



**FAKULTA
ŠTROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Návrh podvozku jednoosého přívěsu (10 t)

Single axle trailer chassis design (10 t)

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Radim HOLEČEK

Studijní program: NDTT Dopravní a transportní technika

Studijní obor: N071TTTE Transportní technika

Vedoucí práce: Ing. Martin Dub, Ph.D

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Holeček** Jméno: **Radim** Osobní číslo: **483153**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Dopravní a transportní technika**
Specializace: **Transportní technika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh podvozku jednoosého přívěsu (10 t)

Název diplomové práce anglicky:

Single axle trailer chassis design (10 t)

Pokyny pro vypracování:

V rámci diplomové práce proveďte návrh podvozku přívěsu. Osnova:

- Rešerše v oblasti přívěsů, používané konstrukce, nápravy
- Koncepční návrhy
- Výběr vhodné nápravy
- Analýza zatížení, návrhové a kontrolní výpočty vybraných uzlů
- 3D CAD model vybrané varianty
- Vybraná výkresová dokumentace

Seznam doporučené literatury:

BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol.: Technický průvodce, Části strojů, Praha. SNTL, Nakladatelství technické literatury, 1989.
Katalogy výrobců, internetové zdroje, normy

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Martin Dub, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **12.04.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **05.08.2023**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Martin Dub, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato diplomová práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Duba, Ph.D., ve spolupráci se společností MARMONT s.r.o. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Praze dne 2. června 2023

.....
Radim Holeček

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především svému vedoucímu Ing. Martinovi Dubovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat jednatelům firmy MARMONT s.r.o. Martinovi Maršálkovi a Martinovi Schreiberovi, kteří mi umožnili pracovat na tomto projektu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu při studiu.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Radim HOLEČEK
Název DP:	Návrh podvozku jednoosého přívěsu (10 t)
Anglický název:	Single axle trailer chassis design (10 t)
Rok:	2023
Studijní program:	NDTT Dopravní a transportní technika
Obor studia:	N071TTTE Transportní technika
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí DP:	Ing. Martin Dub, Ph.D.
Bibliografické údaje:	počet stran 73
počet obrázků:	86
počet tabulek:	19
počet příloh:	10
počet výkresů:	7
Klíčová slova:	Přívěs, nákladní jízdní souprava, rám, pevnostní analýza, MKP
Keywords:	Trailer, cargo train, frame, strength analysis, FEM

ABSTRAKT:

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem podvozku krátkého přívěsu. V první části práce je popsána motivace pro návrh tohoto přívěsu. Jsou shrnuty legislativní požadavky, které musí přívěs splňovat, aby mohl být provozuschopný na veřejných komunikacích. V další části je detailně popsán rám přívěsu a jeho příslušenství. Závěr práce je věnován pevnostní analýze. Na základě té jsou navrženy úpravy rámu, aby byl provozuschopný. Diplomová práce je vypracována se společností MARMONT s.r.o.

ABSTRACT:

This thesis deals with the structural design of a short trailer chassis. The first part of the thesis describes the motivation for designing this trailer. Legislative requirements that the trailer must meet in order to be roadworthy on public roads are summarized. The next part provides a detailed description of the trailer frame and its accessories. The conclusion of the thesis focuses on the strength analysis. Based on this analysis, modifications to the frame are proposed to ensure its roadworthiness. The thesis is elaborated in cooperation with MARMONT s.r.o.

OBSAH

1. Úvod	1
1.1. Motivace a cíle.....	1
2. Jízdní soupravy.....	2
3. Legislativa	3
3.1. Zákon č. 56/2001 Sb. [1].....	3
3.2. Vyhláška č. 341/2014 Sb. [2].....	4
3.3. Předpisy a směrnice EHK, EHS, ES	5
3.4. Rozměry a hmotnosti přípojných vozidel	6
3.5. Maximální rychlost	6
3.6. Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci	6
4. Popis konstrukce přívěsu	11
4.1. Rám podvozku	11
4.2. Výsuvná oj.....	16
4.2.1. Návrh utahovacích momentů šroubů	17
4.3. Použité materiály.....	20
4.4. Kupované součásti	21
4.4.1. Tažné oko	21
4.4.2. Náprava	22
4.4.3. TPMS	23
4.4.4. Vzduchový systém.....	24
4.4.5. Zadní ochrana proti podjetí	26
4.4.6. Osvětlení	26
4.4.7. Pneumatiky.....	27
4.4.8. Podlaha	28
5. Zatěžovací stavy	29
5.1. Stání, přímá jízda	29
5.2. Brzdění	29
5.3. Akcelerace	30
5.4. Jízda zatáčkou.....	31
6. Pevnostní výpočet rámu	32
6.1. MKP model.....	32
6.1.1. Tažné oko	33
6.1.2. Náprava	33
6.1.3. Náklad	35
6.2. Zatěžovací stavy.....	36
6.3. Výpočet mezních stavů materiálů.....	36
7. Výsledky pevnostní analýzy	37
7.1. Stání, přímá jízda	37
7.2. Brzdění	39
7.3. Akcelerace	41
7.4. Zatáčka.....	42
7.5. Vyhodnocení výsledků	43

8. Návrh úprav	44
8.1. Výztužná žebra příčníků	44
8.2. Změna materiálu podélníků	44
8.3. Změna připojení konzol nápravy.....	45
8.4. Změna příčnicku oje	45
9. Výsledky pevnostní analýzy po úpravách.....	46
9.1. Stání, přímá jízda	46
9.2. Brzdění	47
9.3. Akcelerace.....	48
9.4. Zatáčka.....	49
9.5. Vyhodnocení šroubových spojů oje	51
9.6. Zhodnocení výsledků finálního návrhu	55
Závěr.....	56
Seznam zdrojů	58
Seznam obrázků	60
SEZNAM TABULEK.....	62
SEZNAM PŘÍLOH	62
Seznam výkresů.....	62
Seznam použitých zkratk a symbolů	63

1. Úvod

V dnešní době je velký tlak na zefektivňování veškerých procesů. To se týká i nákladní dopravy, po které je stále větší poptávka. V současné době, kdy je nedostatek řidičů, se hledají způsoby, jak přepravit co největší objem zboží. Jednou z cest je zvětšení ložné plochy nákladních souprav. Tuto cestu lze aplikovat pouze pro objemný a lehký přepravovaný materiál. V rámci této diplomové práce bude navržen krátký přívěs, který bude sloužit ke zvětšení ložné plochy návěsové soupravy.

V rešeršní části práce jsou popsány klasické nákladní soupravy a dále jejich kombinace, které se využívají ke zefektivnění nákladní dopravy. Popsány jsou podmínky, které je potřeba splnit pro možný provoz těchto souprav, které jsou delší, než je maximální povolená délka nákladní soupravy. Dále jsou popsány obecné legislativní požadavky, jaké je potřeba dodržovat. Podrobně jsou zde popsány požadavky, které musí splňovat navrhovaný přívěs, který spadá do kategorie O3, aby byl provozuschopný na veřejných komunikacích.

V praktické části je popsán navrhovaný přívěs. Detailně je rozebrána celá konstrukce svařovaného rámu, který je nejpodstatnějším celkem celého přívěsu. Dále jsou popsány jednotlivé kupované součásti, kterými je přívěs osazen.

Ve výpočtové části jsou popsány jednotlivé zátěžné stavy, kterým je přívěs podroben během provozu. Následně je zhodnocen výpočet prvotního návrhu rámu. Na základě těchto výpočtů jsou vybrána nevyhovující místa, pro která jsou navrženy úpravy. Upravený přívěs je podroben analýze a výsledky zhodnoceny, zda navržené úpravy byly správné.

1.1. Motivace a cíle

Cílem této práce je navrhnout přívěs, který je určen k doplnění návěsné soupravy a tím zvětšit množství přepravovaného materiálu jedním řidičem. Návrh přívěsu probíhal ve společnosti Marmont s.r.o. Jedná se o mladou firmu zabývající se výrobou nástaveb nákladních vozidel. Tento přívěs by se měl stát prvním z plánovaného portfolia přívěsů této firmy.

2. Jízdní soupravy

Jízdní soupravy jsou složeny ze dvou typů vozidel. Tažné vozidlo a tažené vozidlo. Rozlišují se dvě základní konfigurace. Návěsná souprava (Obr. 1), kde tažným vozidlem je tahač (tractor) a taženým vozidlem je návěs. Druhou konfigurací je přívěsná souprava (Obr. 2), kde tažným vozidlem je nákladní automobil (truck) a taženým vozidlem je přívěs.

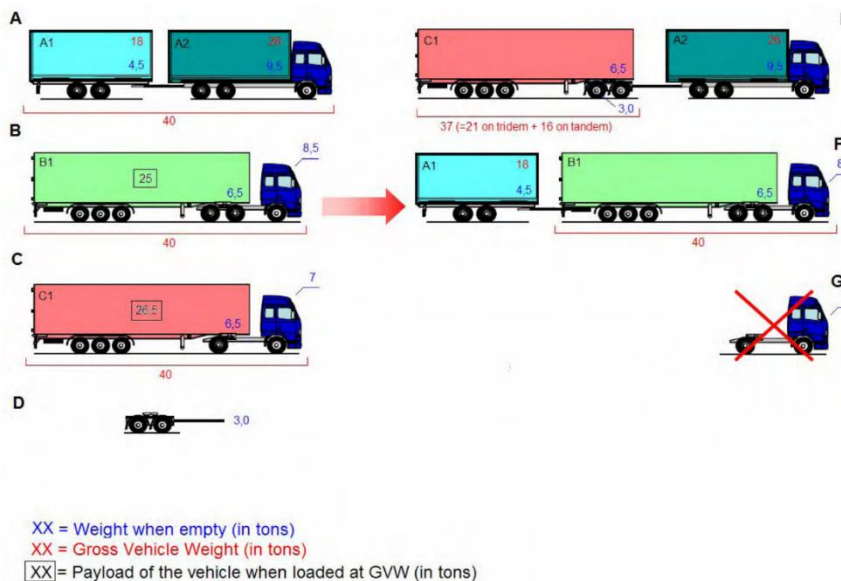


Obr. 1.: Souprava tahače s návěsem [10]



Obr. 2.: Souprava nákladního vozidla s přívěsem [10]

V současné době je trendem zefektivňovat nákladní dopravu z hlediska ekologického, tak hlavně ekonomického. Z toho důvodu se postupně začínají rozšiřovat EMS (Europe Modular System) jízdní soupravy. Ty se skládají z kombinací dvou základních souprav. Souprava tahače s návěsem je doplněna o přívěs (Obr. 3 - F) nebo je za nákladní vozidlo připojen krátký podvozek s točnicí, pomocí kterého je do soupravy připojen návěs (Obr. 3 - E). Díky tomuto rozložení ložné plochy jsou ušetřeny náklady na jeden tahač.



Obr. 3.: EMS soupravy [11]

Prodloužené jízdní soupravy do 25,25 m mohou jezdit po veřejných komunikacích pouze za splnění určitých podmínek.

- Celková hmotnost soupravy nepřekročí 48 t
- Mohou být provozovány pouze na pozemních komunikacích:
 - Bez úroňového křížení se železnicí
 - Se směrově oddělenými pásy, s výjimkou komunikace spojující místo nakládky/vykládky, která nesmí přesáhnout 10 km
 - Tyto podmínky neplatí pro soupravy do 22 m, pro které je určen navrhovaný přívěs v této práci
- Jízdní souprava je vybavena čtyřmi oranžovými výstražnými světly umístěných:
 - Na tažném vozidle 2 kusy
 - Na zadní části posledního přípojného vozidla 2 kusy
 - Retroreflexní cedulí vyznačující celkovou délku jízdní soupravy
- Jsou zaplacený správní poplatky:
 - Vnitrostátní přeprava s dobou platnosti povolení na 3 měsíce – 6 000 Kč
 - Mezinárodní přeprava s dobou platnosti povolení na 1 měsíc – 4 500 Kč

3. Legislativa

Každý dopravní prostředek musí splňovat dané předpisy, aby se mohl pohybovat po veřejných komunikacích. U přívěsného vozu se jedná hlavně o předpisy omezující maximální rozměry, hmotnosti. Dále použitelnost osvětlovacích, ochranných a spojovacích zařízení jejich montáž a umístění na vozidle.

3.1. Zákon č. 56/2001 Sb. [1]

„Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Evropské unie a upravuje tyto podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích:

- a) Registraci vozidel,
- b) Technické požadavky na provoz silničních vozidel a zvláštních vozidel a schvalování technické způsobilosti těchto vozidel, jejich systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků,
- c) Práva a povinnosti osob, které vyrábějí, dovážejí a dodávají na trh vozidla, jejich systémy, konstrukční části a samostatné technické celky,
- d) Práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů vozidel,
- e) Práva a povinnosti stanice technické kontroly a stanice měření emisí a
- f) Kontroly technického stavu vozidel v provozu.

Zákon upravuje výkon státní správy a státního dozoru v oblasti podmínek provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Zákon se nevztahuje na vojenská vozidla.“

Základní pojmy, které se týkají navrhovaného přívěsu:

- (1) „Silniční vozidlo je motorové nebo nemotorové vozidlo, které je vyrobené za účelem provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí.“
- (3) „Přípojně vozidlo je silniční nemotorové vozidlo určené k tažení jiným vozidlem, s nímž je spojeno do soupravy.“
- (5) „Systém vozidla je jakýkoliv konstrukční systém vozidla, na který se vztahují technické požadavky stanovené prováděcím právním předpisem. Systémem vozidla jsou například brzdy nebo zařízení pro snížení emise.“

3.2. Vyhláška č. 341/2014 Sb. [2]

„Tato vyhláška se použije na právní vztahy v oblasti schvalování technické způsobilosti a na technické podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích, které nejsou upraveny přímo použitelným předpisem Evropské unie upravujícím schvalování technické způsobilosti vozidel kategorií L, T, C a R.“

V příloze č. 2 vyhlášky jsou definovány tyto kategorie silničních vozidel:

- Kategorie L – dvoukolové, tříkolové a čtyřkolky
- „KATEGORIE M: motorová vozidla konstruovaná a vyrobená především pro dopravu osob a jejich zavazadel.“
 - **M1** – max 8+1 míst k sezení
 - **M2** – více než 8+1 míst k sezení s max hmotností nepřevyšující 5 tun, možnost prostoru pro stojící cestující
 - **M3** – více než 8+1 míst k sezení s max hmotností převyšující 5 tun, možnost prostoru pro stojící cestující
- „KATEGORIE N: motorová vozidla konstruovaná a vyrobená především pro dopravu nákladů.“
 - „Kategorie **N1**: vozidla kategorie N s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tuny.“
 - „Kategorie **N2**: vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 3,5 tuny, ale nepřevyšující 12 tun.“
 - „Kategorie **N3**: vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 12 tun.“
- „KATEGORIE O: přípojná vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů nebo osob i pro ubytování osob.“
 - „Kategorie **O1**: vozidla kategorie O s maximální hmotností nepřevyšující 0,75 tuny.“
 - „Kategorie **O2**: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 0,75 tuny, ale nepřevyšující 3,5 tuny.“
 - „Kategorie **O3**: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 3,5 tuny, ale nepřevyšující 10 tun.“

- „Kategorie **O4**: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 10 tun.“

Dle tohoto rozdělení spadá navrhovaný podvozek pro plachtové nástavby do kategorie O3.

3.3. Předpisy a směrnice EHK, EHS, ES

Konstrukce podvozku přívěsu musí splňovat společné předpisy pro Unijní trh, aby mohl mít přívěs tzv. globální homologaci, která umožňuje provoz na komunikacích Evropské unie.

Všechny předpisy a české zákony vycházejí z nařízení Evropského parlamentu a rady 2018/858 o schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla a o dozoru nad trhem s nimi.

Dle přílohy 2, Požadavky pro účely EU schválení typu vozidel, systémů, konstrukčních částí nebo samostatných technických celků, musí přívěs nebo jeho součásti splňovat:

- Nařízení (ES) č. 661/2009
 - Předpis OSN č. 58-03 – zařízení na ochranu proti podjetí zezadu (RUPD)
 - Nařízení č. 1003/2010 – Umístění a připevnění registračních značek
 - Předpis OSN č. 13 – Brzdění vozidel a přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 10 – Elektromagnetická kompatibilita
 - Nařízení č. 19/2011 – Povinné štítky výrobce a identifikační číslo vozidla
 - Předpis OSN č. 48 – Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci na vozidla
 - Předpis OSN č. 3 – Odrazky motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 7 – Přední a zadní obrysové svítilny, brzdové svítilny, doplňkové obrysové svítilny motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 91 – Boční obrysové svítilny motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 6 – Směrové svítilny motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 4 – Osvětlení zadních registračních tabulek motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 38 – Zadní mlhové svítilny motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 23 – Zpětné světlomety motorových vozidel a jejich přípojných vozidel
 - Předpis OSN č. 73 – Boční ochrana nákladních automobilů
 - Nařízení č. 109/2011 – Systémy proti rozstříku
 - Nařízení č. 458/2011 – Montáž pneumatik
 - Nařízení č. 1230/2012 – Hmotnost a rozměry
 - Předpis OSN č. 55 – Mechanické spojovací části jízdních souprav vozidel

3.4. Rozměry a hmotnosti přípojných vozidel

- Nejvyšší přípustná hmotnost pro přívěs s jednou nápravou – 10 tun
- Nejvyšší přípustná hmotnost pro přívěs se dvěma nápravami – 18 tun
- Nejvyšší přípustná šířka vozidla kategorie O – 2 550 mm
- Nejvyšší přípustná výška – 4 000 mm
- Největší přípustná délka jednotlivého vozidla s výjimkou návěsu – 12 000 mm

3.5. Maximální rychlost

Maximální povolená rychlost nejvýše 80 km/h. U vozidla kategorie O3 lze maximální povolenou rychlost zvýšit na 90 km/h na základě protokolu vydaného technickou zkušebnou, který obsahuje hodnocení jízdních vlastností a ověření stability.

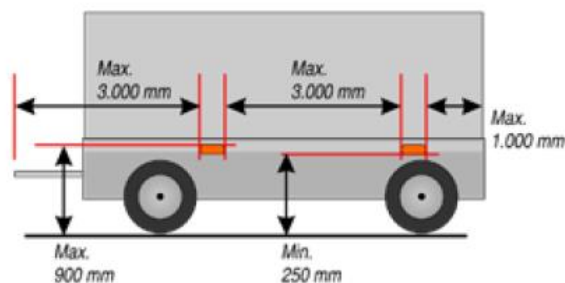
3.6. Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci

Všechna vozidla pohybující se na veřejných komunikacích musí splňovat legislativní požadavky na umístění a použití osvětlení. Požadavky se řídí předpisem č. 48 EHK a při udělování homologace je na správné umístění osvětlení brán velký zřetel.

Přívěs kategorie O3 musí splňovat následující požadavky:

1) Boční odrazky – EHK-R 3

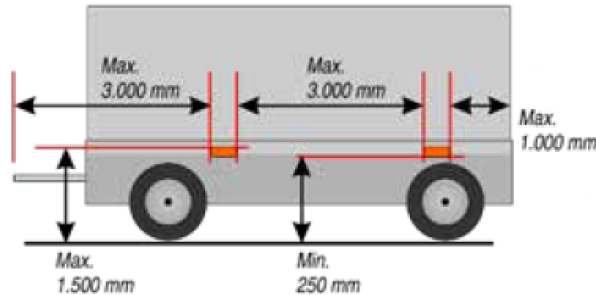
- Povinné pro všechny přívěsy
- Počet – minimálně jedna odrazka v prostřední třetině
- Barva – oranžová
- Výška montáže – min. 250 mm, max 900 mm nad vozovkou
- Délka montáže – max. 3 m zepředu (včetně tažného zařízení), max. 1 m zezadu, max. 3 m mezi
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně $\pm 45^\circ$, vertikálně $\pm 10^\circ$
- Svítivá plocha odrazky může být integrována do bočního obrysového světla. Musí být dodržena maximální výška pro boční odrazku.



Obr. 4.: Boční odrazky [3]

2) Boční obrysové světlo – EHK-R 91

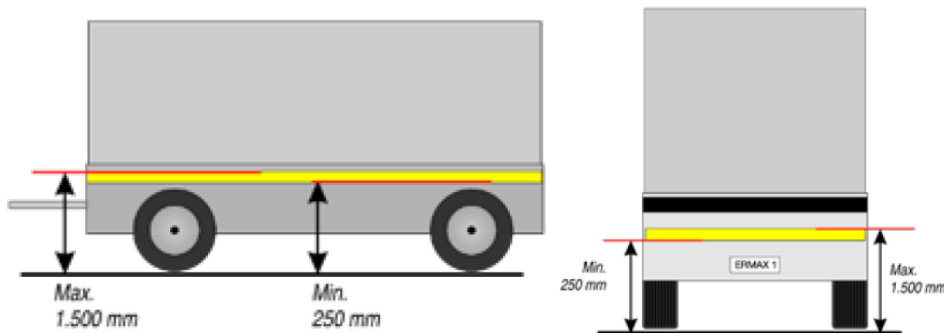
- Povinné pro přívěsy delší než 6 m.
- Počet – minimálně jedna odrazka v prostřední třetině
- Barva – oranžová
- Výška montáže – min. 250 mm, max 1 500 mm nad vozovkou
- Délka montáže – max. 3 m zepředu (včetně tažného zařízení), max. 1 m zezadu, max. 3 m mezi
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně $\pm 45^\circ$, vertikálně $\pm 10^\circ$



Obr. 5.: Boční obrysové světlo [3]

3) Reflexní pruhy

- Povinná šířka – 50 mm + 10 mm/ - 0 mm
- Barva – bílá/ žlutá na boku, červená vzadu
- Výška montáže – min. 250 mm, max. 1 500 mm nad vozovkou
- Délka montáže – musí být co nejdelší, nejméně 80 %

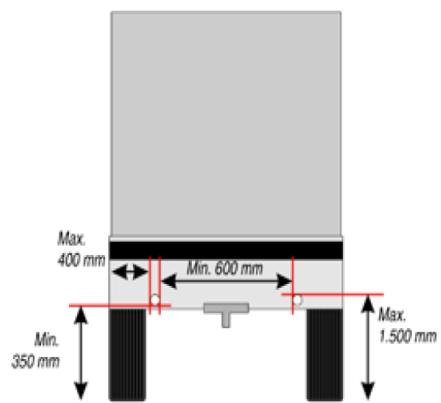


Obr. 6.: Reflexní pruhy [3]

4) Přední obrysová světla

- Povinné pro přívěsy širší než 1,6 m
- Počet – 2 kusy
- Barva – bílá
- Výška montáže – min. 350 mm, max. 1 500 mm
- Šířka montáže – max. 400 mm od vnější hrany, min. 600 mm mezi světly

Geom. úhel viditelnosti – horizontálně 5° dovnitř a 80° ven, vertikálně $\pm 15^\circ$

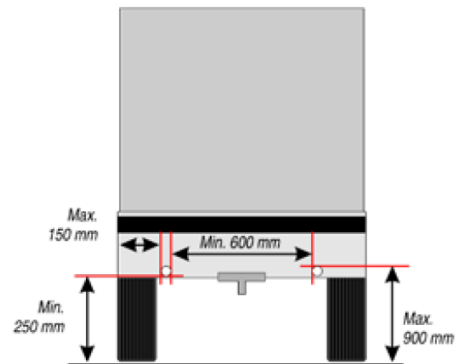


Obr. 7.: Přední obrysová světla [3]

5) Přední odrazky

- Povinné pro všechny přívěsy
- Počet – 2 kusy
- Barva – bílá
- Výška montáže – min. 250 mm, max. 900 mm (výjimka 1 500 mm)
- Šířka montáže – max. 150 mm od vnější hrany, min. 600 mm mezi odrazkami
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně 10° dovnitř a 30° ven, vertikálně $\pm 10^\circ$

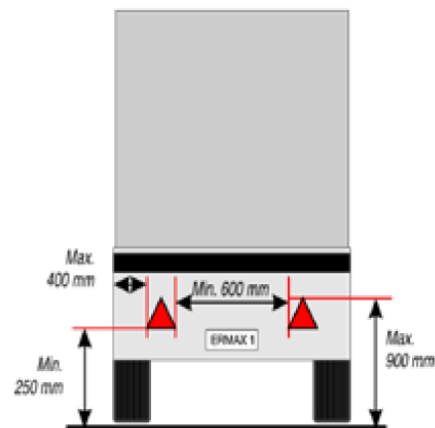
Svítivá plocha odrazky může být integrována do předního obrysového světla. Musí být dodržena výška montáže přední odrazky.



