupnice na hodnotu 200 MPa.

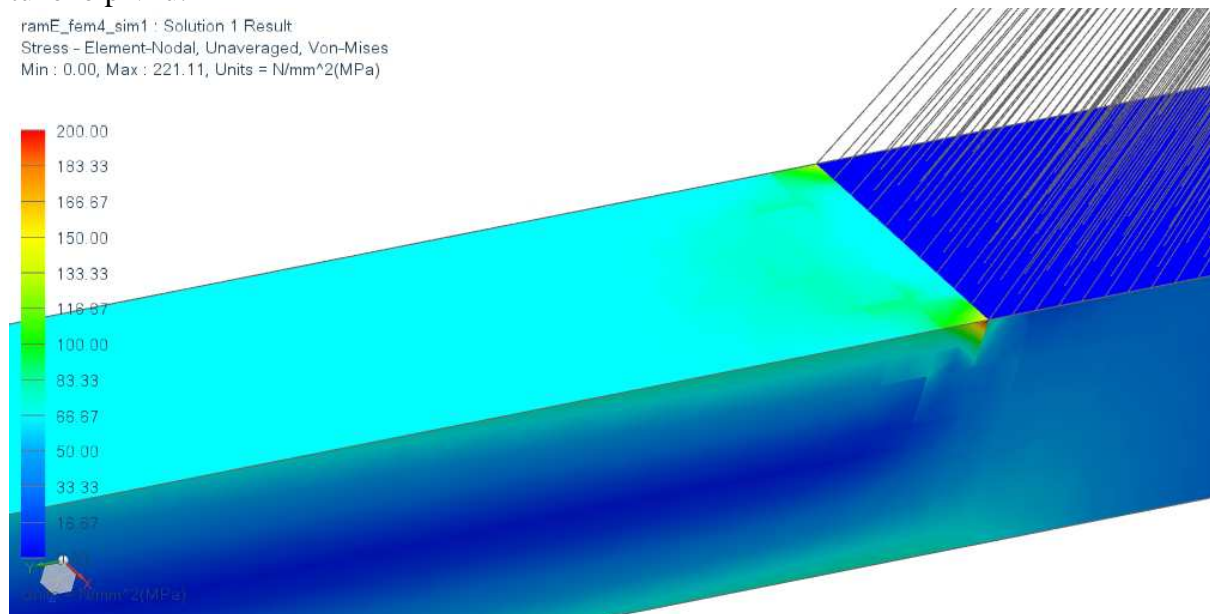


Obr. 48. V místě spojení konstrukce s nápravou je napětí nejvyšší, ale nedosahuje mezních hodnot.