Obr. 8: Přední odrazky [3]

6) Zadní odrazky

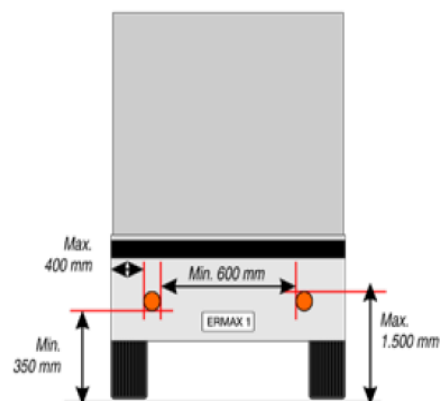
- Povinné pro všechny přívěsy
- Počet – 2 kusy
- Barva – červená
- Tvar – trojúhelníkový
- Umístění – vrchol trojúhelníku musí směřovat vzhůru
- Výška montáže – min. 250 mm, max. 900 mm
- Šířka montáže – max. 400 mm od vnější hrany, min. 600 mm mezi odrazkami



Obr. 9: Zadní Odrazky [3]

7) Zadní směrový ukazatel

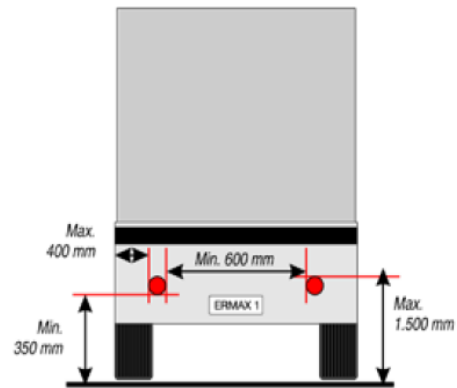
- Povinný pro všechny přívěsy
- Počet – 2 kusy
- Barva – oranžová
- Výška montáže – min. 350 mm, max. 1 500 mm nad vozovkou
- Šířka montáže – max. 400 mm od vnější hrany, min. 600 mm mezi světli
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně 45° dovnitř a 80° ven, vertikálně $\pm 15^\circ$



Obr. 10: Zadní směrový ukazatel [3]

8) Zadní světlo

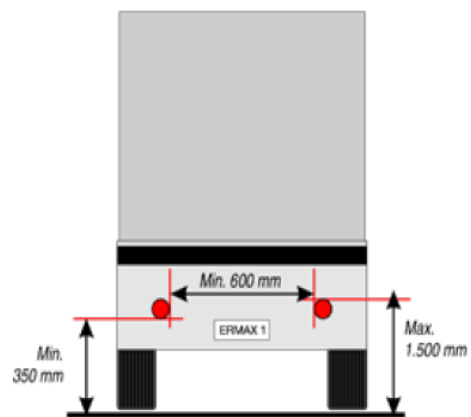
- Povinné pro všechny přívěsy
- Počet – 2 kusy
- Barva – červená
- Výška montáže – min. 350 mm, max. 1 500 mm nad vozovkou
- Šířka montáže – max. 400 mm od vnější hrany, min. 600 mm mezi světli
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně 45° dovnitř a 80° ven, vertikálně $\pm 15^\circ$



Obr. 11: Zadní světlo [3]

9) Brzdové světlo

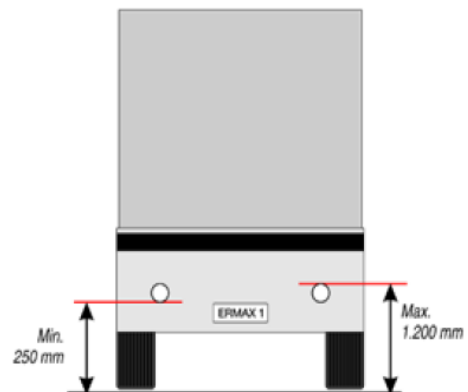
- Povinné pro všechny přívěsy
- Světla kategorie S1 nebo S2
- Počet – 2 kusy
- Barva – červená
- Výška montáže – min. 350 mm, max. 1 500 mm nad vozovkou
- Šířka montáže – min. 600 mm mezi světli
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně $\pm 45^\circ$, vertikálně $\pm 15^\circ$



Obr. 12: Brzdové světlo [3]

10) Zadní couvací světlo

- Povinné pro přívěsy kategorie O2, O3 a O4
- Počet – 2 kusy pro přívěs delší než 6 m
- Barva – bílá
- Výška montáže – min. 250 mm, max. 1 200 mm nad vozovkou
- Geom. úhel viditelnosti – horizontálně 30° dovnitř a 45° ven, vertikálně 15° nahoru a 5° dolů

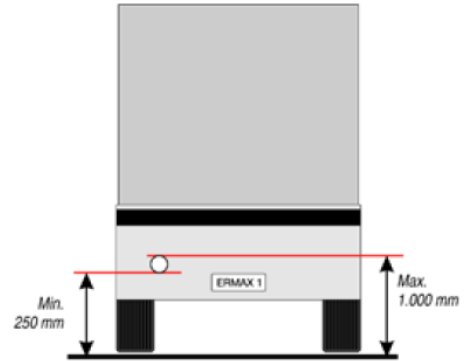


Obr. 13: Zadní couvací světlo [3]

11) Mlhové světlo

- Povinné pro všechny přívěsy
- Světla kategorie F, F1, F2
- Počet – 1 nebo 2 kusy
- Barva – červená
- Výška montáže – min. 250 mm, max. 1 000 mm nad vozovkou

Geom. úhel viditelnosti – horizontálně $\pm 25^\circ$,
vertikálně $\pm 5^\circ$



Obr. 14: Mlhové světlo [3]

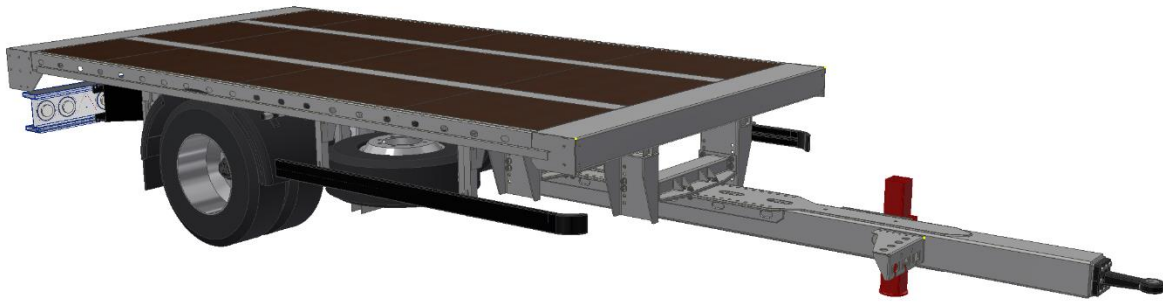
12) Osvětlení zadní registrační značky – EHK-R 4

- Povinné pro všechny přívěsy
- Počet – 1 nebo více
- Barva – bílá
- Umístění – uprostřed nebo vlevo



Obr. 15: Osvětlení
registrační značky [3]

4. Popis konstrukce přívěsu



Obr. 16.: Sestava podvozku

Rám přívěsu je žebříkové konstrukce. Je složen z dvojice svařovaných podélníků, předního a zadního čela, dvojicí obvodových profilů, sedmi příčnicí, dvou jablek, čtyř konzol oje a dvou konzol nápravy. K rámu je přišroubována oj pomocí příčniců mezi konzolami.

Tab. 1.: Technické údaje podvozku

Technické údaje	
Rozměry	
Celková délka	6 500 – 7 000 mm
Celková šířka	2 550 mm
Jízdní výška	980 mm
Rozměr ložné plochy	4 600 x 2 480 mm
Hmotnosti	
Celková hmotnost	10 000 kg
Pohotovostní hmotnost	2 100 kg
Užitečná hmotnost	7 900 kg

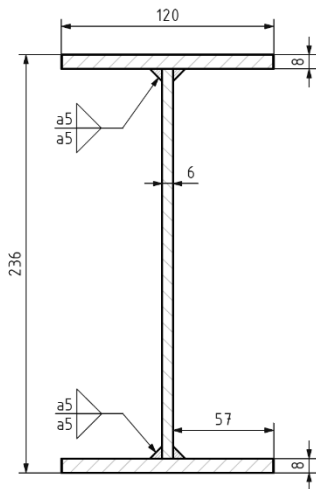
4.1. Rám podvozku

Podélníky

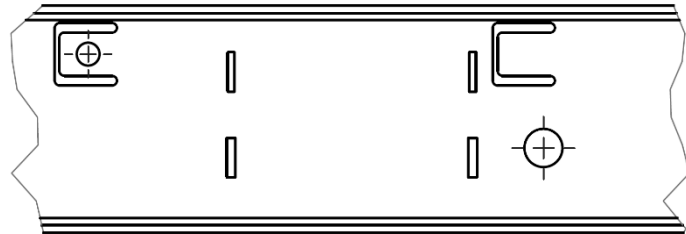
Základ rámu je tvořen ze svařovaných podélníků. Podélníky plní funkci hlavního nosného prvku rámu. Skrz podélníky jsou zasunuty příčnicí, přes které je přenášeno zatížení od nákladu. Na podélníky jsou přivařeny konzoly nápravy a dosedací plochy vzduchových měchů. Podélníky jsou navrhovány primárně na zatěžování ohybem. Zároveň se podílejí na torzní tuhosti celého rámu.

Podélník má profil „I“. Skládá se z horní a spodní pásnice a stojny. Horní a spodní pásnice mají profil 120x8. Stojna je výpalek z plechu o tloušťce 6 mm. Výhodou vypalované stojny je úspora času při svařování. Ve stojně jsou vypálené otvory pro příčnicí, kabely a vzduchové hadice. Vypálené jsou i zámky pro umístění žeber a konzol. Díky těmto zámkům nemusí svářeč rozměřovat umístění, což sníží časovou vytíženost pracovníka, tak i náklady na výrobu. Žebra jsou přidávána na vyztužení profilu v exponovaných místech. Jsou na

protějších stranách konzol oje, v místech nad konzolami nápravy a dosedacích desek měchů.



Obr. 17.: Profil svařovaného podélníku

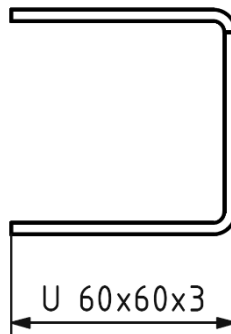


Obr. 18.: Vypalovaná stojna podélníku

Příčníky

Příčníky tvoří základ ložné plochy přívěsu. Na příčníky je připevněna podlaha z voděvzdorné překližky. Příčníky jsou zasunuty do otvorů ve stojnách podélníků a svařeny pouze v místě své stojny. Důvodem je snížení rizika tvorby trhlin, které by bylo vyšší, pokud by byly příčníky přivařeny současně v místě pásnic.

Příčníky jsou z normalizovaného otevřeného profilu ČSN EN 10162 - U60x60x3.

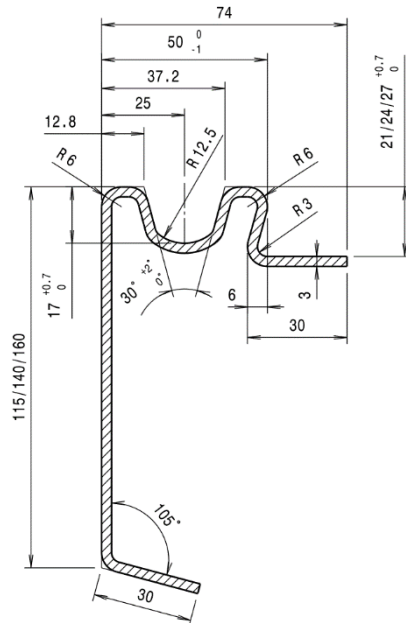


Obr. 19.: Příčník

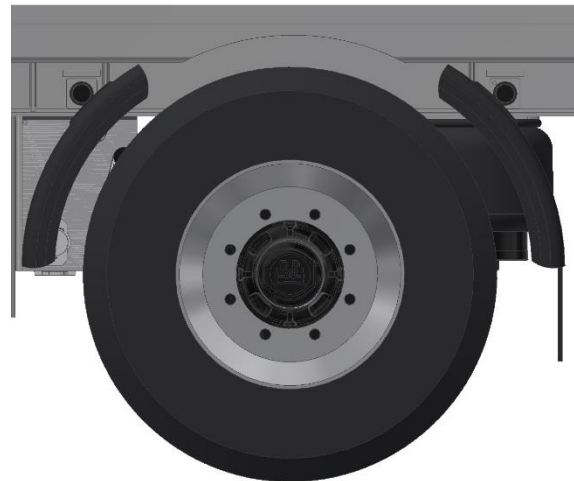
Obvodový profil („lemovka“)

Obvodový profil spojuje přední a zadní čelo s konci příčníků. Tento profil tvoří ucelenou ložnou plochu přívěsu. Je použit profil rámu vozu obvodový – typ U 115/21. V drážce profilu jsou díry pro kotvící oka, pomocí kterých lze zajistit dopravovaný náklad.

V místě nápravy musí být výřezy pro kola, aby nedošlo ke vzájemnému konfliktu. V místě výřezu je lemovka z vnitřní strany zpevněna výztuhou.



Obr. 20.: Obvodový profil [16]

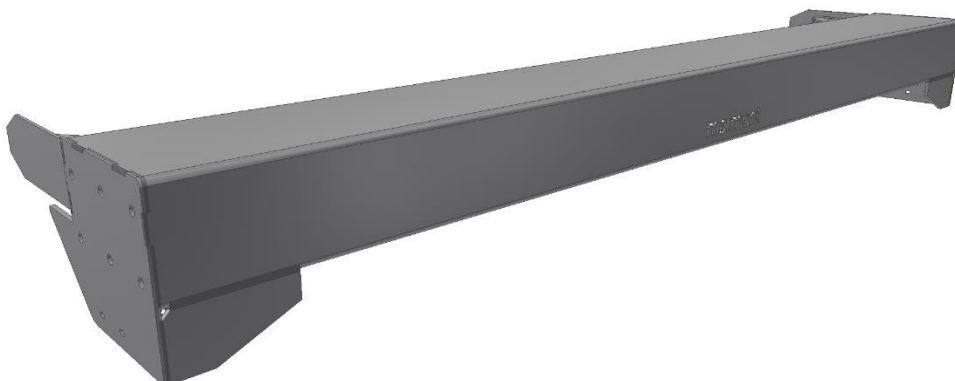


Obr. 21.: Výřez v obvodovém profilu

Přední a zadní čelo

Čela rámu uzavírají rám podvozku. Přední a zadní čelo se odlišují rozložením děr sloužících k přišroubování nástavby, jinak jsou konstrukcí téměř totožná.

Čela jsou navržena tak, aby se dala svařit jako samostatné celky, které se následně připojí k podélníkům a vzájemně obvodovým profilem. Hlavním prvkem je ohýbaný profil na bocích zaslepený bočními přípojnými deskami. Na tyto desky navazují přípojně plechy lemovky vyztužené jákly. V profilu čela jsou drážky, které usnadní připojení se základem rámu. Pomocí těchto drážek se čelo nasune na stojny podélníků a dorazí se až na hranu stojny.

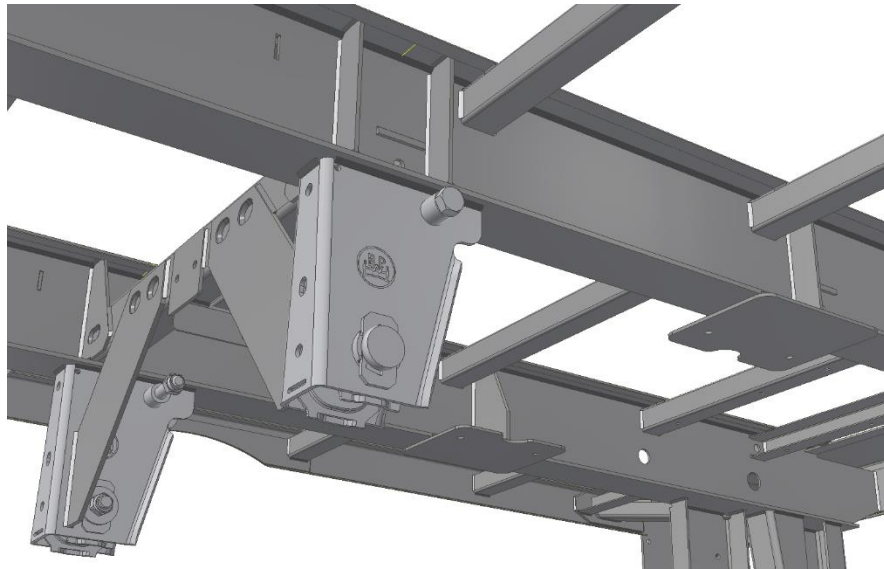


Obr. 22.: Zadní čelo rámu

Konzoly nápravy a desky měchů

Konzoly nápravy jsou součástí nápravového agregátu. Přes konzoly je uchycena náprava pomocí excentrického čepu, který prochází silentblokem v peru nápravy. Součástí konzoly je i uchycení tlumiče nápravy. Přes konzoly je přenášená velká část zatížení z podvozku na nápravu a následně do vozovky, proto je třeba zajistit velice tuhé spojení s rámem. Konzoly jsou přivařeny na dolní pásnice podélníků a vyztuženy plechy, které zajišťují příčnou tuhost a přenáší zatížení do příčnicku nápravy.

Na druhé straně pera je vzduchový měch, který musí mít dostatečně velkou dosedací plochu. Ta je realizována pomocí desky, která je vyztužena žebry do podélníku.



Obr. 23.: Uchycení nápravového agregátu

Zadní část přívěsu

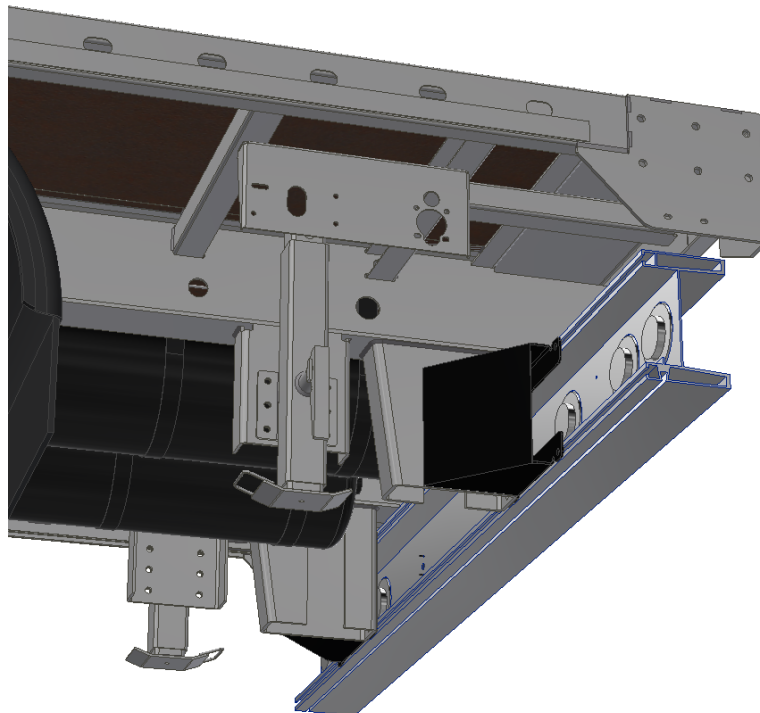
Podvozek je zakončen zadní ochranou proti podjetí, která se skládá z hliníkového profilu, ve kterém jsou umístěna světla, výztuhami profilu a konzolami, které jsou přivařeny na dolní pásnici podélníku.

Mezi podélníky jsou připevněny vzduchojemy, které zajišťují dostatečný objem stlačeného vzduchu pro brzdový obvod vzduchu a obvod vzduchového pérování. Objem každého vzduchojemu je 60 litrů.

V zadní části podvozku jsou podpěrné nohy s pevnou aretací. Ty slouží při odstavení přívěsu. Lze díky nim odlehčit zatížení nápravy tím, že se váha rozloží do zadních podpěrných nohou, nápravy a přední podpěrné nohy.

Na levé straně vzadu je panel pro připevnění ovládacích prvků přívěsu. Na panelu je připevněn smartboard, který slouží k monitorování velkého počtu funkcí přívěsu. Mezi hlavní funkce patří nastavování vzduchového pérování, zobrazení aktuálního zatížení nápravy, zobrazení ujetých kilometrů, zjištění opotřebení obložení, Dále se přes něj dají zjistit chybová hlášení, která zjednodušují servis. Vedle smartboardu (Obr. 38) je umístěn eTASC (electronic trailer air suspension valve) (Obr. 39). Jedná se o ventil, kterým lze manuálně nastavovat výšku přívěsu. Tato funkce se využívá hlavně při nakládání u rampy, kdy se ložná plocha nastaví do výšky rampy. Další využití je u kontejnerových nosičů. Nastaví se nejnižší poloha, zajede se pod kontejner a zvedne se podvozek.

Dalším důležitým prvkem vzduchového systému je PREV (Park Release Emergency Valve) (Obr. 40). Tento prvek slouží k zabrzdění přívěsu při odpojení ze soupravy a je umístěn na předním levém rohu.



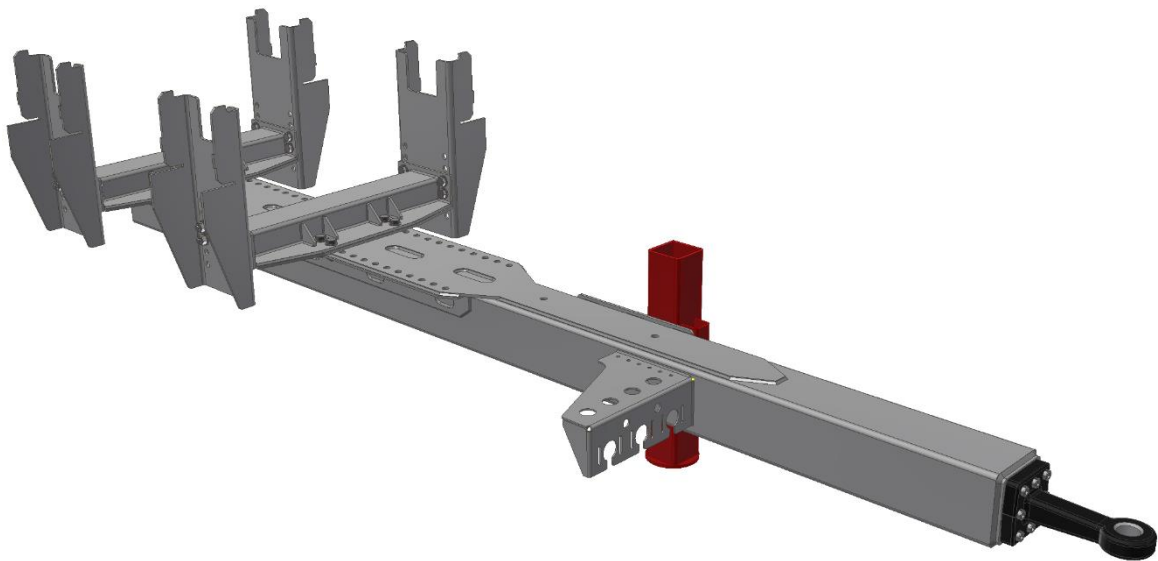
Obr. 24.: Zadní část přívěsu

4.2. Výsuvná oj

Oj je část přívěsu sloužící k propojení tažného vozidla s podvozkem přívěsu. Pro navržený přívěs byla zkonstruována šroubovací oj. Ta umožňuje výškové a délkové nastavení vysunutí oje dle konstrukčních dispozic tažného vozu.

Samotná oj je svařenec skládající se z jáklu 180x180x6 – 3300, dvou ohýbaných plechů, které jsou přivařeny z boku jáklu a horní desky, která je provařena s jáklem a bočními plechy. Skrz horní přípojný plech a boční plechy jsou otvory pro šrouby s délkovou roztečí 50 mm. Zespodu je přivařen zesilující plech, který zvyšuje ohybovou tuhost. Čelo jáklu je zakončeno přivařenou deskou se závitovými děrami pro připojení tažného oka. Na levé straně oje je přivařena deska sklopné podpěrné nohy, která se používá při odstavení přívěsu. Na pravé straně je deska zásuvek, do kterých se zapojí propojovací kabely, pomocí kterých se propojí přívěs s tažným vozidlem. Kabely a hadice jsou dále vedeny vnitřkem oje do středu přívěsu k modulátoru.

Oj je uchycena na dvojici příčníků, které jsou přišroubovány k rámu přívěsu přes konzoly oje. Příčnky jsou svařeny z plechu ohnutého do tvaru omegy s přivařenými žebry zevnitř, dvou bočních přípojných plechů a jednoho spodního přípojného plechu. Skrz omegu a spodní přípojný plech je osm děr pro šrouby pro spojení s ojí. Na každém bočním přípojném plechu jsou čtyři díry pro připojení s konzolou.



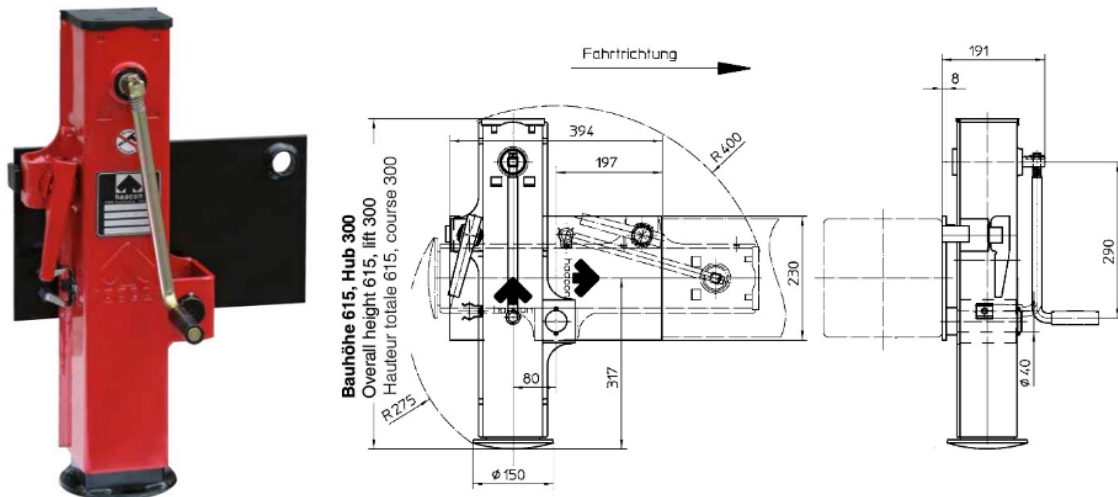
Obr. 25.: Výsuvná oj

Výhodou této oje je její nastavitelnost podélného výsuvu a výšky pro snadné sestavení soupravy s tažným vozem. Výchozí poloha středu oka oje je 380 mm nad vozovkou a vysunutí 2 150 mm od předního čela.

Tab. 2.: Nastavitelnost oje

	Výchozí poloha	Nastavitelnost	Krok posuvu
Podélné vysunutí	2 150 mm	±250 mm	50 mm
Výška	380 mm	±80 mm	40 mm

Na levé straně je přivařena přípojná deska podpěrné nohy. Pomocí této nohy lze nastavovat výšku oka při připojování s tažným vozem. Podpěrná noha musí být sklopná, aby nedošlo ke kolizi s tažným vozem při zatáčení.



Obr. 26.: Sklopná podpěrná noha [18]

4.2.1. Návrh utahovacích momentů šroubů

Výsuvná oj je připevněna k rámu přívěsu pomocí čtveřice svislých a dvou horizontálních šroubových polí. Návrhový výpočet je proveden pro svislá pole. Důležité je znát zatížení v místech spojů. Pro zjednodušení výpočtu je rám uvažován jako nosník zatížený spojitým zatížením od celkové hmotnosti přívěsu $m = 10\,000\text{ kg}$ (Obr. 27).

Spojitě zatížení:

$$q = \frac{m \cdot g}{L_{LP}} = \frac{10\,000 \cdot 9,81}{4\,600} = 21\text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (1)$$

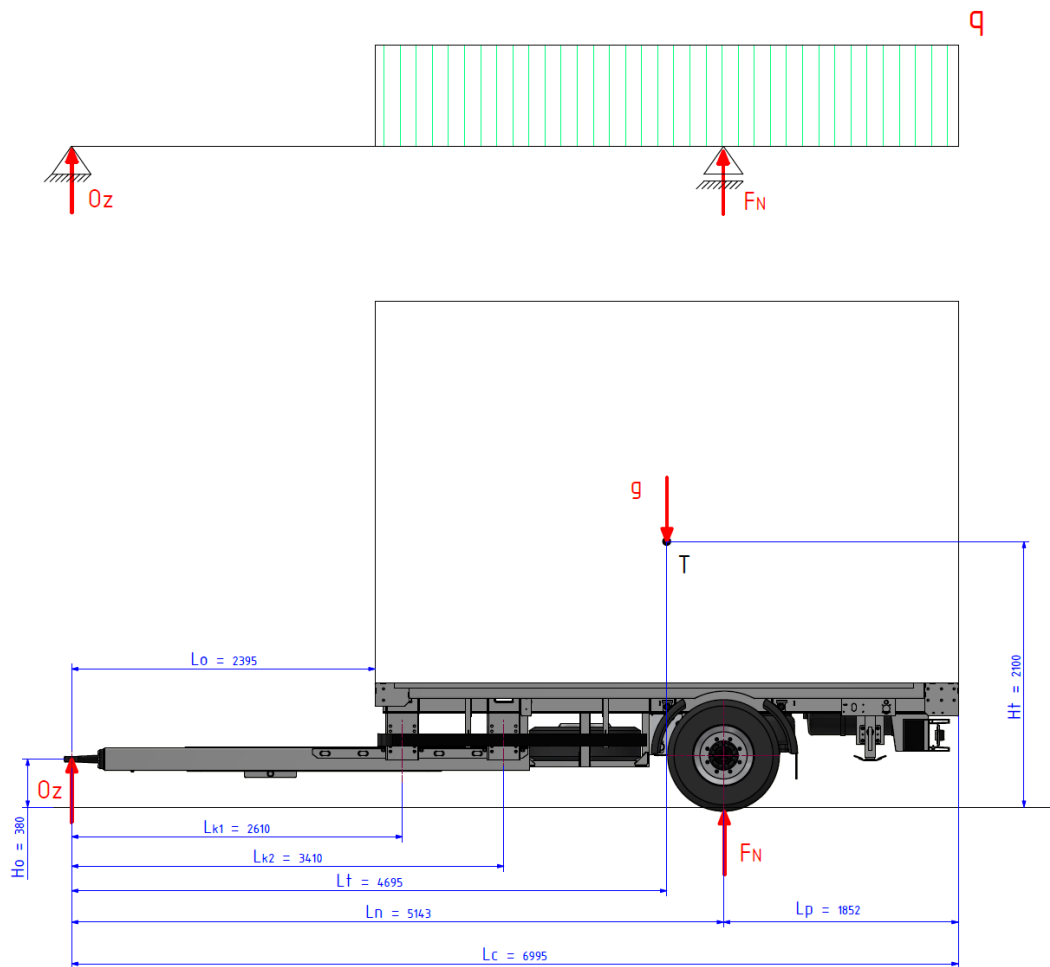
Kde: $m = 10\,000\text{ [kg]}$ – maximální hmotnost přívěsu

$L_{LP} = 4\,600\text{ [mm]}$ – délka ložné plochy

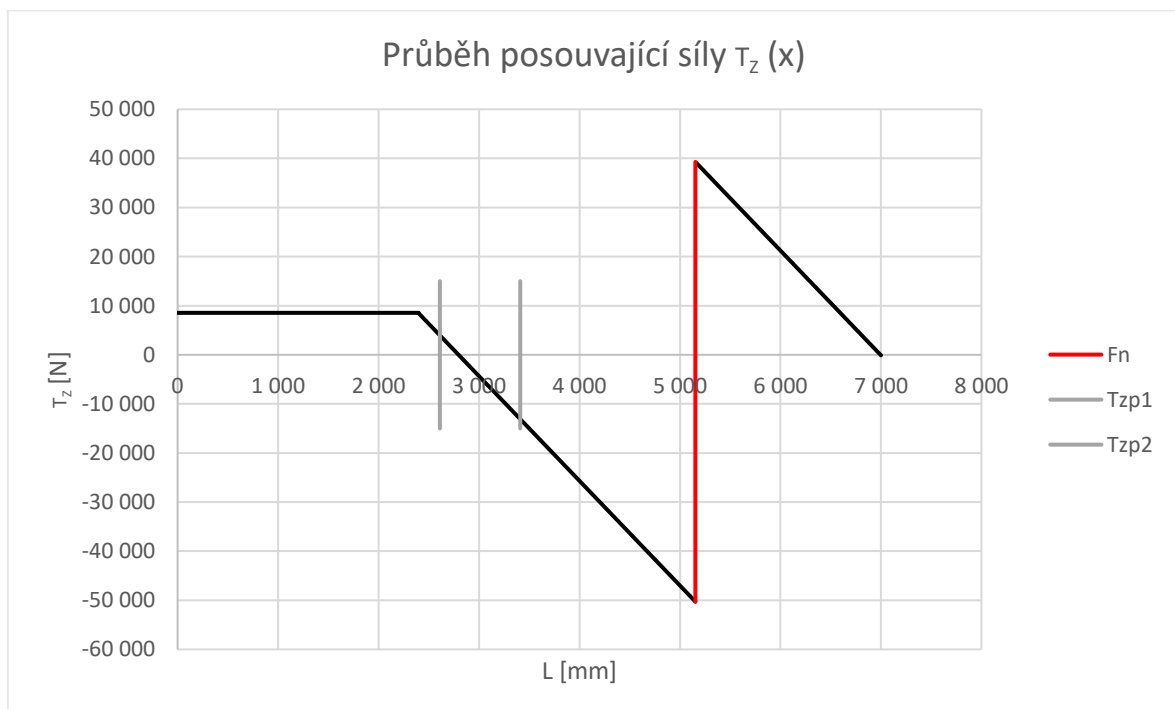
Pro tento zjednodušený model jsou vypočteny průběhy posouvající síly (Obr. 28) a ohybového momentu (Obr. 29). Z těchto průběhů jsou odečteny hodnoty v osách příčniců oje.

Tab. 3.: Zatížení příčniců oje

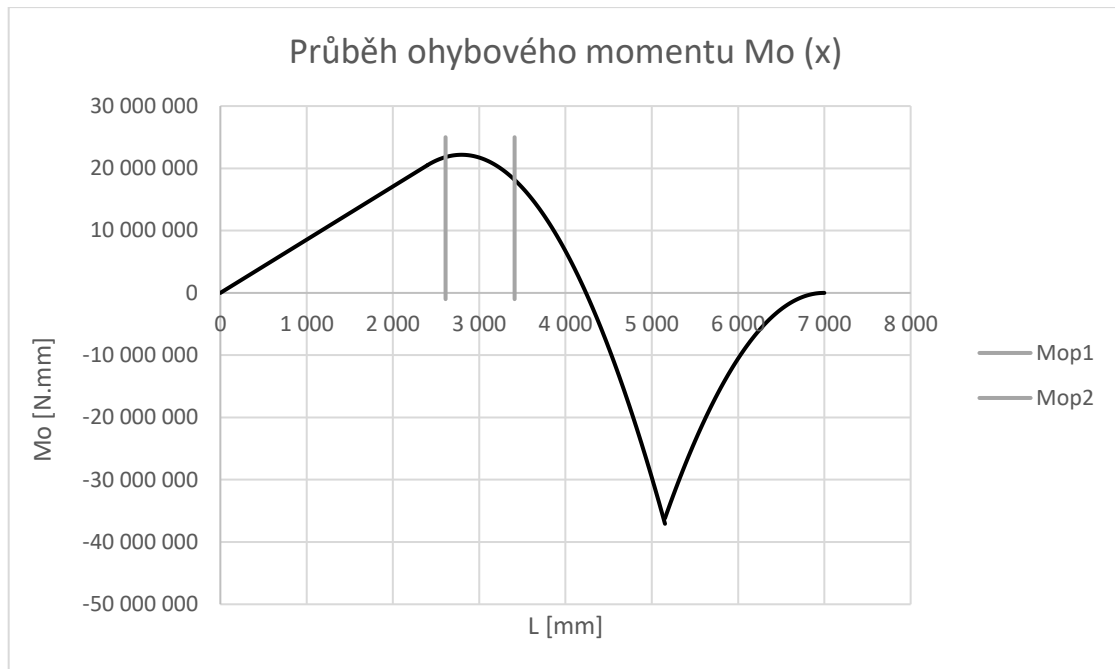
Příčník	$T_Z(x)$ [N]	$M_0(x)$ [N·mm]
1	3 960	21 810 497
2	-13 101	18 154 353



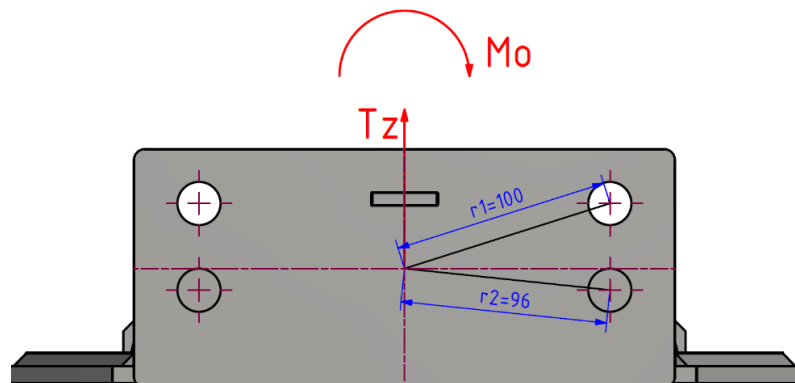
Obr. 27.: Zjednodušený výpočtový model



Obr. 28.: Průběh posouvající síly



Obr. 29.: Průběh ohybového momentu



Obr. 30.: Přípojná deska příčnicku oje

Vypočtené zatížení příčnicku je aplikováno na přípojnou desku, kde se rozloží do čtveřice šroubů. Pro jednotlivé šrouby se vypočte zatížení od posouvající síly a ohybového momentu. Z jednotlivých složek je vektorovým součtem vypočteno celkové zatížení v místě šroubu F_{Ci} . Z toho je následně přes koeficient tření $f = 0,2$ vypočteno potřebné osově předpětí šroubu.

Zatížení šroubů od posouvající síly:

$$F_{ri} = \frac{T_Z}{n} \quad (2)$$

Zatížení šroubů od ohybového momentu:

$$F_{Mi} = \frac{M_o \cdot r_i}{\sum_{i=1}^n r_i^2} \quad (3)$$

Potřebné osově předpětí šroubu:

$$F_{qi} = \frac{F_{Ci}}{f} \quad (4)$$

Tab. 4.: Zatížení šroubů přípojné desky

i	r_i [mm]	F_{ri} [N]	F_{Mi} [N]	F_{Ci} [N]	F_q [N]
1	100	495	14 188	14 661	73 303
2	96	495	13 620	14 113	70 563

Z výsledného maximálního předpětí byly vybrány šrouby M18 – 8.8, jejichž maximální předpětí při využití meze kluzu na 70 % je $F_q = 79,3 \text{ kN}$ při utahovacím momentu $M_u = 301,5 \text{ N.m}$.

4.3. Použité materiály

Součásti podvozku přívěsu jsou vyrobeny z konstrukčních ocelí ČSN EN 11 375, ČSN EN 11 523, které jsou vhodné ke svařování. Svařitelnost oceli určuje uhlíkový ekvivalent (CEV), který musí být menší než 0,5.

Tab. 5.: Přehled vlastností použitých materiálů

Materiál	Modul pružnosti v tahu E [N. mm ⁻²]	Mez kluzu Re [N. mm ⁻²]	Mez pevnosti Rm [N. mm ⁻²]	Poissonova konstanta [-]	Tažnost [%]	Uhlíkový ekvivalent CEV
S235 JR (11375)	206 000	235	360	0,3	26	0,35
S355 J0 (11 523)	206 000	355	470	0,3	22	0,45

Technologie výroby

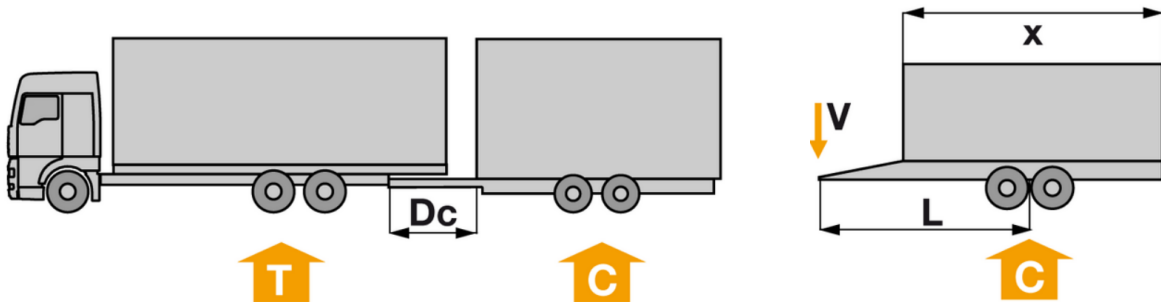
Hlavní technologií výroby je svařování. Součásti podvozku jsou svařovány ručně technologií MAG. Hlavní podélníky jsou vhodné na použití svařovacího vozíku.

Velká část komponent podvozku jsou výpalky plechů, vyrobené na laserové CNC vypalovačce. Některé výpalky jsou ohnuty na ohraňovacím lisu. Zbytek komponent jsou nakoupené normalizované profily.

4.4. Kupované součásti

4.4.1. Tažné oko

Výpočet sil pro výběr tažného oka:



Obr. 31.: Schéma výpočtu sil na tažné oko [4]

Tažná síla:

$$D_c = g \cdot \frac{T \cdot C}{T + C} = 9,81 \cdot \frac{38 \cdot 10}{38 + 10} = 77,66 \text{ kN} \quad (5)$$

Svislá síla na tažné oko:

$$V = a \cdot \frac{X^2}{l^2} \cdot C = 1,8 \cdot \frac{4\,600^2}{5\,150^2} \cdot 9 = 12,92 \text{ kN} \quad (6)$$

Kde: $T = 38 \text{ [t]}$ – hmotnost tažného vozu

$C = 10 \text{ [t]}$ – maximální hmotnost přívěsu

$a = 1,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ – svislé zrychlení v tažném oku vozů se vzduchovým pérováním [4]

$X = 4\,600 \text{ [mm]}$ – délka ložné plochy

$l = 5\,150 \text{ [mm]}$ – vzdálenost mezi nápravou a tažným okem

Tažné oko slouží ke spojení přívěsu s tažným vozem nebo s návěsem. Pro navrhovaný přívěs bude použito tažné oko s přírubou Rockinger 50 mm ROE 57244. Oko je přišroubováno pevnostními šrouby M16x50 do desky přivařené k jáklu oje, která je součástí sady tažného oka. Vnitřní průměr vložky oka je 50 mm. Střed oka je 250 mm od dosedací plochy příruby. Maximální podélné zatížení oka je dle katalogu $D_c = 135 \text{ kN}$ a svislé zatížení $V = 72,5 \text{ kN}$



Obr. 32.: Tažné oko ROCKINGER 50 mm ROE 57244 [9]

4.4.2. Náprava

Náprava je nejdůležitějším kupovaným prvkem přívěsu. Funkce nápravy spočívá v přenesení hmotnosti nákladu na vozovku. Zajišťuje stabilitu a bezpečnost jízdy. Náprava slouží k tlumení otřesů a vibrací, které vznikají při jízdě po nerovnostech silnic.

Existují různé druhy náprav, které se odlišují typem brzd, typem odpružení a uspořádáním kol. Nejčastěji se používají nápravy s kotoučovými brzdami (Obr. 34), které mají vyšší účinnost brzdění. Jejich nevýhodou je náchylnost na znečištění oproti brzdám bubnovým (Obr. 33), které se hodí do nepříznivějších podmínek.