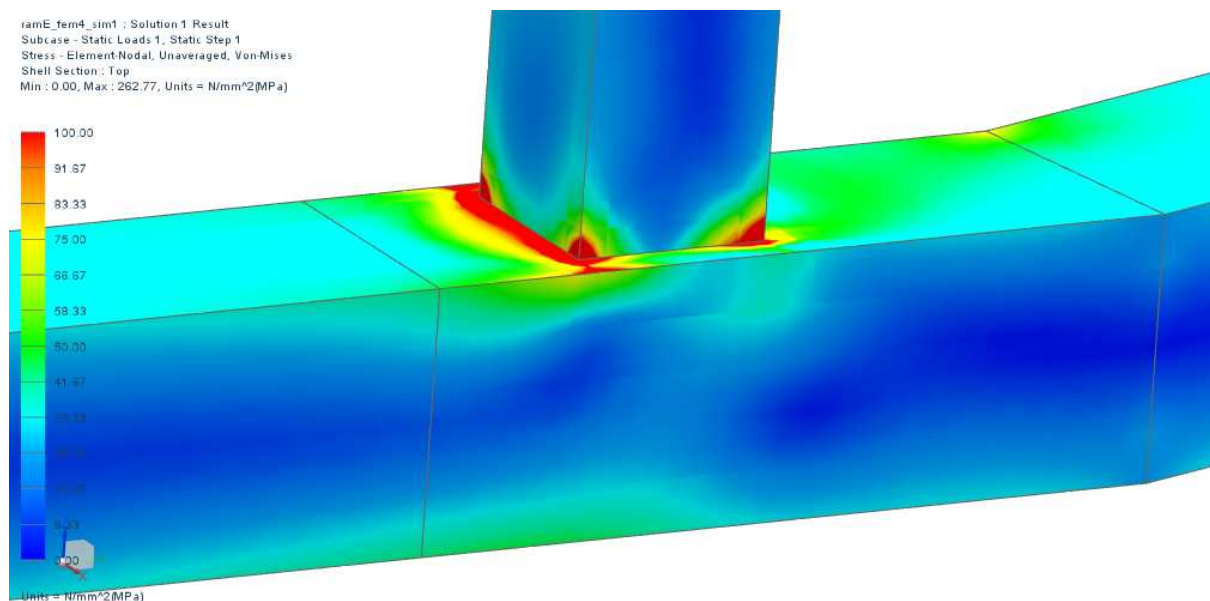
Obr. 49. Detailní pohled na přechod mezi plochou, ke které bude připojena náprava a volnou plochou. V rozích lze vidět, že napětí zde dosahuje 200 MPa, jde ale o lokální špičku. Napětí je zde vysoké z důvodu skokového přechodu z nekonečně tuhého prvku. Ve skutečnosti bude v materiálu docházet k plynulému přechodu napětí, nikoliv skokovému. Proto koncentrace napětí v okolí přechodu nebude tak vysoké jako je zobrazeno na obrázku.

Pro lepší názornost bylo zobrazení napětí upraveno tak, aby se zobrazilo zprůměrované napětí, tím se odstraní nedokonalost zobrazení v místě přechodu z nekonečně tuhého prvku.

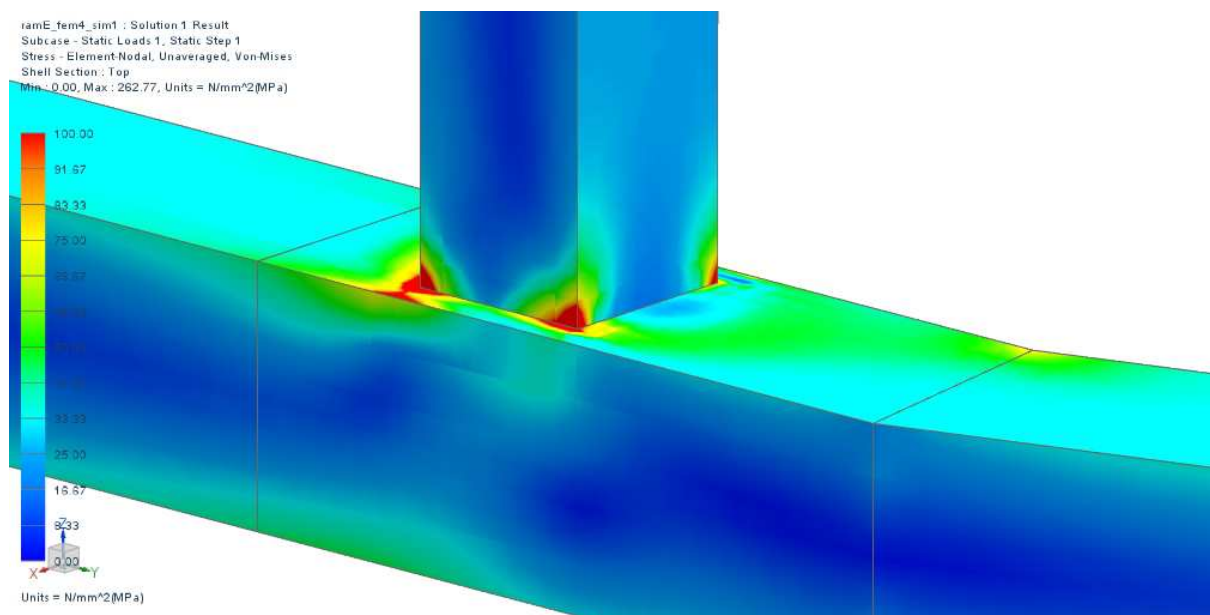


Obr. 50. Upravené zobrazení poskytuje lepší přehled o průběhu napětí a odhaluje, že v inkriminovaných místech šlo skutečně o lokální špičku napětí.