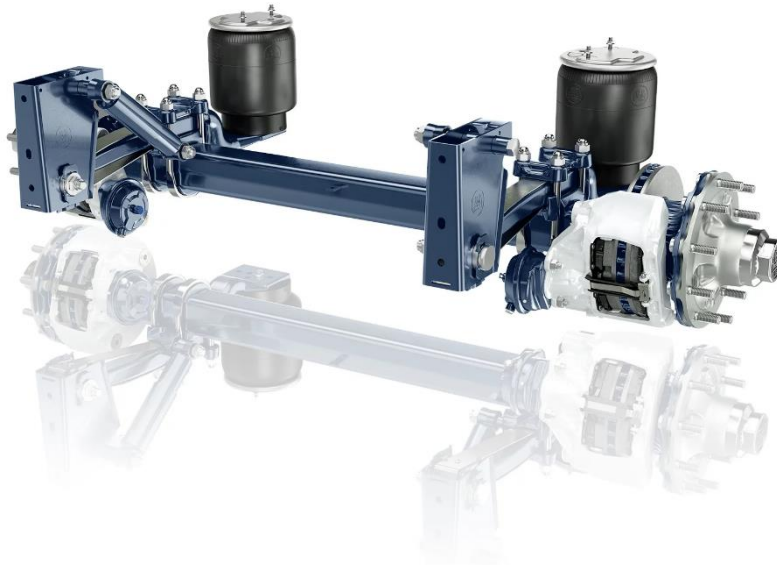
Odpružení náprav pro silniční nákladní dopravu je převážně zajištěno dvojicí vzduchových měchů. Ty zároveň zajišťují další důležitou funkci nápravy, regulaci výšky přívěsu. Tato funkce umožňuje nastavení polohy ložné plochy nákladního přívěsu vzhledem k vozovce. Výšku lze ručně nastavovat. Toho se využívá například u přívěsů s kontejnerovými prvky a vyměnitelnou nástavbou.

Kompletní nápravový agregát se skládá z nápravnice, která je na koncích osazena nábojem a brzdou. Na nápravnici je přišroubovaná dvojice tuhých per. Na jednom konci je pero zakončené pouzdem v silentbloku pro spojení s konzolou nápravy. Ta je přivařena na podélníku rámu. Na druhém konci pera je dosedací plocha pro podstavu vzduchového vaku, který je na druhém konci přišroubován k podélníku. Agregát může být doplněn o zvedací zařízení, které u více nápravových podvozků zvedá nápravu do vzduchu, pokud je přívěs nenaložený. To sníží celkový odpor přívěsu a sníží spotřebu paliva tažného vozidla.

Přívěs je osazen nápravovým agregátem BPW Airlight II FM 980 SP 1880 (příloha č. 9).



Obr. 33.: Náprava BPW s bubnovými brzdami [8]



Obr. 34.: Náprava BPW s kotoučovými brzdami [13]

4.4.3. TPMS

TPMS (Tire Pressure Monitoring System) je systém pro monitorování tlaku v pneumatikách vozidla. Přípojná vozidla registrovaná po červenci 2024 budou muset mít tento systém zabudovaný.

Systém umožňuje řidičům snadno a rychle kontrolovat tlak v pneumatikách, což snižuje riziko nehod a zvyšuje úsporu paliva.

Systém TPMS se skládá z následujících součástí:

- Senzory tlaku v pneumatikách: Každá pneumatika je vybavena senzorem tlaku, který měří tlak a teplotu v pneumatice a vysílá data bezdrátově ke sběrnici.
- Sběrnice: zpracovává data ze senzorů a poskytuje informace o tlaku a teplotě v pneumatikách řidiči.
- Zobrazovací jednotka: umísťuje se na palubní desce vozidla a zobrazuje data řidiči.

TPMS bývá součástí komplexnějšího systému, který sleduje fungování celého vozu. Součástí je i software pro správu flotily, což umožňuje správcům flotily sledovat stav pneumatik a řídit údržbu pneumatik v celé flotile.

Díky tomuto systému lze ušetřit náklady na palivo nebo na údržbu pneumatik, díky včasnému informování o sníženém tlaku nebo přehřátí pneumatiky.



Obr. 35.: Sběrnice dat [24]



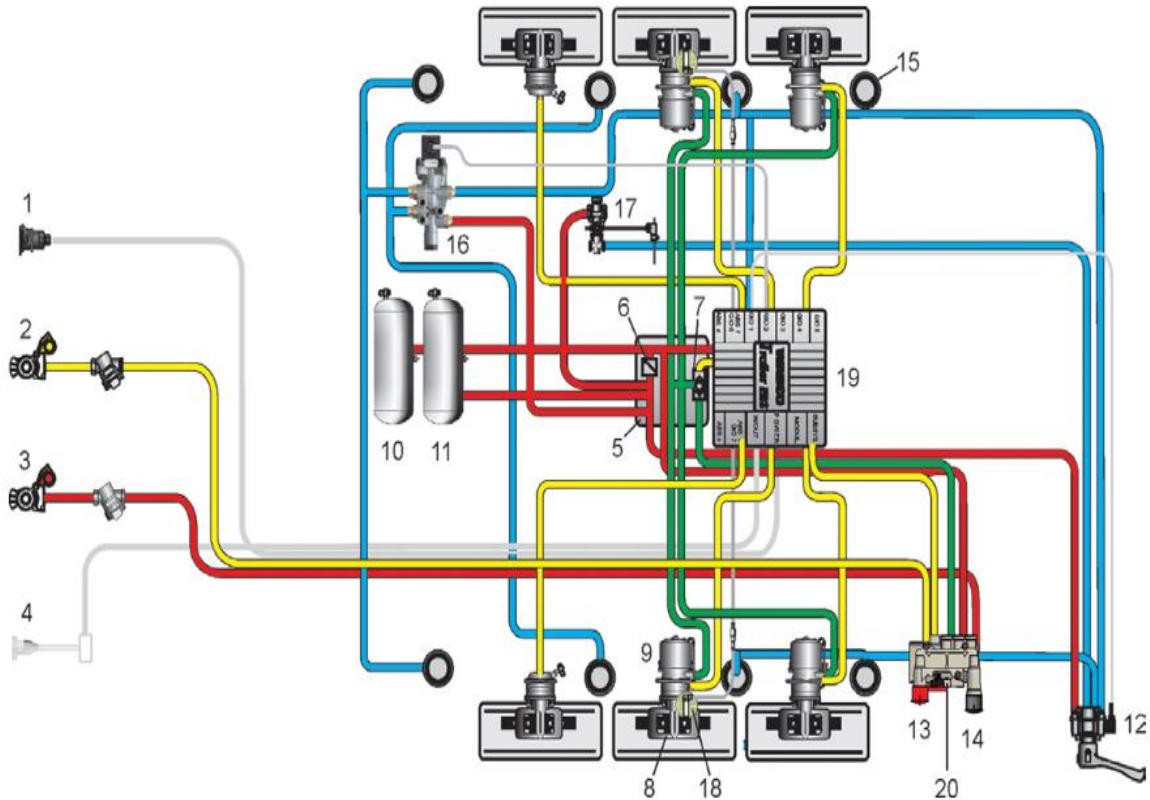
Obr. 36.: Umístění TPMS čidel na disku [24]

4.4.4. Vzduchový systém

Vzduchový systém EBS (Electronic Braking System) slouží k ovládání brzdového systému a dalších pneumatických funkcí přívěsu, jako jsou například vzduchové pérování nebo pneumatické zvedání a spouštění podvozku.

Systém se skládá z několika hlavních komponent:

- Kompresor: slouží k vytváření stlačeného vzduchu, který je umístěný na tažném vozidle
- Vzduchojemy: jeden slouží k uchování stlačeného vzduchu k zajištění dostatečného tlaku pro brzdový systém a druhý pro systém odpružení
- EBS modulátor: umožňuje elektronické řízení brzdového systému přívěsu. Modulátor detekuje rychlost a brzdovou sílu vozidla a reguluje brzdění tak, aby bylo optimální a bezpečné.
- Brzdové válce: jsou součástí nápravového agregátu. Brzdové válce jsou ovládány tlakem stlačeného vzduchu a regulovány EBS modulátorem.
- Pneumatické vedení: je síť trubek a hadic, které propojují jednotlivé komponenty systému a umožňují přenos stlačeného vzduchu.



Obr. 37.: Brzdová soustava Trailer EBS E [12]

1 – Napájecí napětí přes ISO 7638, 2 – Brzdové vedení, 3 – Plnicí vedení, 4 – Napájení přes brzdové světlo (volitelné), 5 – Pneumatic Extension Modul (PEM), 6 – Přepouštěcí ventil (integrovaný v PEM), 7 – Ochranný ventil proti přetížení (integrovaný v PEM), 8 – Část pružinového válce Tristop™ pro provozní brzdu, 9 - Válec Tristop™, 10 – Vzduchojem plnicího tlaku soustavy provozní brzdy, 11 – Vzduchojem plnicího tlaku pro vzduchové pérování, 12 – Ventil Zvedat/Spouštět (např. TASC), 13 – Červené tlačítko k aktivaci soustavy parkovací brzdy (na PREV), 14 – Černé tlačítko k odbrzdění automatické brzdy (na PREV), 15 – Nosný měch, 16 – Ventil zvedací nápravy, 17 – Ventil vzduchového pérování, 18 – Snímač otáček ABS, 19 – Modulátor TEBS E, 20 – Parkovací - odbrzdňovací - bezpečnostní ventil (PREV)



Obr. 38.: Smartboard [12]



Obr. 39.: eTASC [12]



Obr. 40.: PREV [12]

4.4.5. Zadní ochrana proti podjetí

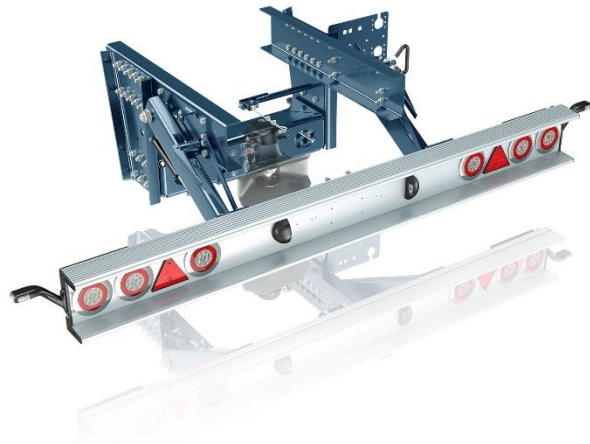
Zadní ochrana proti podjetí (RUPD – „rear underrun protection device“) primárně slouží k zabránění podjetí osobního automobilu při srážce zezadu. Zadní ochrana musí splňovat předpis ECE R58-03. Existuje několik typů zadních ochranných zařízení. Dělí se na pevné a sklopné. Pevné ochrany se používají na vozích, které nebudou sloužit jako tažné vozy. Sklopné ochrany se používají na tažných vozích. Ve sklopené poloze plní svoji funkci ochrany proti podjetí. Při spojení s taženým vozidlem, je ochrana zvednuta do horní polohy, aby mohlo být přípojné vozidlo spojeno s tažným zařízením, které se nachází za touto ochranou.

Dále se zadní ochrany liší svou konstrukcí. Nárazníková lišta může být například obyčejná ocelová trubka nebo extrudovaný hliníkový profil. Trubkový nárazník je jednodušší konstrukcí i kinematikou, jelikož na něm nejsou připevněna světla. U hliníkového nárazníku je potřeba zajistit, aby byl ve spodní i horní poloze ve vzpřímené poloze. To se zajistí kinematikou paralelogramu.

Navrhovaný přívěs je osazen zadní ochranou proti podjetí ERMAX – 098 259 175 se světly TM5 viz (Obr. 42) s pevnými konzolami přivařenými na rámu.



Obr. 41.: Sklopný nárazník trubkový
Marmont SN TR 01



Obr. 42.: Sklopný nárazník ERMAX
se světly TM5 LED [13]

4.4.6. Osvětlení

Osvětlení přívěsu je od firmy ERMAX. Osvětlení zadní části přívěsu je v provedení jako na (26Obr. 42) osazený LED světlomety TM5 Eternal Light™, trojúhelníkovými odrazkami, světly na SPZ a bočními pozičkami tzv. tykadla. Přední čelo je osazeno dvojicí předních obrysových svítlen (Obr. 44). Na každém boku jsou do lemovky přinýtována boční obrysová světla (Obr. 43).



Obr. 43.: Boční obrysové světlo [15]



Obr. 44.: Přední obrysové světlo [15]

4.4.7. Pneumatiky

Přívěs s nápravovým agregátem BPW je osazen pneumatikami Continental Conti Hybrid HT3 o rozměru 265/70 R19,5 v konfiguraci „dvoumontáž“. Náhradní pneumatika je umístěna na pravé straně přívěsu ve svařovaném koši rezervy.



Obr. 45.: Pneumatika Conti Hybrid HT3 [14]

4.4.8. Podlaha

Podlaha přívěsu je zhotovena z vodězdorné překližky o tloušťce 21 mm s horním protiskluzovým povrchem. Překližky jsou připevněny k příčnícům pomocí samořezných vrtů. Plochy řezů jsou zatřeny vodězdornou barvou. Po složení podlahy na rám přívěsu jsou spáry zatřeny tmelem, aby se v nich nedržela voda a nečistoty, které by mohli snížit životnost desky.

Překližka je dodávána v tabulích o rozměrech 2 500 x 1 250 mm. Nejekonomičtější složení podlahy se skládá z přířezů viz (Tab. 6) a (Obr. 46).

Tab. 6.: Rozměry desek podlahy

č. desky	Délka [mm]	Šířka [mm]	Počet [ks]
1	642	635	2
2	926	635	2
3	1 250	635	4
4	642	850	1
5	926	850	1
6	1 250	850	2



Obr. 46.: Rozložení desek podlahy

5. Zatěžovací stavy

Pro výpočet konstrukce přívěsu je zapotřebí počítat se zatěžovací stavy, do kterých se přívěs dostane během svého provozu. Základními zatěžovacími stavy jsou statické zatížení při stání a přímé jízdě, brzdění, akcelerace a jízda zatáčkou. Pokud by se jednalo o klasický tandemový přívěs, byl by dalším zatěžovacím stavem vjezd vysokozdvížného vozíku zadními vraty. Tento stav nebude uvažován, jelikož navrhovaný přívěs není určen pro nakládku zadními vraty u rampy.

5.1. Stání, přímá jízda

Základním zatěžovacím stavem je statické zatížení, kdy je přívěs plně naložen, připojen za tažným vozidlem a buď stojí na místě nebo se pohybuje konstantní rychlostí. Na přívěs působí pouze gravitační zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Náklad přívěsu je nahrazen hmotným bodem v místě předpokládaného těžiště, který je zavazben na horní pásnice podélníků a příčniců.

Tento zatěžovací stav bude vyhodnocován se zvětšeným součinitelem dynamické bezpečnosti, jelikož v tomto stavu může dojít k nejrychlejšímu nárůstu zrychlení. Jedná se například o moment jízdního stavu, kdy přívěs přejede přes velkou nerovnost na vozovce.

5.2. Brzdění

Zatěžovacím stavem, který nastává během provozu je brzdění. Při brzdění vzniká setrvačné zrychlení, které působí na přívěs s nákladem. Brzdné zrychlení lze určit několika způsoby. Jedním ze způsobů je výpočet přes koeficient podélného zrychlení z normy ČSN EN 12195-1 *Prostředky pro zajišťování břemen na silničních vozidlech – Bezpečnost – Část 1: Výpočet zajišťovacích sil*. Tento koeficient zrychlení odpovídá součiniteli smykového tření suchého asfaltu.

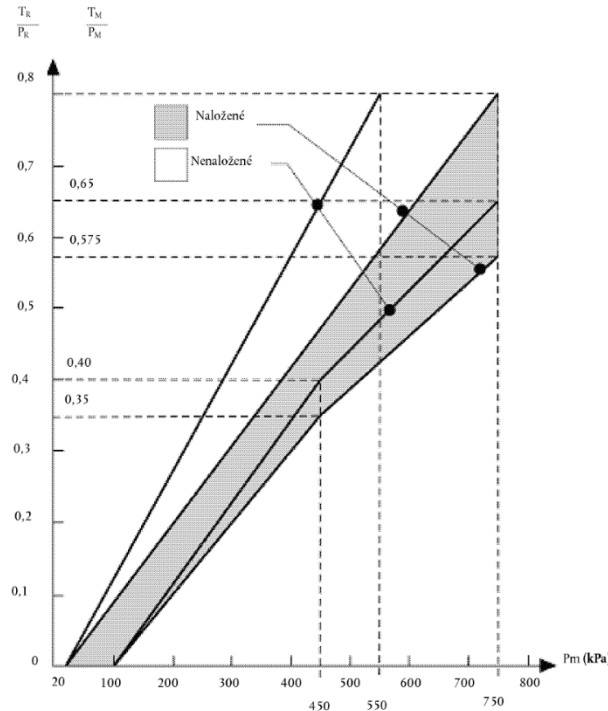
Tab. 7.: Koeficienty zrychlení v průběhu silniční dopravy [5]

Zajištění v	Koeficienty zrychlení				
	c_x , podélně		c_y , příčně		c_z , svisle dolů
	vpřed	vzad	Pouze posunutí	naklápění	
Podélném směru	0,8	0,5	-	-	1
Příčném směru	-	-	0,5	0,5/0,6	1

Brzdné zrychlení:

$$a_{b1} = g \cdot c_{xvpřed} = 9,81 \cdot 0,8 = 7,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (7)$$

Dalším způsobem určení brzdného zrychlení je přes vlastnosti brzdného systému. Vlastnosti brzdění jsou dány dle předpisu *EHK OSN č. 13 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění*. Předpis stanovuje toleranční pole poměru brzdné a normálové síly v závislosti na tlaku v brzdové soustavě. Dle předpisu je maximální poměr brzdných sil a normálových sil na pneumatikách přívěsu $\frac{T_R}{P_R} = 0,65$ (Obr. 47).



Obr. 47.: Požadované hodnoty poměru brzdné a normálové síly v závislosti na brzdném tlaku [17]

Výpočet zrychlení pro zátěžný stav brzdění:

$$a_{b2} = g \cdot \frac{T_R}{P_R} = 9,81 \cdot 0,65 = 6,37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (8)$$

Při pevnostních výpočtech bude použito brzdné zrychlení $a_{b2} = 6,37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, protože je blíže hodnotě zrychlení, kterému bude přívěs vystavován v reálném provozu.

5.3. Akcelerace

Maximální akcelerace je dosaženo při rozjždění z nulové rychlosti. Zrychlení působí v podélném směru. Pro tento zátěžný stav odpovídá koeficient zrychlení $c_{xvzad} = 0,5$ (Tab. 7). Současně na přívěs působí gravitační zrychlení.

Výpočet zrychlení pro zátěžný stav akcelerace:

$$a_a = g \cdot c_{xvzad} = 9,81 \cdot 0,5 = 4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (9)$$

5.4. Jízda zatáčkou

Jízda zatáčkou je rovnoměrný pohyb vozidla po kružnici. Jedná se o stav, kdy na přívěs působí odstředivá síla kolmá ke směru jízdy. Velikost odstředivého zrychlení se dá určit několika způsoby.

Jedním ze způsobů je určení maximálního možného odstředivého zrychlení, které nastává na mezi stability, kdy by došlo k převrácení přívěsu přes klopnou hranu. Klopnou hranou je uvažován střed vnější pneumatiky (Obr. 48). Klopení nastane, když síly působící v těžišti, tíhová síla a odstředivá síla, si budou rovný.

$$F_g \cdot \frac{b}{2} = F_o \cdot h \quad (10)$$

Z této rovnice se vyjádří odstředivá síla F_o a z Newtonova zákona se vyjádří velikost odstředivého zrychlení

$$a_{o1} = \frac{F_o}{m} \quad (11)$$

Výsledné odstředivé zrychlení je

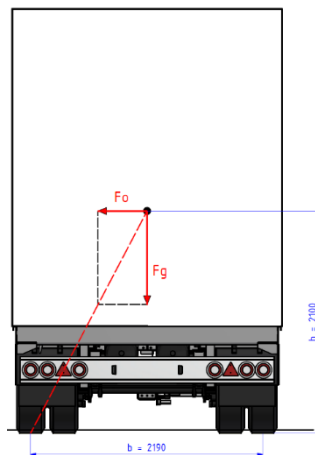
$$a_{o1} = \frac{F_g \cdot \frac{b}{2 \cdot h}}{m} = \frac{98\,100 \cdot \frac{2190}{2 \cdot 2100}}{10\,000} = 5,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (12)$$

Kde: $F_g = 98\,100 \text{ [N]}$ – maximální tíha přívěsu

$b = 2\,190 \text{ [mm]}$ – rozchod

$h = 2\,100 \text{ [mm]}$ – výška těžiště

$m = 10\,000 \text{ [kg]}$ – maximální hmotnost přívěsu



Obr. 48.: Klopení přívěsu

Dalším přístupem k výpočtu zrychlení v zatáčce je použití koeficientů příčného zrychlení dle viz (Tab. 7). Toto zrychlení je využito při pevnostních výpočtech.

Výpočet zrychlení pro zátěžný stav jízda zatáčkou:

$$a_{o2} = g \cdot c_y = 9,81 \cdot 0,5 = 4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (13)$$

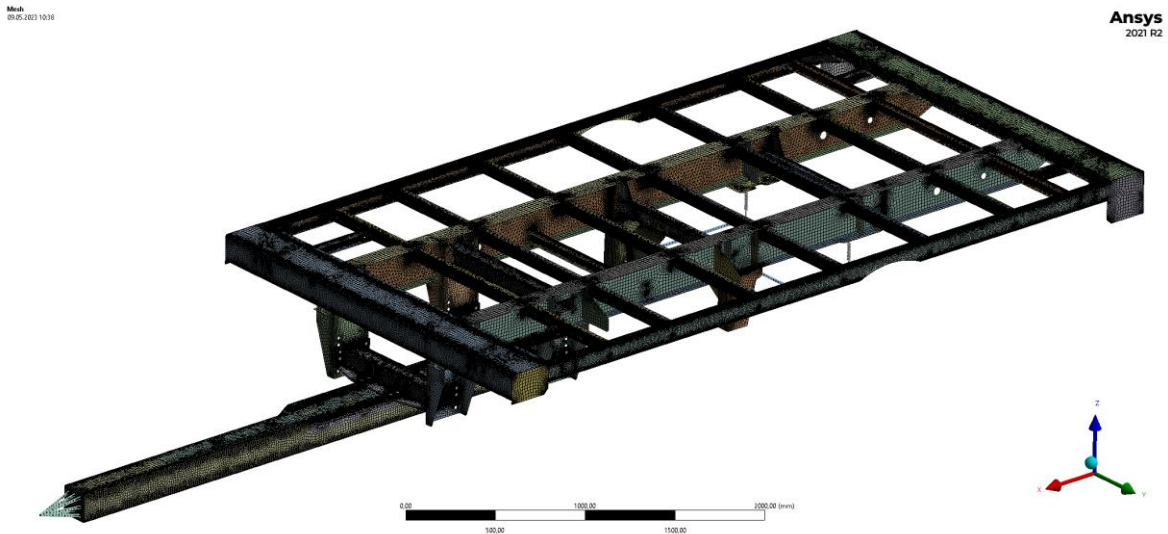
6. Pevnostní výpočet rámu

Pevnostní výpočet rámu je stěžejní součástí návrhu přívěsu. Provedením pevnostních výpočtů metodou konečných prvků (MKP) lze odhalit problémová místa konstrukce dříve, než se projeví na hotovém výrobku. Díky tomu lze předejít případným neštěstím, kdyby došlo k destrukci rámu v provozu. Použitím této metody lze také odhalit předdimenzovaná místa a následně lze optimalizovat konstrukci a tím snížit náklady na výrobu.

6.1. MKP model

3D model byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2022. Výpočet rámu podvozku byl proveden v programu ANSYS 21 R2.

Vytvořený 3D model byl z Inventoru exportován přes soubor STEP do Ansysu. Tam byl následně zjednodušen pro výpočet. Byly odstraněny svarové housenky a některé díry pro šrouby, které mohly být zanedbány. Dále byl model převeden na střednicové plochy. Toto zjednodušení lze provést díky tomu, že se model skládá z profilů a plechů, u kterých dva rozměry převládají nad třetím (tloušťkou). Takto zjednodušený model se skládá z 2D ploch, kterým je přiřazena vlastnost tloušťka materiálu. Díky tomuto zjednodušení se významně sníží výpočtový čas a požadavek na výkon procesoru.



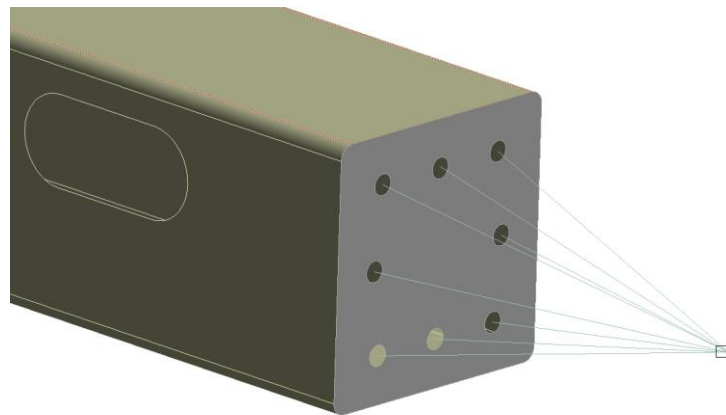
Obr. 49.: Vysítovaný model přívěsu

Sítování modelu je z převážné většiny řízeno programem. Při použití střednicových ploch je model vysítován převážně čtyřúhelníkovými prvky doplněnými trojúhelníkovými lineárními prvky. Maximální velikost prvku je nastavena na 25 mm. V místech se složitější geometrií, jako jsou otvory, zaoblení nebo hrany, program použije menší velikosti prvku. V problémových místech, kde jsou větší napětí, je síť ručně zjemněna na velikost prvku 2 mm. Jedná se o místa přivaření příčniců se stojnou a hrany žeber na příčnicích oje.

Zjemnění sítě je i na důležitých dotykových plochách. Těmi jsou plochy dotyku oje s příčnicí, plochy dotyku příčniců s konzolami oje a všechny plochy pod podložkami šroubů, kterými je oj sešroubována. Na těchto plochách je kontrolován tlak v dotyku.

6.1.1. Tažné oko

Tažné oko je nahrazeno prutovými prvky, jelikož se jedná o kupovaný díl, u kterého není zapotřebí provádět pevnostní výpočty. Jednotlivé prutové prvky mají vlastnost „stiff beam“ a jsou zavazbeny pomocí tuhé vazby ve středech děr. Všechny pruty se sbíhají v místě, kde reprezentují střed tažného oka vzdálený 250 mm od přípojné desky jako reálná komponenta (Obr. 32).



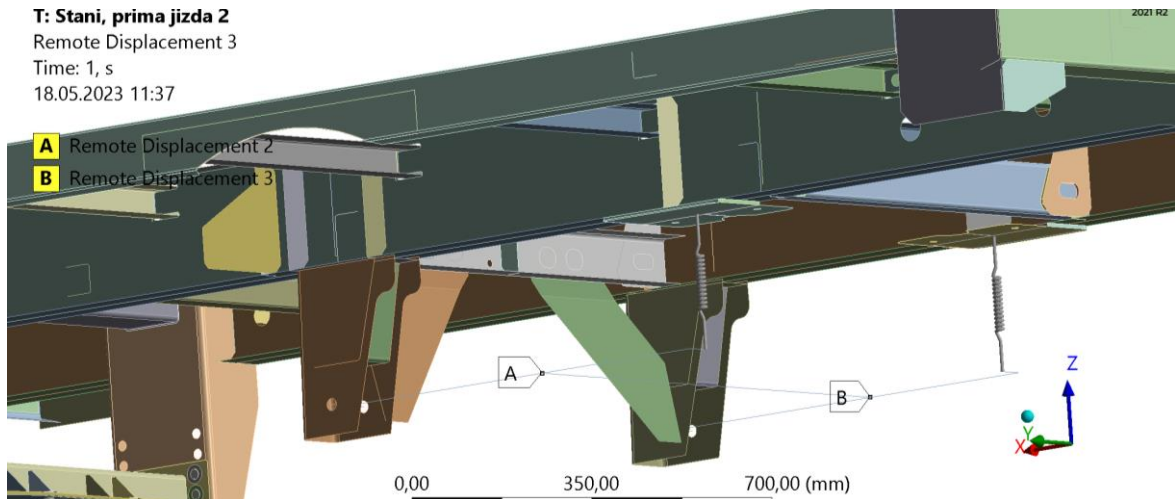
Obr. 50.: Náhrada tažného oka

6.1.2. Náprava

Náprava, jako kupovaná součást, nemusí být v modelu reprezentována s reálnou geometrií, ale může být nahrazena. Tato náhrada musí být pečlivě provedena, jelikož se jedná o důležitou součást přívěsu, přes kterou je přenášena většina zatížení.

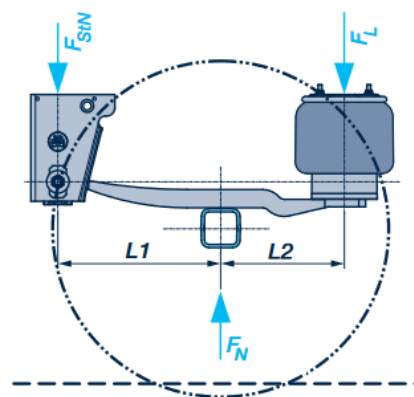
Nahrazení nápravnice s pery je realizováno pomocí spojených tuhých prutů s vlastností „stiff beam“. Na podélnících rámu jsou připevněny konzoly, které jsou zjednodušeny stejně jako zbytek rámu pomocí střednicových ploch. V každé konzole je vložen čep nahrazený tuhým prutem. Konce čepu jsou zavazbeny k dířům v konzole pomocí pevné vazby. V místě reálného čepového uložení nápravy je vymodelováno otočné uložení. Středový bodu čepu se překrývá s koncovým bodem pera nápravy. Tyto dva body jsou svázány pomocí spoje „revolute“, který umožňuje jejich vzájemnou rotaci, ale zabraňuje jejich posuvu. Vzduchový měch na druhém konci nápravnice je nahrazen pružinou o tuhosti $k_m = 166 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ [6] a vypočteným předpětím ze statického zatížení nápravy. Toto zatížení je přepočítáno přes poměr délek ramen pera nápravy. Dosedací plochou pružiny je určena celá plocha desky měchu, tak jak je tomu ve skutečnosti.

T: Stani, prima jízda 2
 Remote Displacement 3
 Time: 1, s
 18.05.2023 11:37



Obr. 51.: Náhrada nápravy

V místech A a B se nachází podpěry, které zabraňují posuvným pohybům, ale dovolují všechna natočení.



Obr. 52.: Schéma sil na nápravě [20]

Výpočet síly působící na vzduchový měch:

$$F_L = \frac{F_N}{2} \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} = \frac{71\,136}{2} \cdot \frac{500}{500 + 380} = 20\,209\,N \quad (14)$$

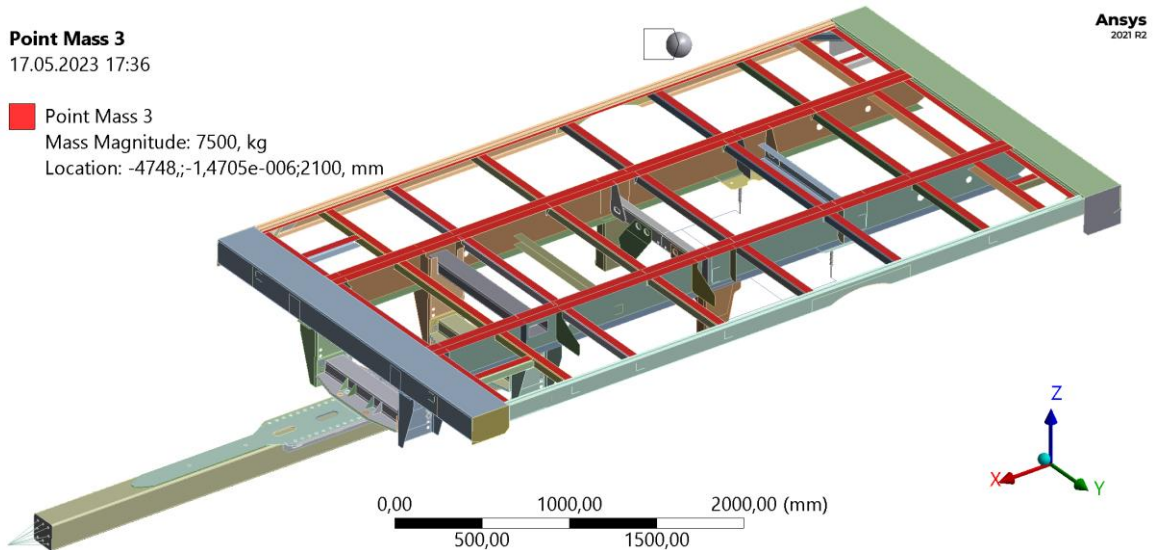
Kde: $F_N = 71\,136\, [N]$ – síla působící na nápravu (odečteno z výpočtového modelu)

$L_1 = 500\, [mm]$ – vzdálenost nápravnice od čepu

$L_2 = 380\, [mm]$ – vzdálenost nápravnice od středu měchu

6.1.3. Náklad

Určení náhrady nákladu na přívěsu je velmi složité, jelikož nelze přesně určit, jak bude přívěs naložen. Pro zjednodušení je uvažováno rovnoměrné rozložení nákladu v celém objemu ložného prostoru. Náhrada nákladu byla vymodelována v Inventoru jako skořepina o velikosti celé nástavby a hmotnosti 7 500 kg. Tento náklad byl ve výpočtovém modelu nahrazen hmotným bodem o dané hmotnosti. Umístění tohoto bodu je nad středem ložné plochy ve výšce 2 100 mm nad vozovkou (1 120 mm nad podlahou). Hmotný bod je zavazben na horní pásnice podélníků a dosedací plochy překližek podlahy.



Obr. 53.: Náhrada nákladu

6.2. Zatěžovací stavy

Pevnostní výpočty byly provedeny pro zatěžovací stavy viz (Tab. 8). Pro každý zatěžovací stav bylo v kapitole 5. Zatěžovací stavy vypočítáno zrychlení působící na přívěs.

Tab. 8.: Shrnutí zatěžovacích stavů

č.	Zatěžovací stav	a_x [m. s ⁻²]	a_y [m. s ⁻²]	a_z [m. s ⁻²]
1	Stání, přímá jízda	-	-	-9,81
2	Brzdění	-6,37	-	-9,81
3	Akcelerace	4,9	-	-9,81
4	Jízda zatáčkou	-	4,9	-9,81

6.3. Výpočet mezních stavů materiálů

Rám přívěsu se skládá z profilů a plechů ze dvou materiálů. Jedná se o konstrukční oceli S 235 JR (11 375) a S 355 J0 (11 523), které mají mez kluzu viz (Tab. 5). Z meze kluzu se určí dovolené napětí za použití součinitele dílčí spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,15$.

Výpočet dovoleného napětí z meze kluzu:

$$\sigma_{yd} = \frac{R_e}{\gamma_M} \quad (15)$$

Výpočet dovoleného napětí zahrnující dynamický součinitel:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_{yd}}{k_D} \quad (16)$$

Kde: σ_d [N. mm⁻²] – maximální dovolené napětí

R_e [N. mm⁻²] – mez kluzu

$\gamma_M = 1,15$ [-] – součinitel dílčí spolehlivosti materiálu

$k_{D1} = 1,7$ [-] – součinitel dynamického zatížení pro zátěžný stav 1

$k_{D2} = 1,2$ [-] – součinitel dynamického zatížení pro zátěžné stavy 2, 3 a 4

Tab. 9.: Maximální dovolená napětí materiálů

Materiál	R_e [N. mm ⁻²]	σ_{yd} [N. mm ⁻²]	σ_{D1} [N. mm ⁻²]	σ_{D2} [N. mm ⁻²]
S 235 JR (11 375)	235	204	120	170
S 355 J0 (11 523)	355	309	182	258

Při vyhodnocování výsledků budou hodnoty maximálních napětí srovnávány s hodnotami maximálního dovoleného napětí materiálu, který je v daném místě použit.

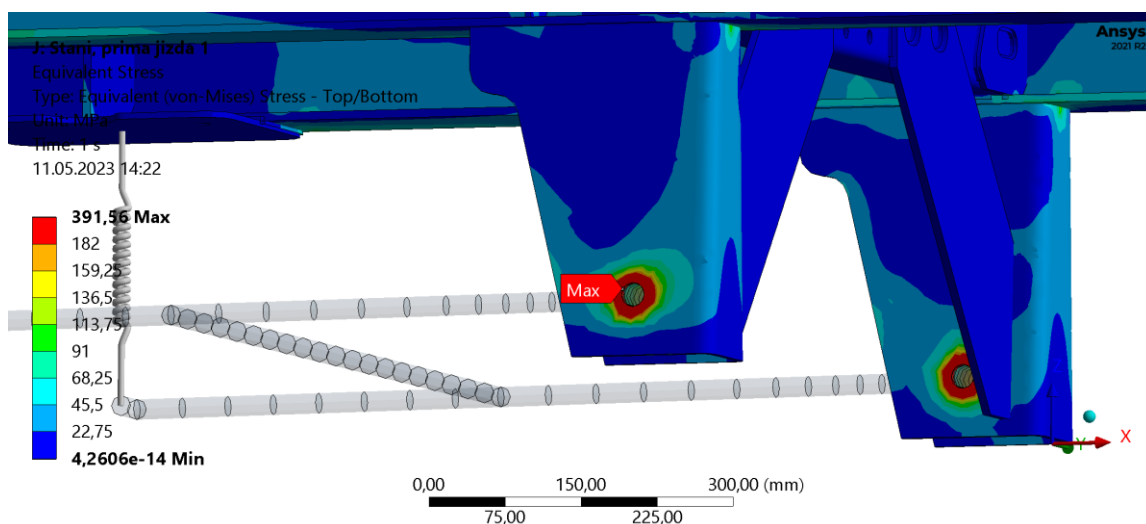
7. Výsledky pevnostní analýzy

Rám přívěsu je podroben čtyřem zátěžovým stavům. Jedná se o čtyři jízdní stavy. Stání/ přímá jízda, brzdění, akcelerace a jízda zatáčkou. Napětí v konstrukci je vyhodnocováno metodou HMH. Referenční hodnotou maximálního dovoleného napětí je určeno maximální dovolené napětí pro materiál S 355 J0 (11 523) $\sigma_{D2} = 258 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Pro zátěžný stav 1 – Stání, přímá jízda je maximální dovolené napětí $\sigma_{D1} = 182 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Dovolené napětí je nižší, protože je v tomto zátěžném stavu zahrnut větší součinitel bezpečnosti pro dynamické zatížení. Oblasti s vyšším napětím jsou vykresleny červenou barvou. Vyhodnocovány jsou kontaktní tlaky v místech přípojných plechů na výsuvné oji. Kontaktní tlaky jsou vyhodnocovány i u podložek šroubů, které spojují výsuvnou oj. Ve výsledcích nejsou vyhodnocovány celkové deformace rámu, jelikož je model uložen na nápravě, která je spojena pružinami k rámu, proto by výsledný posun prvků nebyl způsoben jen deformací, ale hlavně vypružením nápravy.

Během vyhodnocování je potřeba uvažovat, že model obsahuje v některých místech zjednodušení a výsledky se nemusí shodovat s realitou. Velkým zjednodušením je nahrazení svarů. Ty jsou modelovány jako prodloužené plochy a vznikají v místě spojení liniové vazby a ostré rohy, kde dochází ke zvýšeným hodnotám napětí.

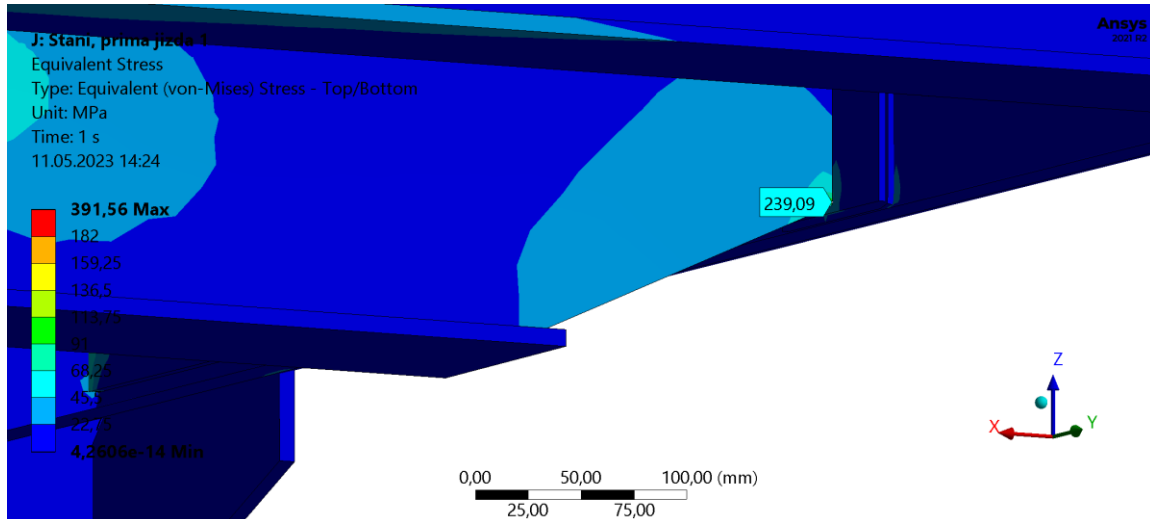
7.1. Stání, přímá jízda

Z výsledku zátěžného stavu stání, přímá jízda vychází nejvyšší napětí na konzolách nápravy v místech čepového spoje. Tento výsledek bude zanedbán, jelikož se jedná o kupovanou součást, která je ve výpočtovém modelu značně zjednodušená.



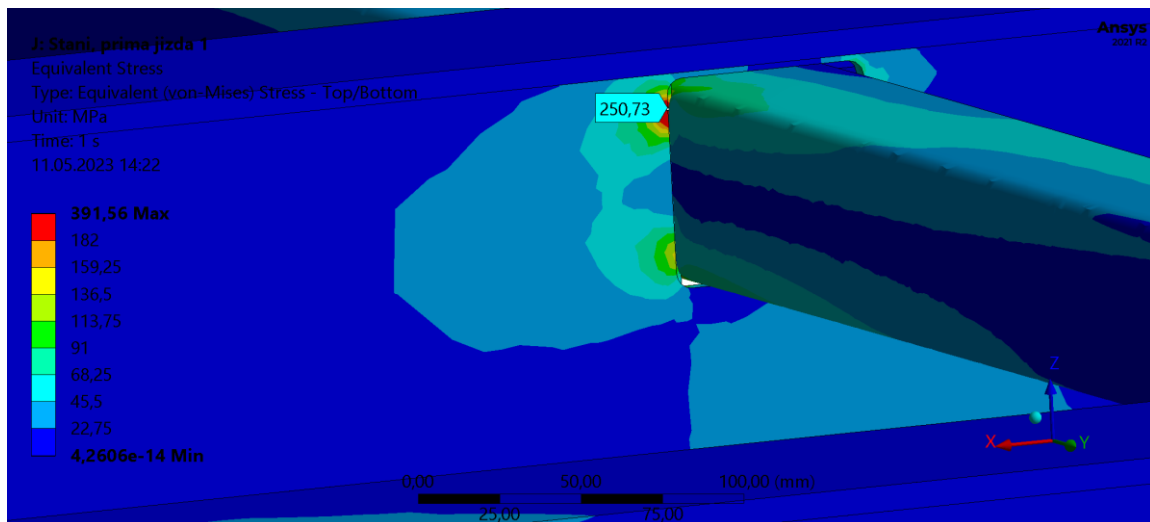
Obr. 54.: Prvotní návrh – stav 1A

Dalším místem, kde dochází k překročení maximálního dovoleného napětí, je konec svarového spoje mezi koncem stojny podélníku a zadním čelem. Hlavním důvodem této koncentrace napětí je zjednodušení modelu a jelikož se jedná o malou oblast, která je menší než tloušťka materiálu, je možné toto překročení zanedbat.



Obr. 55.: Prvotní návrh – 1B

Problémovým místem je spojení příčnicku v otvoru stojny. Zde dochází k příčné deformaci stojny, která následuje směr vláken ohýbaného příčnicku. Maximálním napětím je zde $\sigma = 250,73 \text{ N. mm}^{-2}$.