Dále budou zobrazeny detailní pohledy na místa kolem nejvíce zatížených svarů. Stupnice byla proto upravena na maximum 100 MPa.

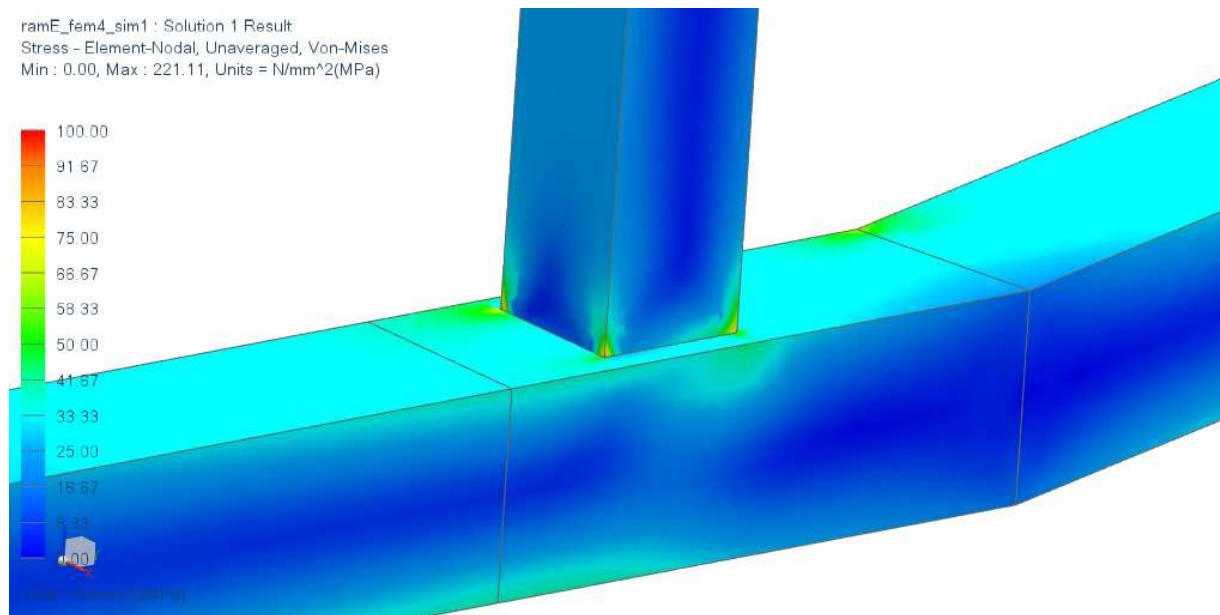


Obr. 50. Napětí v rozích spojení dvou profilů (vpravo vpředu) dosahuje maximální hodnoty pro svar 100 MPa. Jedná se však o lokální špičku, ve skutečnosti v těchto místech bude svar a napětí se zde rozloží do celého svaru. Vlivem rozložení napětí do celého svaru se jeho hodnota sníží.