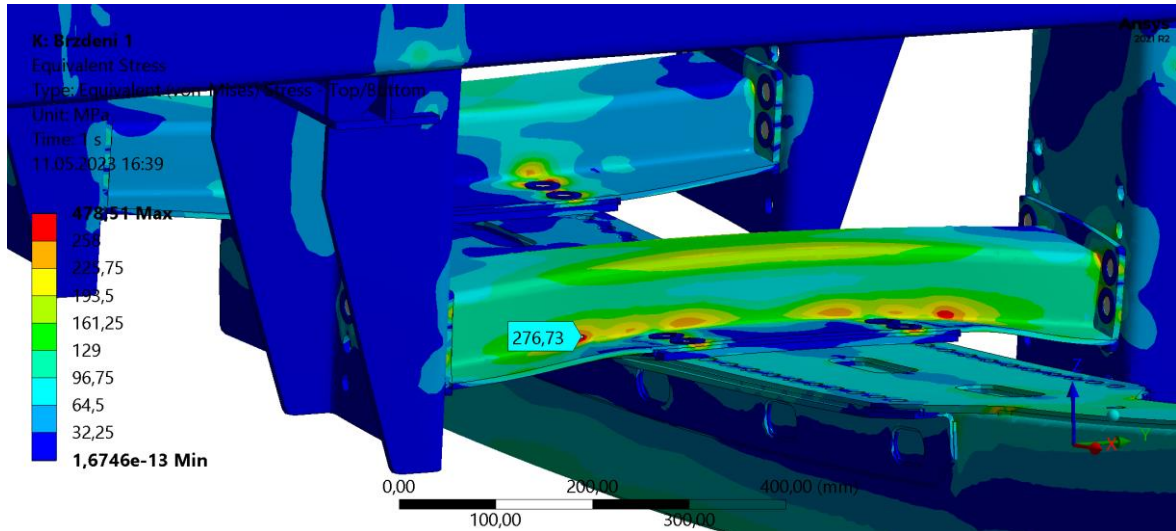
Obr. 56.: Prvotní návrh – 1C

Tab. 10.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 1

Zátěžný stav 1 – Stání, přímá jízda				
místo	$\sigma_{D1} [\text{N. mm}^{-2}]$	$\sigma [\text{N. mm}^{-2}]$	k	hodnocení
A	182	391,56	0,46	zanedbáno
B	182	239,09	0,76	zanedbáno
C	182	250,73	0,73	nevyhovuje

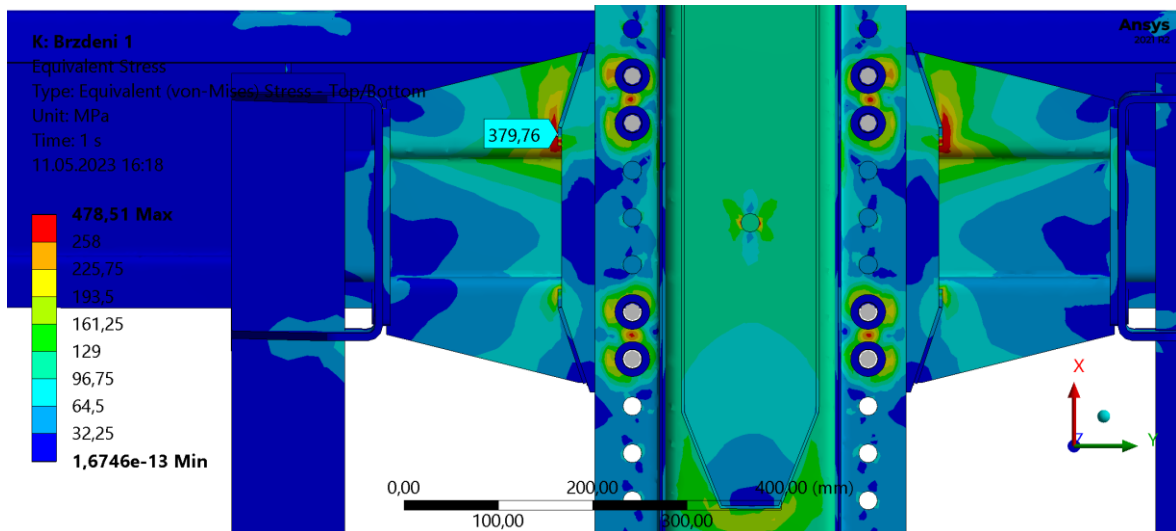
7.2. Brzdění

Během brzdění jsou nejvíce namáhanými součástmi příčníky oje. Dochází k jejich deformaci působením ohybu a krutu zároveň. Problematickým místem je hrana spoje omega profilu a spodního přípojného plechu. Náhlá změna tloušťky je velkým koncentrátorem napětí, jak je vidět na (Obr. 57 a Obr. 58). Dalším problémovým místem je oblast ohybu omegy v osách šroubů (Obr. 59), kde se nachází „kloub“ ohybu.

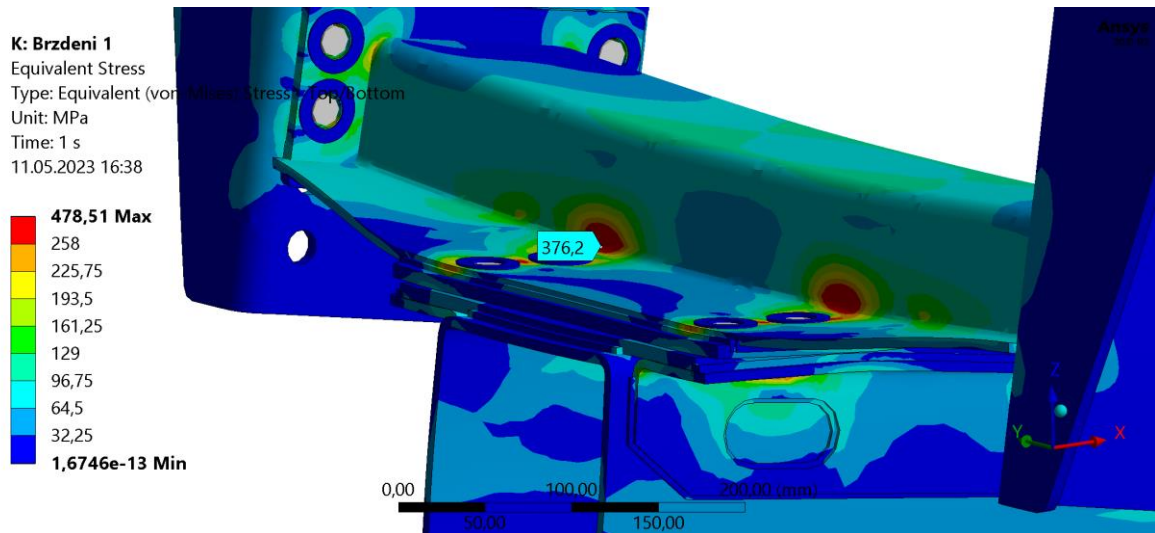


Obr. 57.: Prvotní návrh – stav 2A

Měřítko deformace 20:1



Obr. 58.: Prvotní návrh – stav 2B



Obr. 59.: Prvotní návrh – stav 2C

Měřítko deformace 20:1

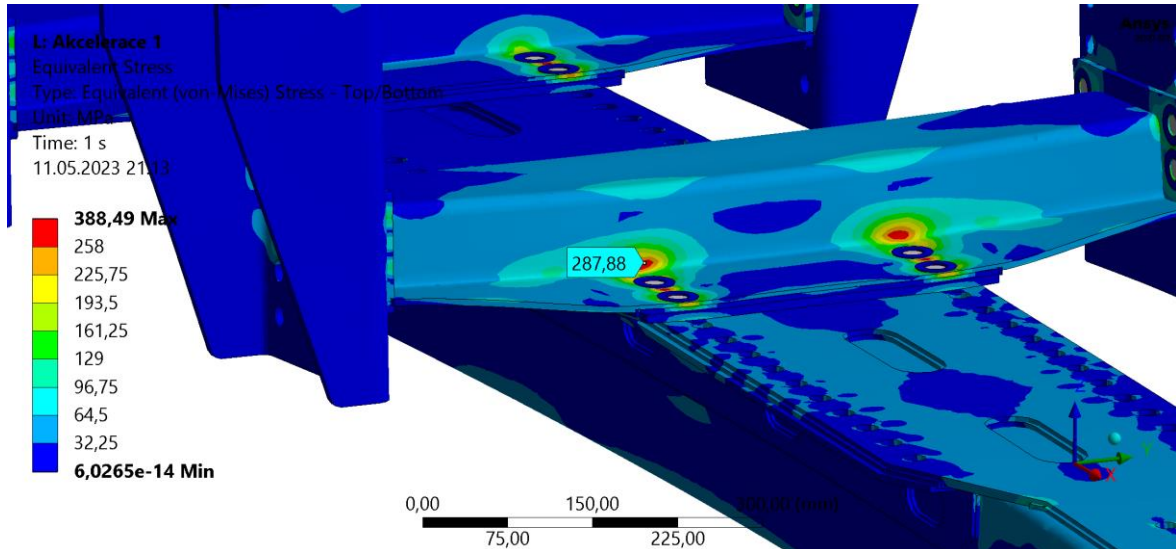
Tab. 11.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 2

Zátěžný stav 2 – Brzdění				
místo	$\sigma_{D2} [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	k	hodnocení
A	258	276,73	0,93	nevyhovuje
B	258	379,76	0,68	nevyhovuje
C	258	370,2	0,7	nevyhovuje

Z výsledků je vidět, že příčník oje bude muset být překonstruován.

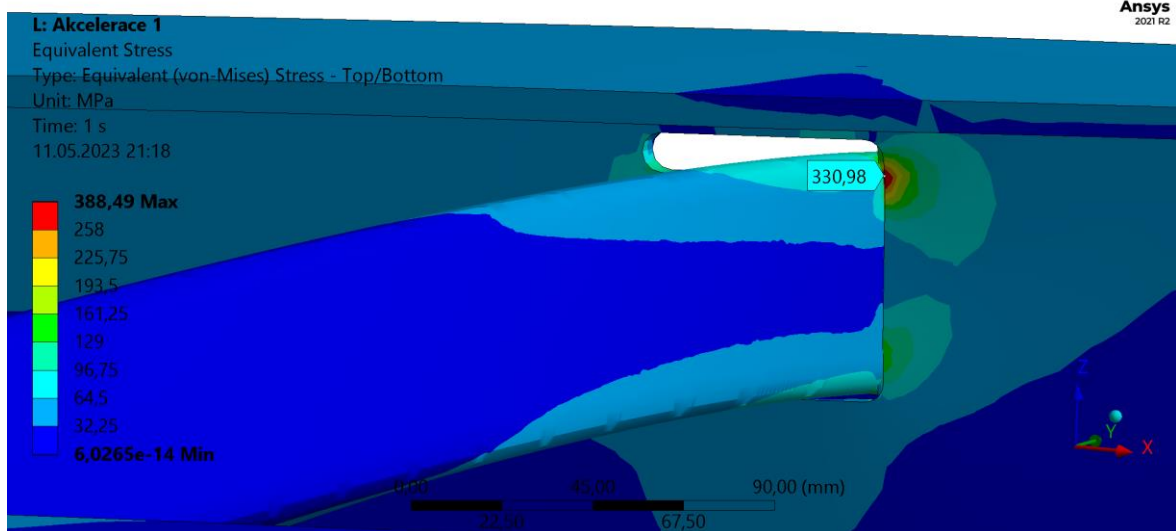
7.3. Akcelerace

Při akceleraci je nejvíce namáhanou součástí opět příčník oje. Oblast nepřipustného napětí je na předním příčníku. Tato oblast napětí je téměř identická jako na zadním příčníku při brzdění (Obr. 59).



Obr. 60.: Prvotní návrh – stav 3A

Dalším místem, kde dochází k překročení dovoleného napětí, je připojení třetího a čtvrtého příčníku ke stojně podélníku z vnitřní strany.



Obr. 61.: Prvotní návrh stav – 3B

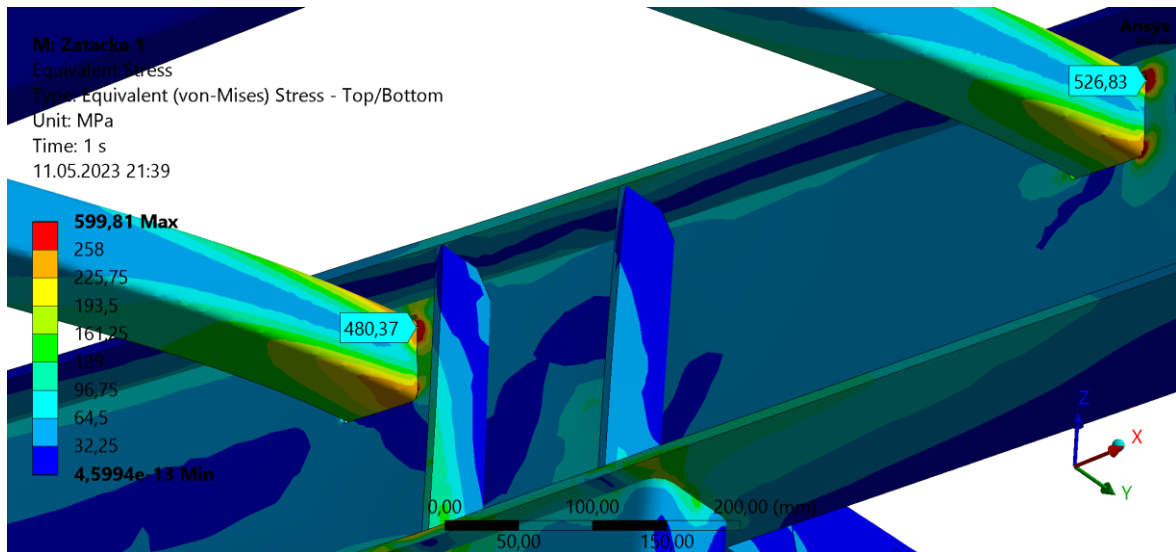
Měřítko deformace 30:1

Tab. 12.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 3

Zátěžný stav 3 – Akcelerace				
místo	$\sigma_{D2} [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	k	hodnocení
A	258	287,88	0,9	nevyhovuje
B	258	330,98	0,78	nevyhovuje

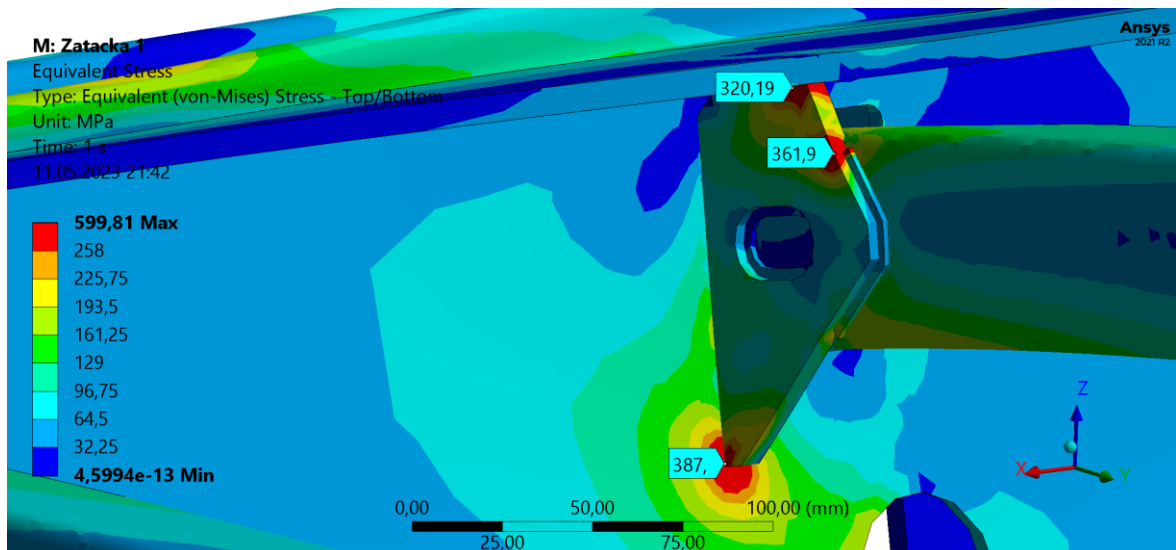
7.4. Zatáčka

Během zátěžného stavu simulující průjezd zatáčkou je konstrukce nejvíce namáhána. Problémovým místem je opět připojení třetího a čtvrtého příčnicku ke stejné podélníku.



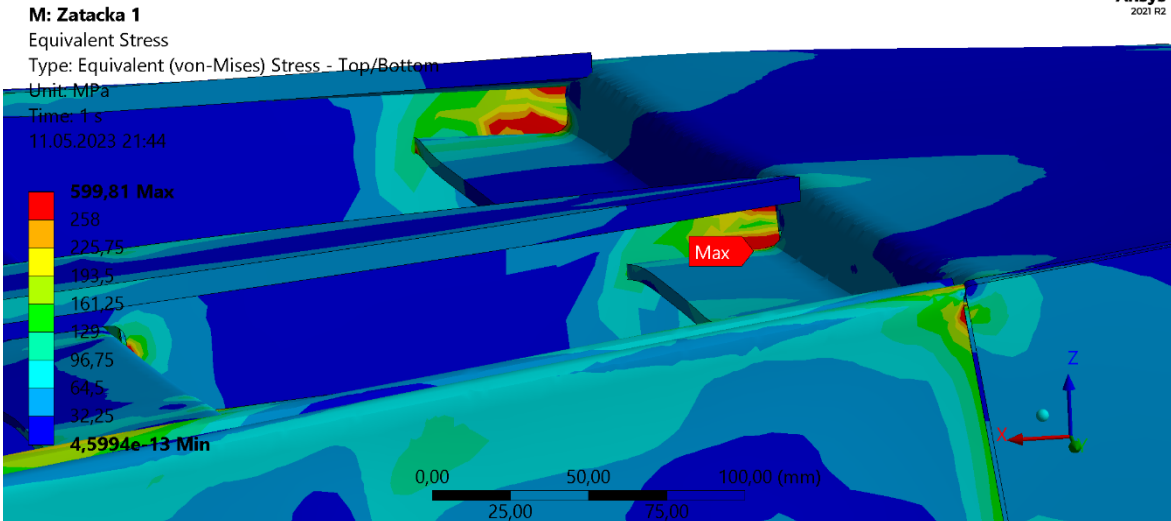
Obr. 62.: Prvotní návrh – stav 4A

V zadní části přívěsu jsou příčnický vyztuženy žebry. Ty nejsou vhodně navrženy. V zadní části dochází k velkému kroucení rámu, kvůli kterému dochází k takto velkým napětím.



Obr. 63.: Prvotní návrh – stav 4B

Ve spojích konců podélníků se zadním čelem jsou velmi vysoká napětí, které jsou pravděpodobně způsobeny špatnou geometrií výpočtového modelu, kde horní pásnice nejsou spojeny se zadním čelem.



Obr. 64.: Prvotní návrh – stav 4C

Tab. 13.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 4

Zátěžný stav 4 – Zatačka				
místo	$\sigma_{D2} [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	k	hodnocení
A	258	526,83	0,49	nevyhovuje
B	258	387	0,67	nevyhovuje
C	258	599,81	0,43	nevyhovuje

7.5. Vyhodnocení výsledků

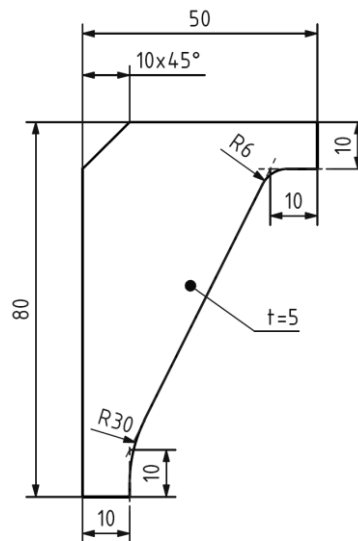
Z výsledků všech základních zátěžných stavů je patrné, že prvotní návrh obsahuje spoustu míst, která je potřeba upravit. Velkou pozornost je potřeba věnovat příčnícím oje, jelikož je přes ně přenášeno velké zatížení a téměř ve všech zátěžných stavech nesplňuje požadavek maximálního dovoleného napětí. Další oblastí je spojení příčnících se stojnou podélníku.

8. Návrh úprav

Na základě výsledků výpočtů prvotního konstrukčního návrhu byly navrženy následující úpravy, aby nedocházelo k překračování maximálního dovoleného napětí v nevyhovujících místech konstrukce.

8.1. Výztužná žebra příčníků

Dle výsledků dochází v téměř každém místě přivaření příčníků k podélníku k velkým deformacím stojny, která následuje směr ohybu příčnicku. Této deformaci by měly zabránit nová žebra, která nahradí ty původní a budou doplněna na všechny příčníky.



Obr. 65.: Výztužné žebro příčnicků

8.2. Změna materiálu podélníků

Důvodem změny materiálu je velké namáhání podélníku v místě připevnění konzoly během zatáčení. Dalším důvodem je velké namáhání způsobené velkou deformací stojny v místech výřezů pro příčníky.

V prvním konstrukčním návrhu jsou podélníky navrženy z konstrukční oceli S355 J0. V novém návrhu budou podélníky zkonstruovány z oceli S500 MC, která má vyšší mez kluzu a mez pevnosti.

Tab. 14.: Mechanické vlastnosti S500 MC

Materiál	Modul pružnosti v tahu E [N. mm ⁻²]	Mez kluzu Re [N. mm ⁻²]	Mez pevnosti Rm [N. mm ⁻²]	Poissonova konstanta [-]	Tažnost [%]	Uhlíkový ekvivalent CEV
S500 MC	206 000	500	550 - 700	0,3	18	0,3
S355 J0	206 000	355	470	0,3	22	0,45

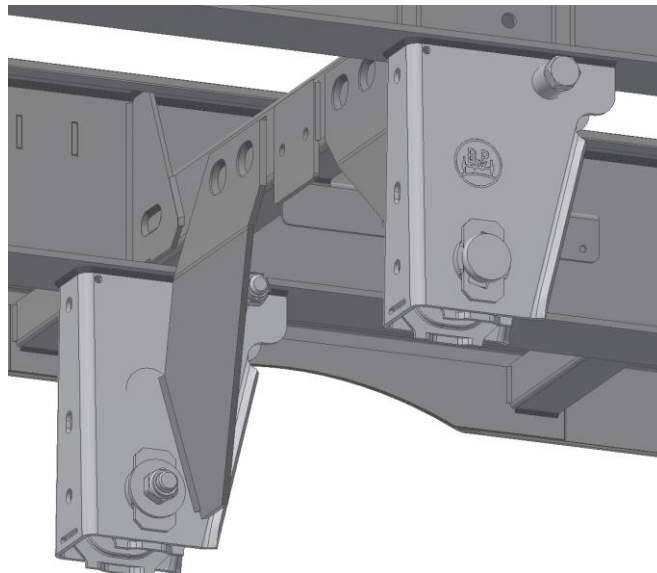
Pro výpočet dovolených napětí jsou použity rovnice (15) a (16). Jsou vypočteny dovolené hodnoty zahrnující dílčí bezpečnost materiálu a dále součinitele dynamického zatížení.