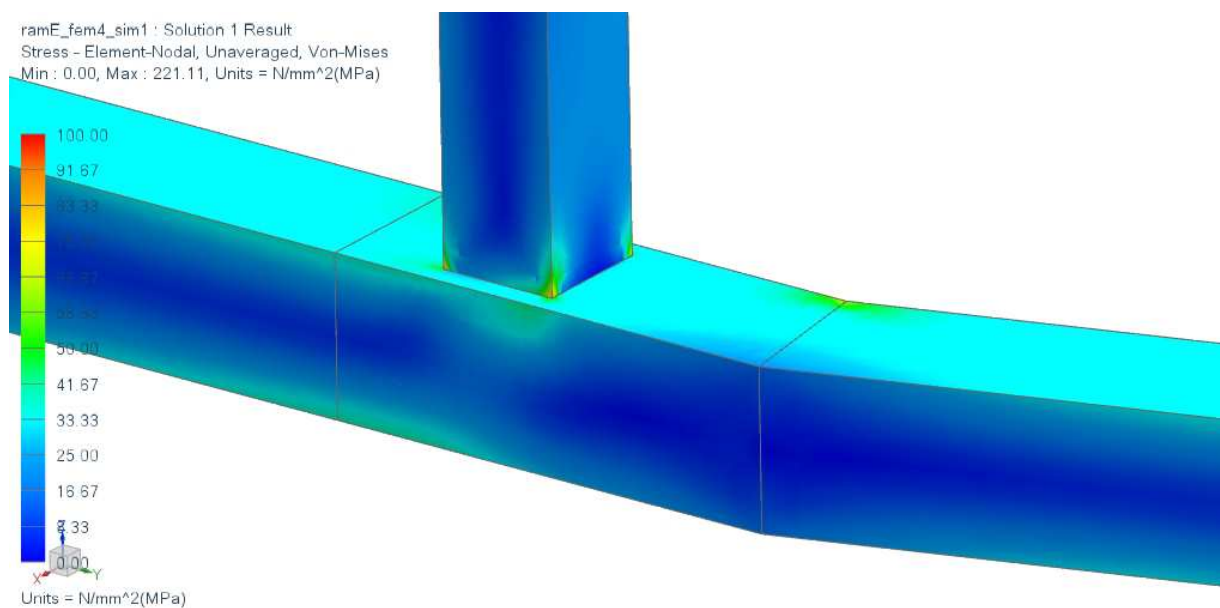


Obr. 51. Napětí v rozích spojení dvou profilů (vpravo vpředu) dosahuje maximální hodnoty pro svar 100 MPa. Jedná se však o lokální špičku, ve skutečnosti v těchto místech bude svar a napětí se zde rozloží do celého svaru. Vlivem rozložení napětí do celého svaru se jeho hodnota sníží.

Pro lepší názornost bylo zobrazení napětí upraveno tak, aby se zobrazilo zprůměrované napětí, tím se odstraní nedokonalost zobrazení v místě svaru.



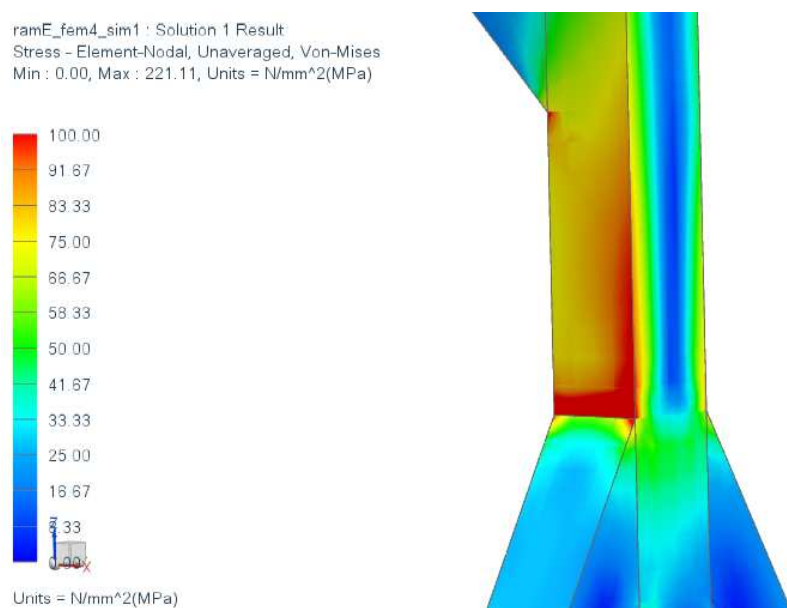
Obr. 52. Upravené zobrazení poskytuje lepší přehled o průběhu napětí a odhaluje, že v místech svarů šlo skutečně o lokální špičku napětí.