Tab. 15.: Maximální dovolená napětí materiálů

Materiál	R_e [$N \cdot mm^{-2}$]	σ_{yd} [$N \cdot mm^{-2}$]	σ_{D1} [$N \cdot mm^{-2}$]	σ_{D2} [$N \cdot mm^{-2}$]
S500 MC	500	435	256	362

8.3. Změna připojení konzol nápravy

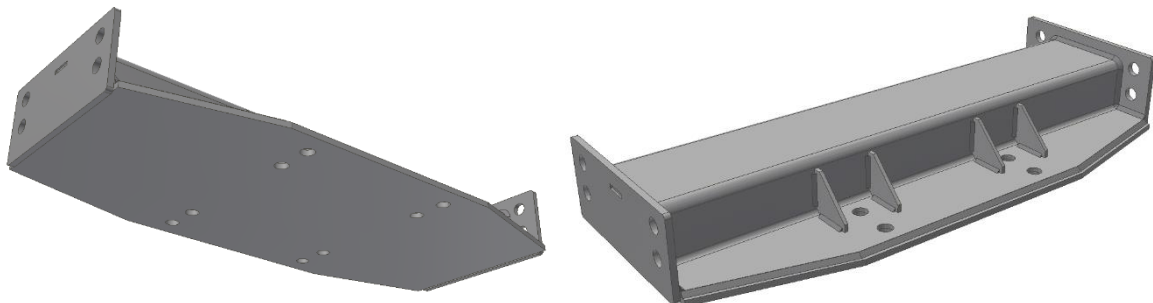
Pod konzultací s dodavatelem nápravového agregátu, bylo upraveno uchycení konzol nápravy. Jedná se o změnu vzájemného postavení konzol a výztužného příčnicku, který byl posunut tak, aby jeho vnější hrana stojny byla nad středem čepu nápravy. Na příčník nápravy jsou přivařeny výztužné plechy konzol, které jsou nově ohnuty směrem dozadu.



Obr. 66.: Nové připojení konzol nápravy

8.4. Změna příčnicku oje

Jelikož se jednalo o nejméně vyhovující součást, je potřeba větších změn. Spodní přípojný plech je protažen až do krajů k bočním přípojným deskám. To dodá příčnickům lepší tuhost v ohybu. Dále jsou příčníky osazeny malými žebry, která jsou umístěna v místech šroubových spojů s ojí. Tyto žebra dodají příčnickům větší tuhost ve směru jízdy.



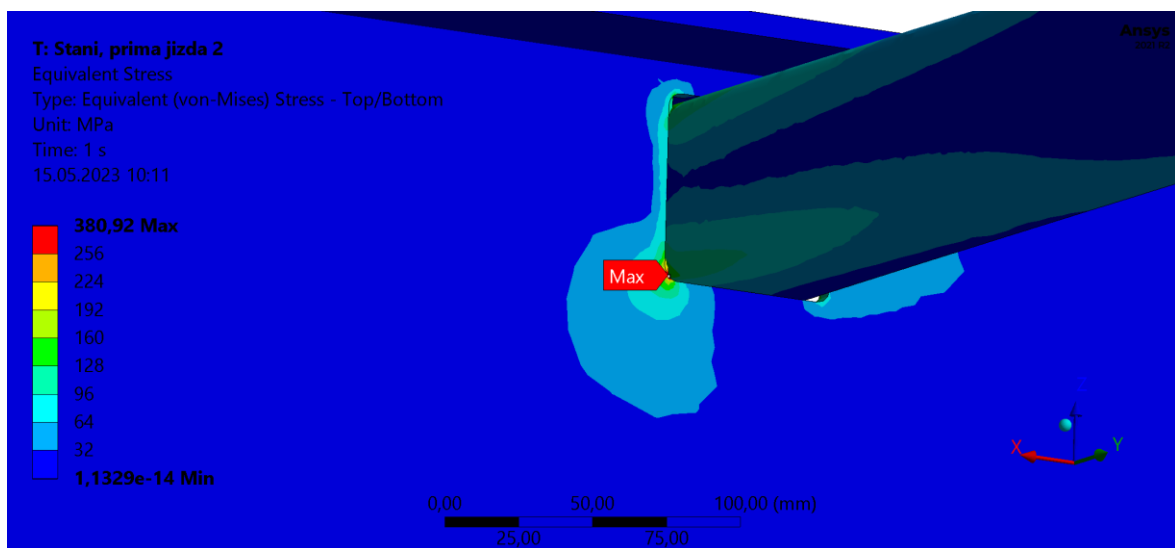
Obr. 67.: Upravený příčník oje

9. Výsledky pevnostní analýzy po úpravách

Navržené úpravy rámu přívěsu byly provedeny i ve výpočtovém modelu. Ten byl následně vypočítán ve stejných čtyřech zátěžových stavech jako prvotní návrh rámu.

9.1. Stání, přímá jízda

Problémovým místem byly výřezy ve stojně podélníku pro příčnicku. Po přidání výztužných žebek a změně materiálu podélníku se oblast se zvýšeným napětím zmenšila natolik, že nyní lze prohlásit, že místo spojení příčnicku s podélníkem je vyhovující.



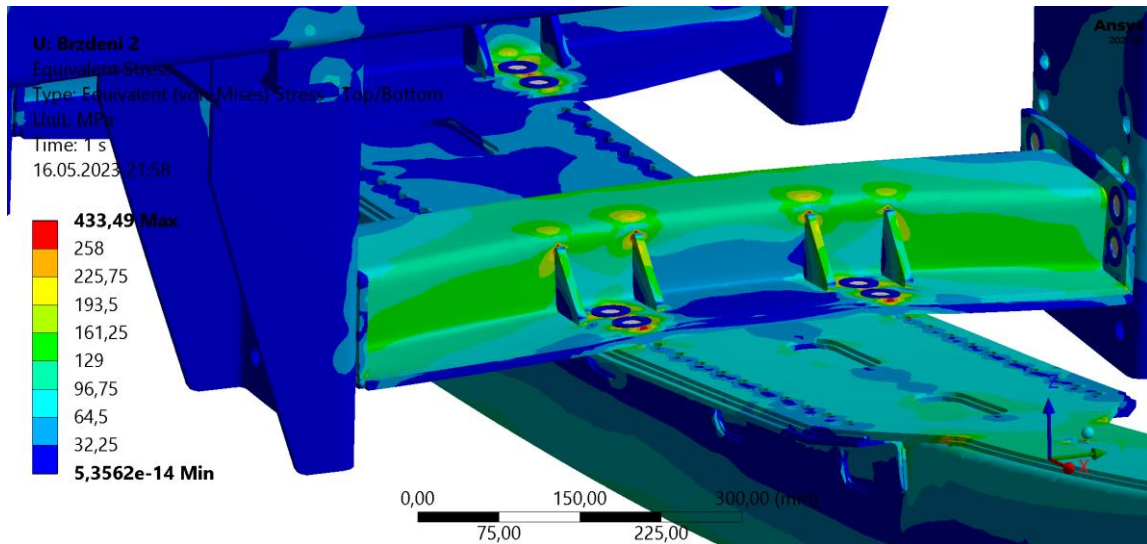
Obr. 68.: Finální návrh – 1C

Tab. 16.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 1

Zátěžný stav 1 – Stání, přímá jízda				
místo	$\sigma_{D1} [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	Poznámka	hodnocení
A	182	391,56	Kupovaná součást, zjednodušená	zanedbáno
B	256	239,09	Bodové napětí	zanedbáno
C	256	250,73	Bodové napětí	vyhovuje

9.2. Brzdění

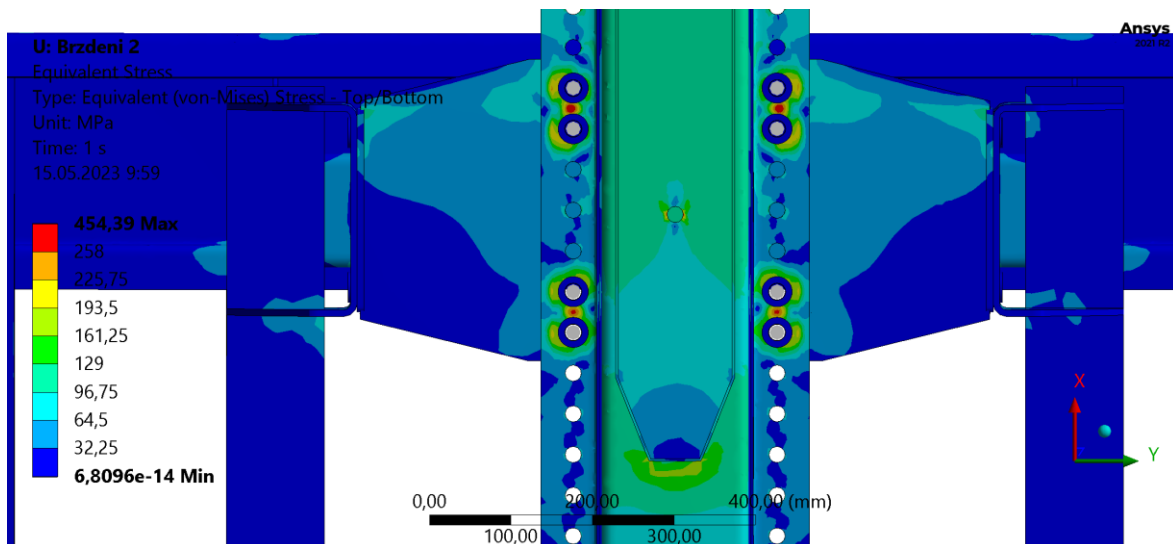
Během zátěžného stavu brzdění byl nejvíce namáhanou součástí příčník oje. Po provedení úprav nedochází v místě ohybu u šroubového pole k překročení dovoleného napětí, protože se lépe přenese přes vyztužující žebra. Zlepšení nastalo i v rohu spoje omega profilu s boční přípojnou deskou, kde také bylo překročené dovolené napětí.



Obr. 69.: Finální návrh – stav 2A

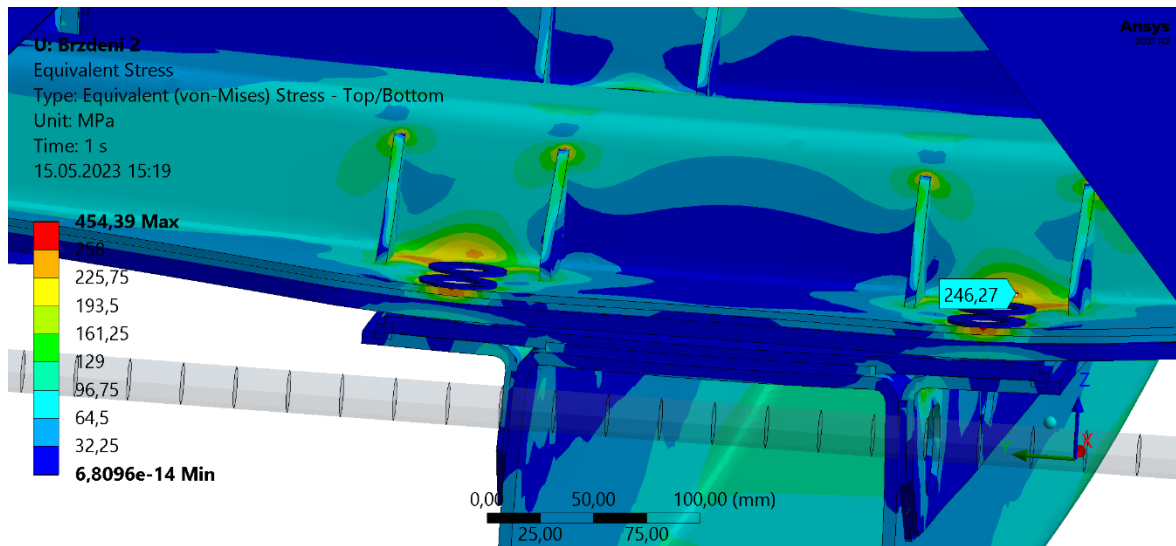
Měřítko deformace 20:1

Po protažení spodní přípojnky až do boků nedochází k žádné koncentraci napětí v omega profilu.



Obr. 70.: Finální návrh – stav 2B

V oblasti na zadním příčniku oje, kde napětí dosahovalo až 376 MPa , je nyní maximální hodnota $\sigma = 246 \text{ MPa}$.



Obr. 71.: Finální návrh – stav 2C

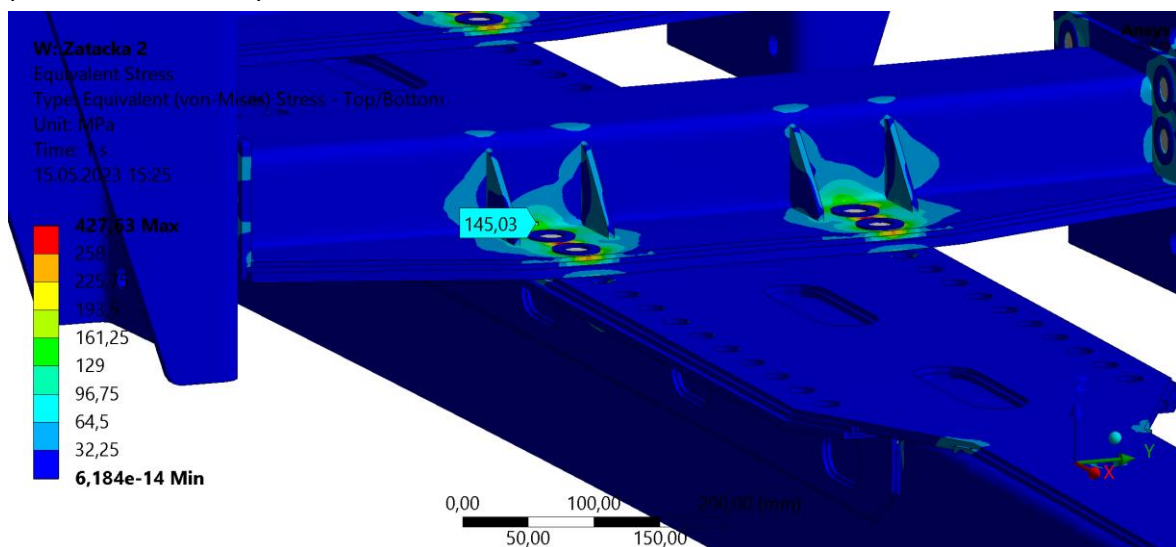
Měřítko deformace 20:1

Tab. 17.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 2

Zátěžný stav 2 – Brzdění				
místo	$\sigma_{D2} [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	Poznámka	hodnocení
A	258	137	Oblast zvýšeného napětí zcela zmizela	vyhovuje
B	258	110	Odstraněn vrub	vyhovuje
C	258	246	Koncentrace napětí se zmenšila	vyhovuje

9.3. Akcelerace

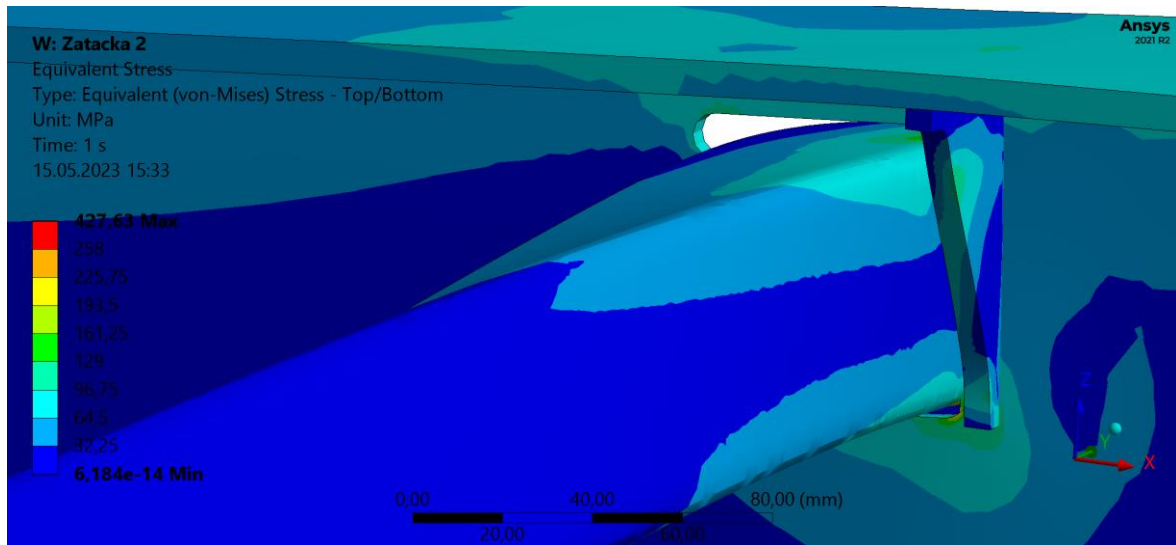
Během akcelerace bylo nejvyšší napětí v ohybu za šrouby na předním příčniku oje. Po přidání žeber se napětí snížilo na $\sigma = 145 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$.



Obr. 72.: Finální návrh – stav 3A

Měřítko deformace 20:1

Dalším problémovým místem bylo místo výřezu ve stojně, které bylo vyřešeno změnou materiálu podélníku a výztužným žebrem.



Obr. 73.: Finální návrh – stav 3B

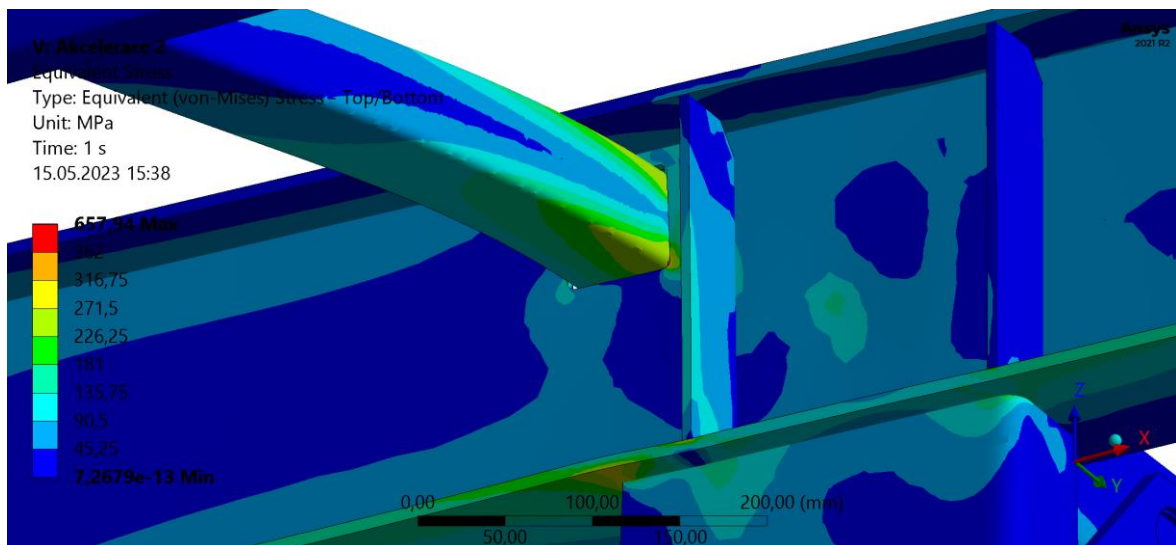
Měřítko deformace 30:1

Tab. 18.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 3

Zátěžný stav 3 – Akcelerace				
místo	σ_{D2} [$N \cdot mm^{-2}$]	σ [$N \cdot mm^{-2}$]	Poznámka	hodnocení
A	258	145	Koncentrace napětí se zmenšila	vyhovuje
B	362	330	Bodové napětí	vyhovuje

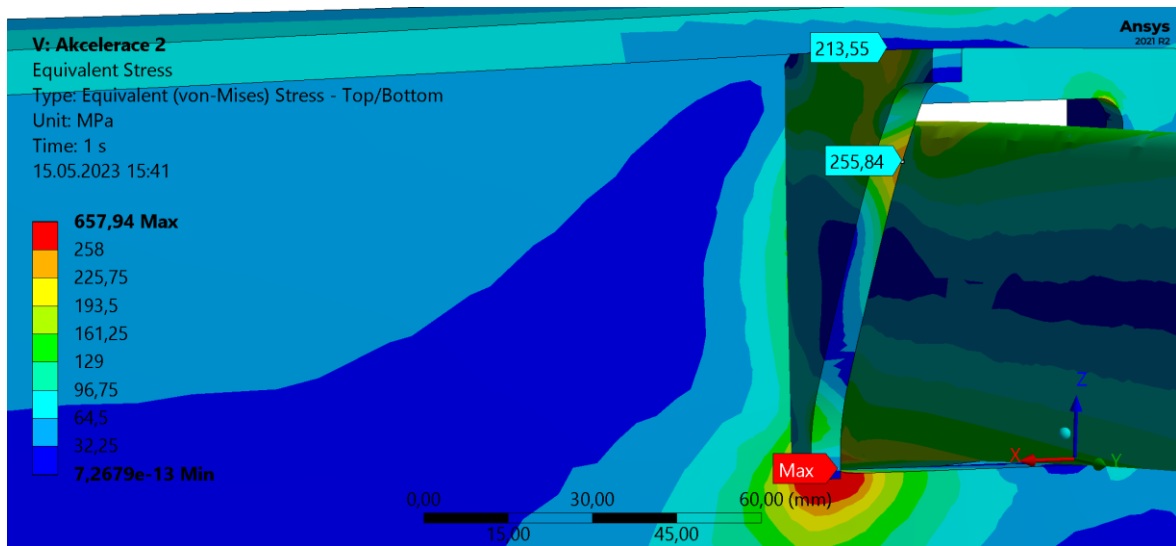
9.4. Zatáčka

Během zátěžného stavu simulující průjezd zatáčkou docházelo k překročení napětí opět kolem výřezů v podélníku. To bylo vyřešeno změnou materiálu podélníku a přidáním vhodných výztužných žebel.



Obr. 74.: Finální návrh – stav 4A

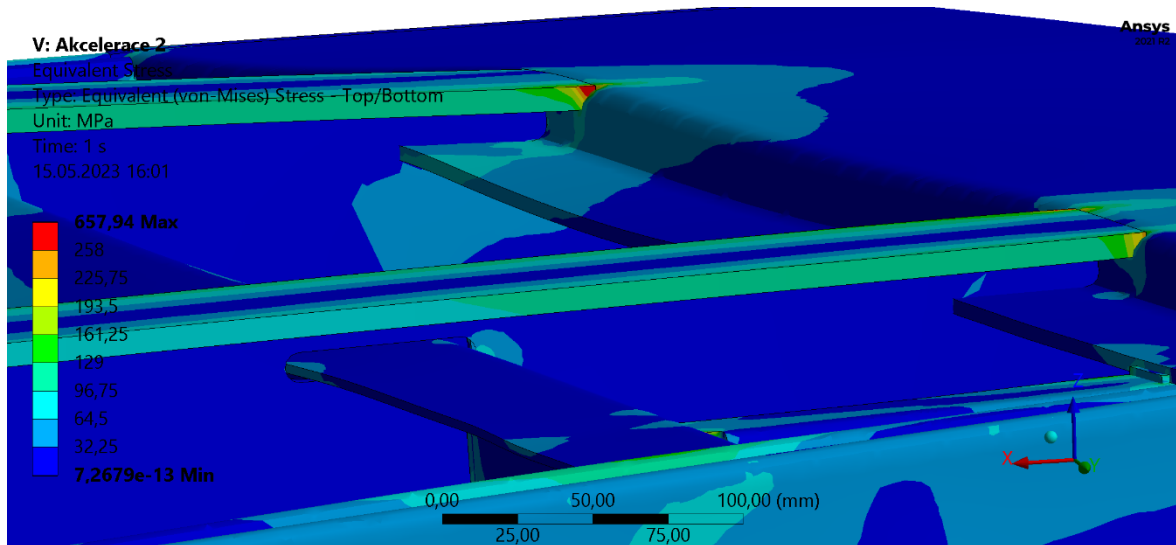
Měřítko deformace 15:1



Obr. 75.: Finální návrh – stav 4B

Měřítko deformace 15:1

Po úpravě geometrie výpočtového modelu v oblasti spojení podélníků se zadním čelem tak, aby horní pásnice a stojna byly spojeny s profilem zadního čela, již nedochází k překročení dovoleného napětí ve stojně.