Obr. 53. Upravené zobrazení poskytuje lepší přehled o průběhu napětí a odhaluje, že v místech svarů šlo skutečně o lokální špičku napětí.



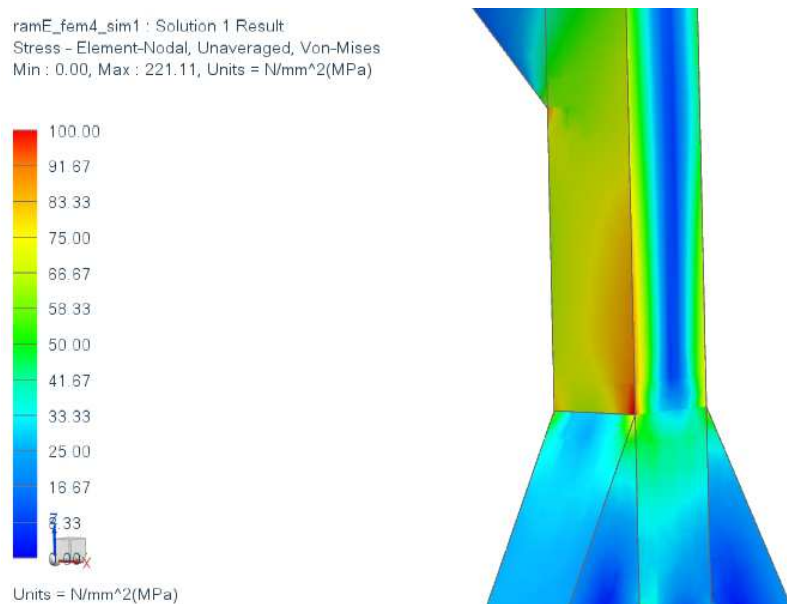
Obr. 54. Napětí kolem svaru u přední výztuhy je zcela v pořádku v mezích.



Obr. 55. Napětí v místě svarů kolem výztuh v zadní části. Zde napětí také dosahuje 100 MPa.

Výsledky výpočtu ukázaly, že konstrukce vyhovuje z hlediska napětí i deformací.

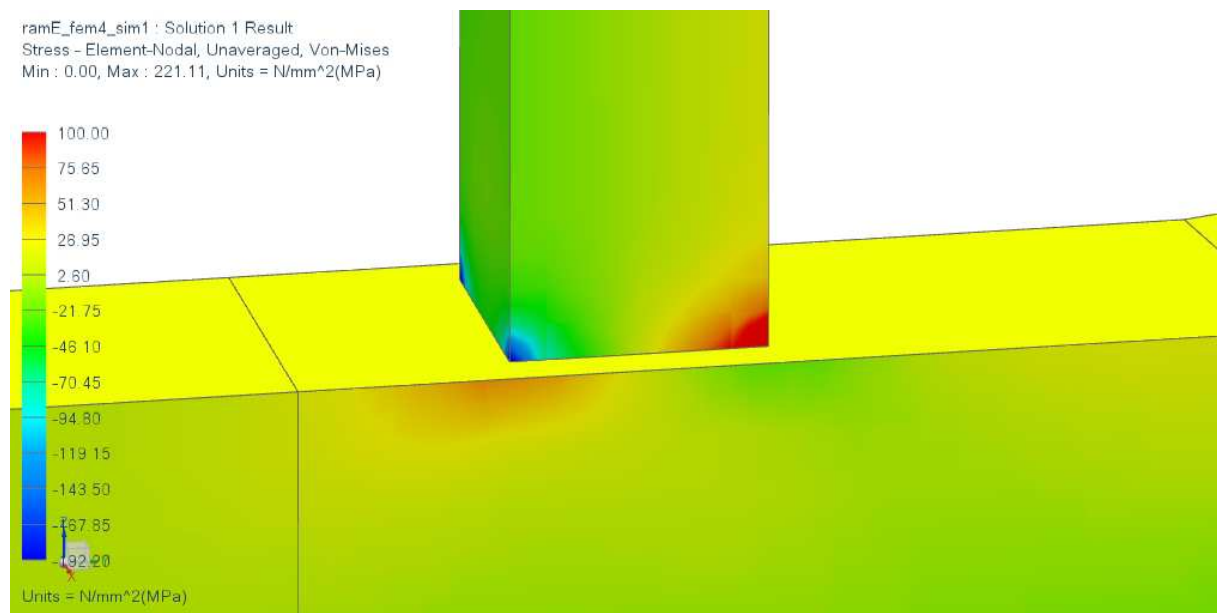
Pro lepší názornost bylo zobrazení napětí upraveno tak, aby se zobrazilo zprůměrované napětí, tím se odstraní nedokonalost zobrazení v místě svaru.



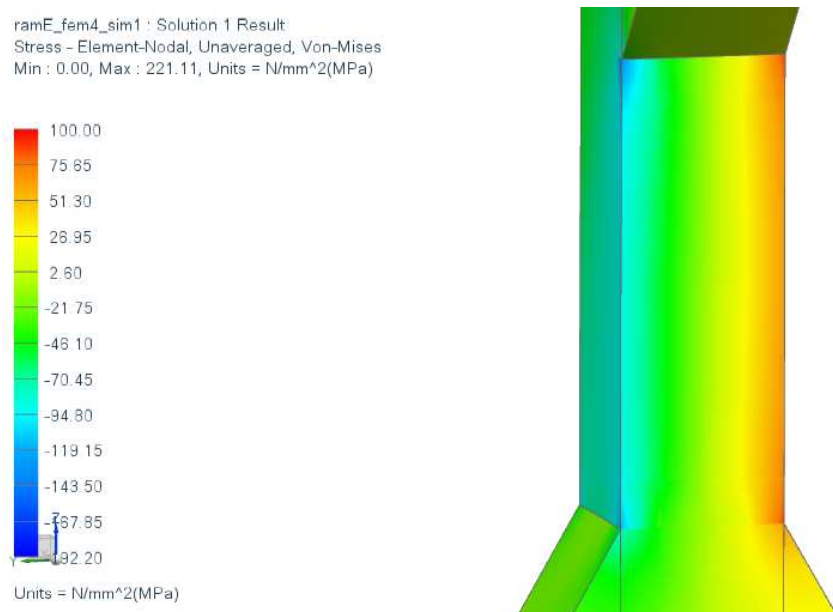
Obr. 56. Upravené zobrazení poskytuje lepší přehled o průběhu napětí a odhaluje, že v místech svarů šlo skutečně o lokální špičku napětí.

4.6.3 Svary

Je třeba zjistit, jaký druh namáhání působí na místa, kde budou svary. Proto je potřeba upravit zobrazení napětí do směru souřadnicových os.



Obr. 57. Svar vpravo vpředu-zobrazení napětí ve směru osy Z, to znamená ve vertikálním směru. Zádní část bude namáhána na tah a přední část na tlak.



Obr. 58. Svary vzadu u výztuh – zobrazení napětí ve vertikálním směru osy Z. Profil mezi spodní a horní výztuhou bude v přední části namáhán na tlak a v zadní části na tah.

4.6.4 Hodnocení výpočtu

Celkem bylo zhotoveno 8 konstrukčních stavů a provedeno 8 výpočtů. Rozdíly mezi výsledky jsou uspořádány do tabulky níže.

Tabulka č. 5.

Konstrukční stav	Deformace [mm]	Max napětí [MPa]
1	176	1 682
2	122	1 398
3	37	1 038
4	22	915
5	17	801
6	14	517
7	10	360
8	9	263

Výsledky výpočtu ukázaly, že konstrukce 8 vyhovuje z hlediska napětí i deformací.

5. Zhodnocení nové konstrukce

Návrh nové konstrukce splňuje všechny požadavky kladené na novou konstrukci.

5.1 Odhadovaná cena

Předběžná kalkulace ceny vychází z ceny nakupovaných dílů a materiálu, není započítána cena práce.

Nakupované díly: - kloub SPP DV-01.750-01 50x50 s přírubou na V oj
- dle www.vapol.cz - 666 Kč
- náprava VG7-L b-1320/c-1650 100x4
- dle www.agados.cz - 3872 Kč

Nakupované profily: - 40x40x5
- 3 200 Kč
- 50x50x5
- 1 900 Kč

Odhadovaná cena bez elektrických komponent (světla atd.), pneumatik a ceny práce cca 9 638Kč.

Obsah

1	Rešerše stávajícího stavu.....	1
1.1	Přeprava lodí obecně.....	1
1.1.1	Přeprava velkých lodí.....	1
1.1.2	Přeprava středně velkých a malých lodí.....	2
1.1.3	Přeprava kanoí.....	3
1.2	Popis stávajícího přívěsu.....	4
1.2.1	Technický popis stávajícího přívěsu.....	5
1.2.2	Popis konstrukce na přívěsu.....	5
2	Specifikace požadavků na novou konstrukci.....	7
2.1	Výčet záporů stávajícího stavu.....	7
2.2	Požadavky na novou konstrukci.....	7
3	Návrh variant a zhodnocení.....	9
3.1	Konstrukční návrh přívěsu.....	9
3.1.1	Varianta 1.....	9
3.1.2	Varianta 2.....	11
3.1.3	Varianta 3.....	13
3.1.4	Varianta 4.....	15
3.2	Zhodnocení a výběr varianty.....	16
3.3	Konstrukční návrh přívěsu + konstrukce na kanoé.....	17
3.3.1	Varianta 1.....	17
3.3.2	Varianta 2.....	18
3.3.3	Výběr varianty.....	18
4	Konstrukční návrh a výpočty.....	19
4.1	Volba zatížení konstrukce.....	19
4.2	Výpočet zatížení konstrukce.....	19
4.2.1	Výpočet gravitační síly od vlastní hmotnosti konstrukce.....	19
4.2.2	Výpočet setrvačné síly od vlastní hmotnosti konstrukce.....	19
4.2.3	Výpočet příčné (odstředivé) síly od vlastní hmotnosti konstrukce.....	20
4.2.4	Výpočet gravitační síly od nákladu.....	20
4.2.5	Výpočet setrvačné síly od nákladu.....	20
4.2.6	Výpočet příčné (odstředivé) síly od vlastní hmotnosti konstrukce.....	21
4.3	Tvorba výpočtového modelu.....	22
4.3.1	Geometrie konstrukce.....	22
4.3.2	Sít'.....	22

4.3.3 Okrajové podmínky	23
4.3.4 Materiálové vlastnosti.....	25
4.3.4 Zatížení konstrukce.....	26
4.4 Výsledky výpočtu	27
4.4.1 Deformace	27
4.4.2 Napětí.....	27
4.5 Úprava konstrukce	30
4.5.1 Popis úprav	30
4.5.2 Geometrie konstrukce	31
4.5.3 Síť	31
4.5.4 Materiálové vlastnosti.....	33
4.5.5 Zatížení konstrukce.....	33
4.5.6 Okrajové podmínky	33
4.6. Výsledky výpočtu upravené konstrukce	34
4.6.1 Deformace	34
4.6.2 Napětí.....	35
4.6.3 Svary.....	40
4.6.4 Hodnocení výpočtu.....	41
5. Zhodnocení nové konstrukce	42
5.1 Odhadovaná cena	42