Obr. 76.: Finální návrh – stav 4C

Měřítko deformace 15:1

Tab. 19.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 4

Zátěžný stav 4 – Zatáčka				
místo	$\sigma_D [N \cdot mm^{-2}]$	$\sigma [N \cdot mm^{-2}]$	Poznámka	hodnocení
A	362	310	Bodové napětí	vyhovuje
B	258	255	Vyhovující geometrie žebra	vyhovuje
C	362	420	Bodové napětí	vyhovuje

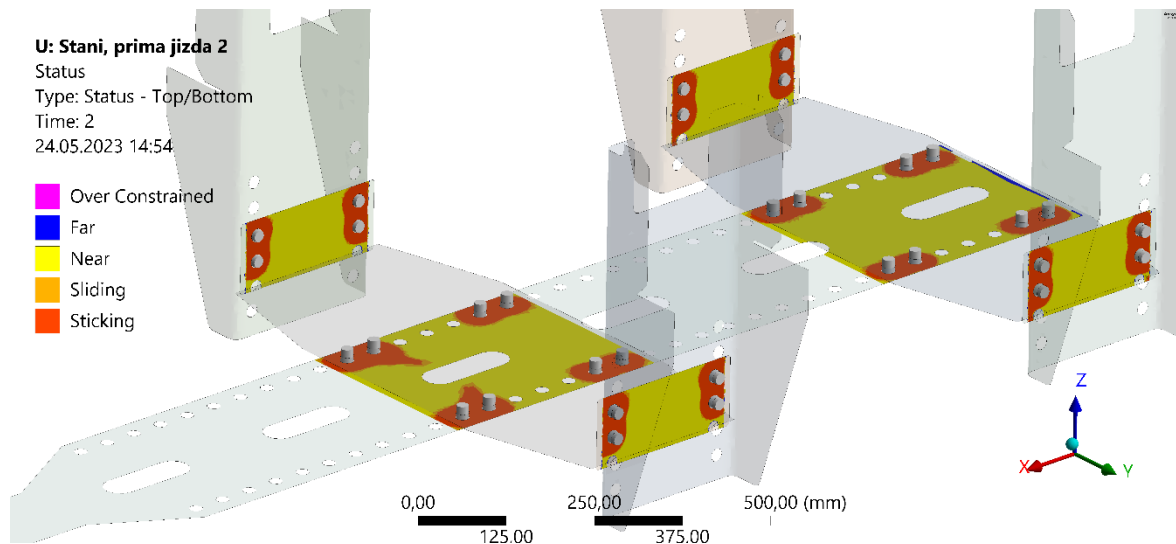
9.5. Vyhodnocení šroubových spojů oje

Šroubové spoje oje jsou jedním z nejkritičtějších míst rámu přívěsu. Přes tyto spoje se přenáší veškeré zatížení mezi přívěsem a tažným vozem.

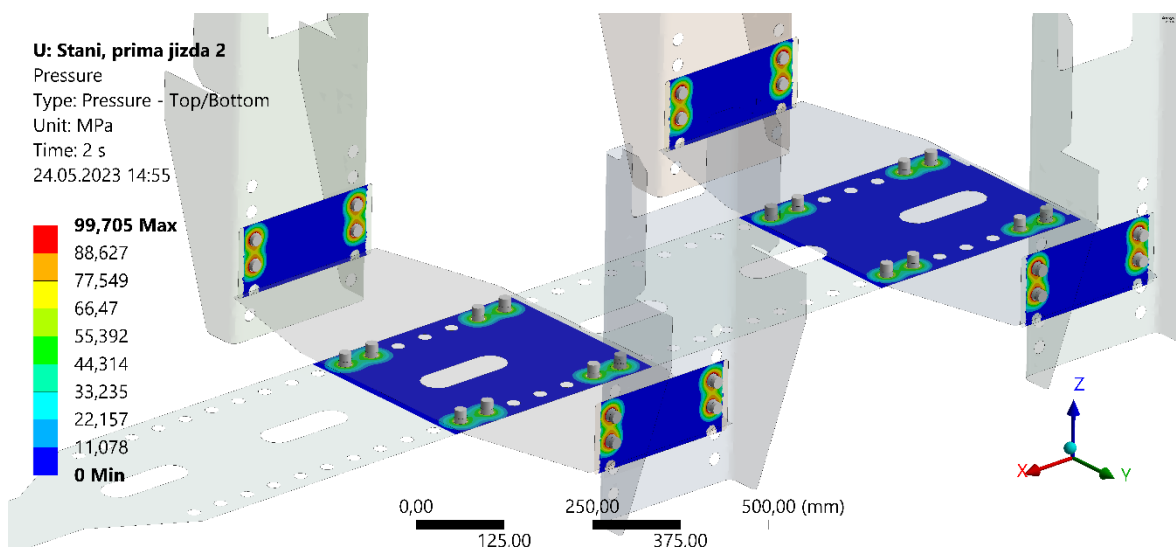
Jednotlivé šrouby byly vymodelovány jako „beam“ element mezi plochami podložek a bylo jim nastaveno požadované předpětí $F_q = 79,3 \text{ kN}$. Toto předpětí způsobí dostatečně velký kontaktní tlak v dosedacích plochách, který zamezí posouvání ploch po sobě. Na následujících obrázcích jsou znázorněny kontaktní plochy, kde pro každý zátěžný stav jsou výsledky typu kontaktu a kontaktního tlaku.

Z výsledků je patrné, že šroubové spoje dokáží přenést silové zatížení ve všech jízdních stavech, jelikož nedochází k výrazným změnám velikostí sevřených ploch (tmavě oranžové plochy) a kontaktních tlaků. Maximální hodnota kontaktního tlaku je $p_k = 101,86 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Tato hodnota je mnohem menší než maximální hodnota dovoleného kontaktního tlaku $p_G = 500 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ [7] pro použitý materiál.

- Stání, přímá jízda



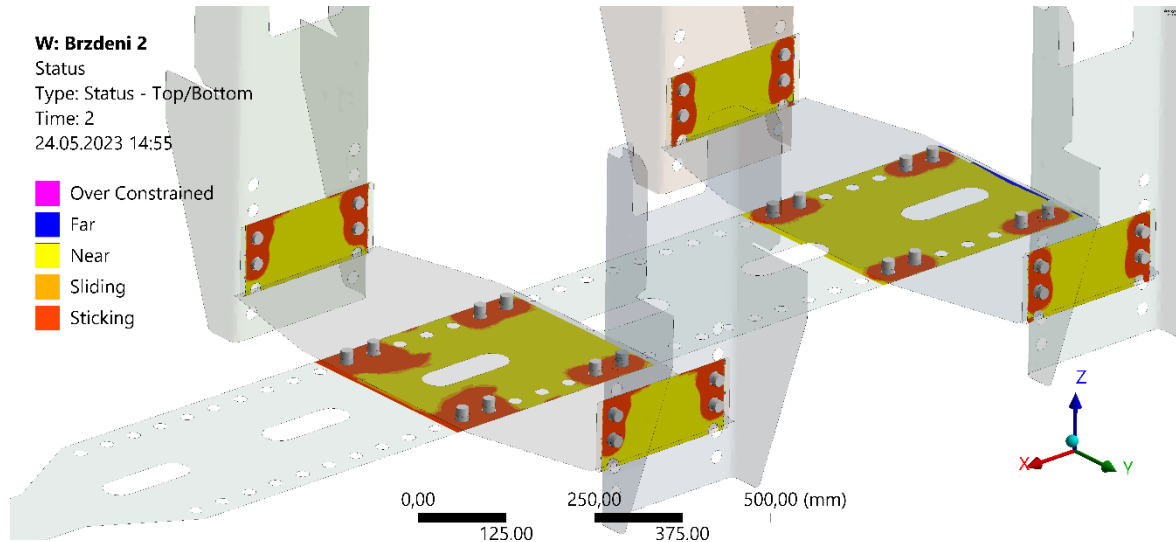
Obr. 77.: Kontaktní plochy – status 1



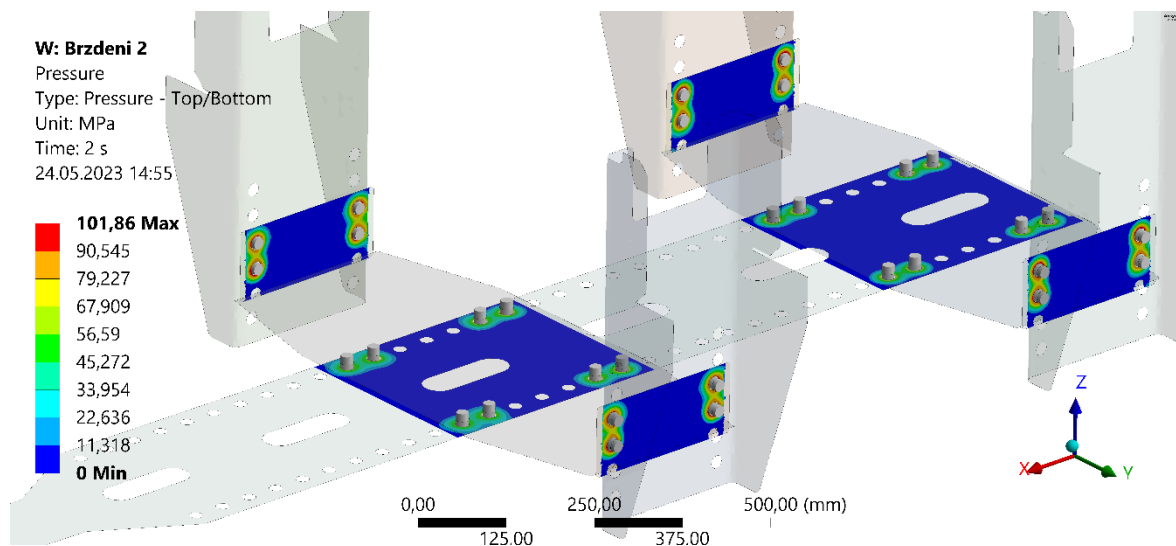
Obr. 78.: Kontaktní plochy – tlak 1

• **Brzdění**

Na (Obr. 79) je vidět, že se tmavě oranžové dotykové plochy v první řadě šroubových spojů zvětší během brzdění. To je způsobeno zvětšením namáhání přední hrany prvního příčnicku oje, kolem kterého dochází k ohybu oje. Toto namáhání není velké, jak je patrné z výsledků kontaktního tlaku. Důležitějším výsledkem je kontaktní tlak v poslední řadě šroubových spojů, který je téměř neměnný v porovnání se zátěžovým stavem, kdy na přívěs působí pouze tíhové zrychlení. Z toho vyplývá, že předpětí ve šroubech je dostatečné, protože nedochází k výraznému odlehčování žádného svěrného spoje.



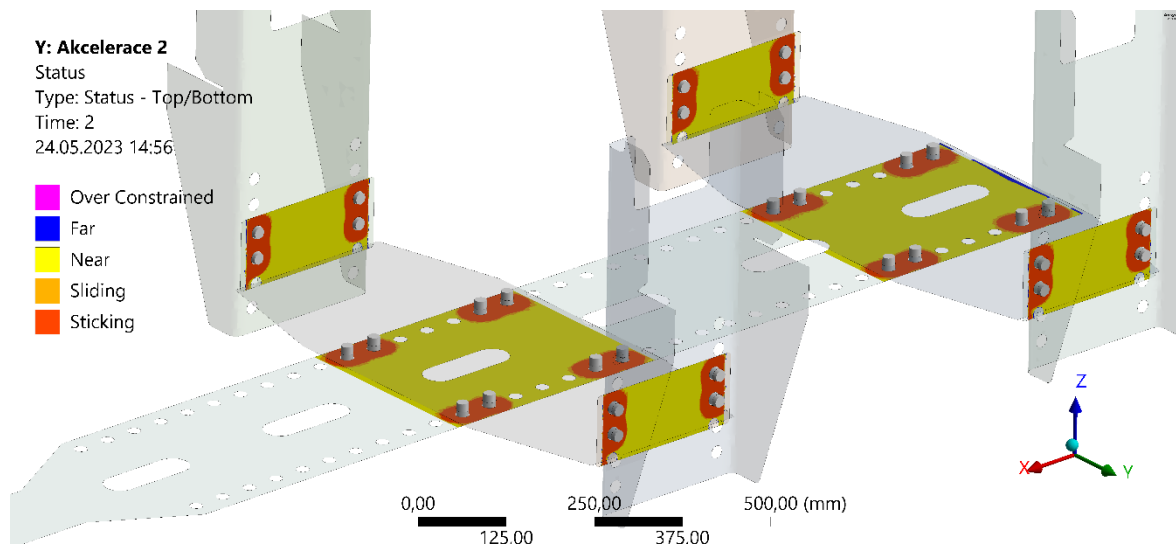
Obr. 79.: Kontaktní plochy – status 2



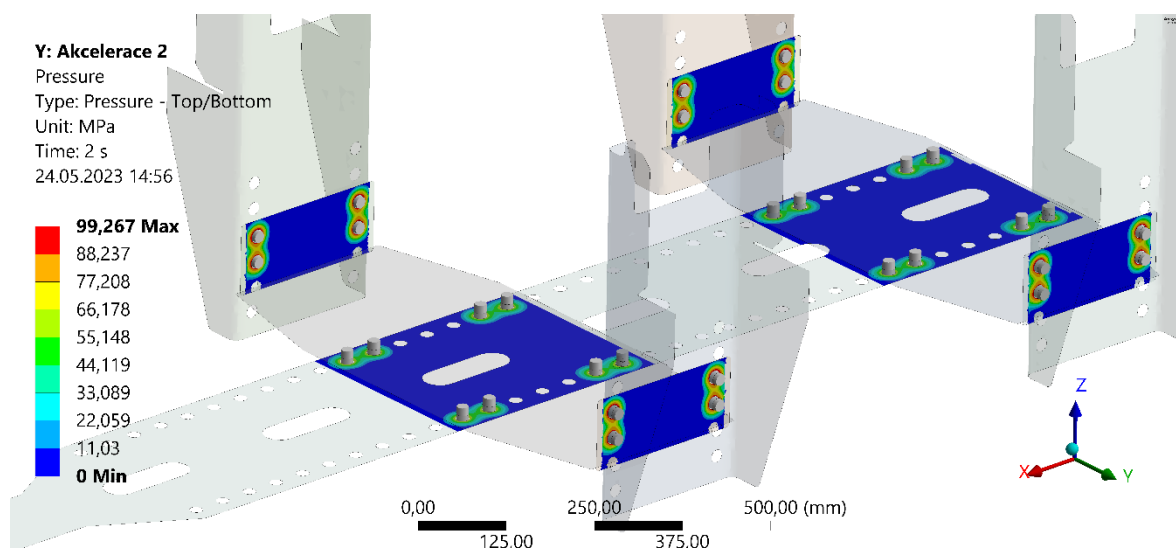
Obr. 80.: Kontaktní plochy – tlak 2

• **Akcelerace**

Z výsledků zátěžného stavu akcelerace je patrné, že v žádném místě nedochází k odlehčování svěrného spoje.



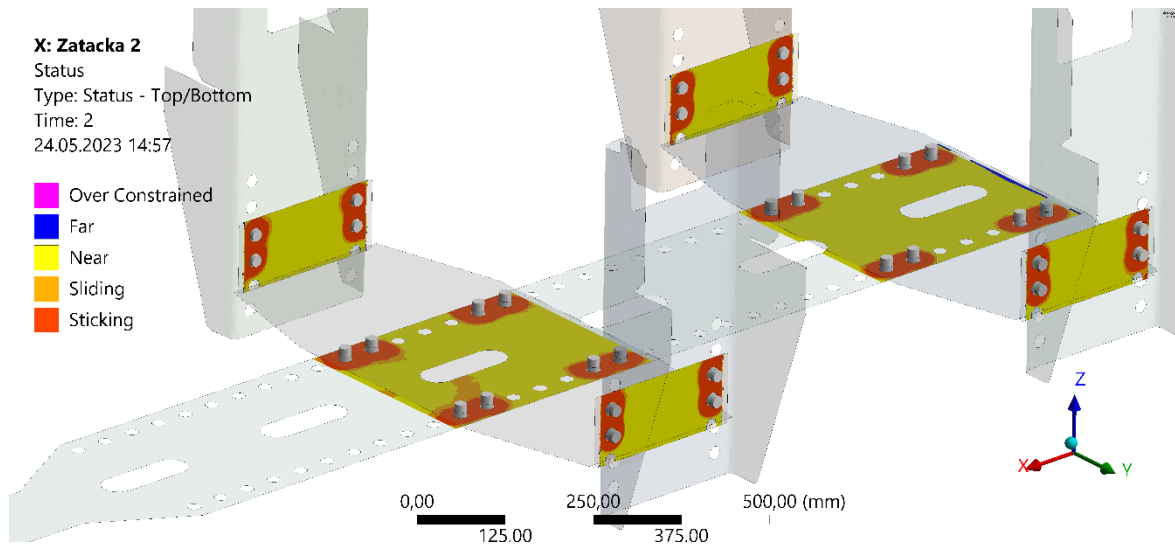
Obr. 81.: Kontaktní plochy – status 3



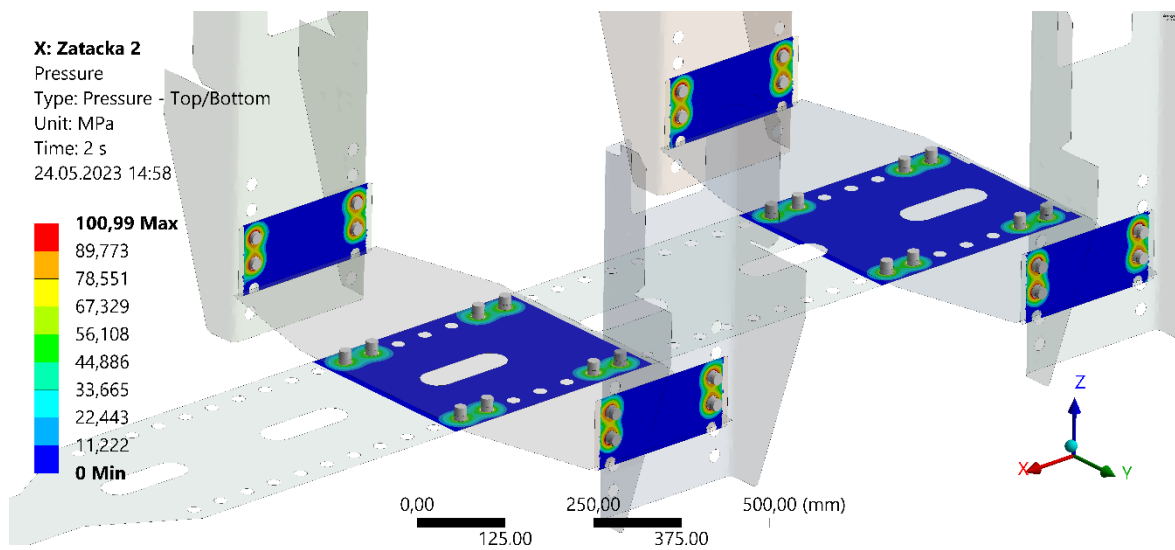
Obr. 82.: Kontaktní plochy – tlak 3

- Zatáčka

Z výsledků zátěžného stavu zatáčka je patrné, že v žádném místě nedochází k odlehčování svěrného spoje.



Obr. 83.: Kontaktní plochy – status 4



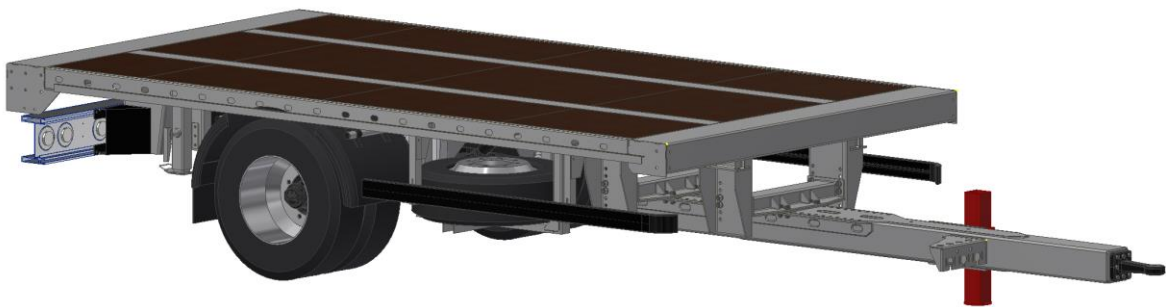
Obr. 84.: Kontaktní plochy – tlak 4

9.6. Zhodnocení výsledků finálního návrhu

Výpočtem všech zátěžných stavů bylo potvrzeno, že navržené úpravy konstrukce rámu byly správné a výrazně se neprojeví na prodražení výroby. Přidáním malých žeber na příčníky oje došlo ke značnému vyztužení při podélných zrychleních během akcelerace a brzdění. Díky změně materiálu svařovaných podélníků nedochází k překračování dovoleného napětí v místech kolem výřezů pro spojení s příčníky rámu. Změna materiálu dovoluje zachovat rozměry průřezu podélníků.

Všechny zátěžné stavy jsou simulovány na mezi nejhoršího případu. Například příčné zrychlení při simulaci průjezdu zatáčkou je téměř na hraně převrácení. Z toho lze usoudit, že takto velkým zrychlením nebude přívěs vystavován během svého provozu.

Během všech zátěžných stavů jsou kontaktní tlaky ve svěrných spojích téměř stejné a nedochází k odlehčování spoje. Lze tedy konstatovat, že zvolené šrouby M18x45 – 8.8 utahované utahovacím momentem $M_u = 300 \text{ N} \cdot \text{m}$ jsou vyhovující.



Obr. 85.: Pohled na 3D model přívěsu 1



Obr. 86.: Pohled na 3D model přívěsu 2

ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce byl proveden návrh podvozku jednoosého přívěsu.

V první kapitole práce jsou popsány jízdní soupravy, které se pohybují po veřejných komunikacích. Hlavním zástupcem je návěsná souprava, kdy tažným vozem je tahač a přívěsným vozem návěs. Dalším zástupcem je přívěsná souprava, kdy tažným vozem je automobilový podvozek a přívěsným vozem je přívěs. Tato kombinace se nazývá tandemová souprava. Pro zefektivnění nákladní dopravy se začínají používat kombinace návěsné soupravy a přívěsné soupravy. Díky tomu se ložná plocha nákladní soupravy zvětší a s náklady na provoz jednoho tažného vozu a mzdou jednoho řidiče je doprava mnohem efektivnější. Primární určení navrhovaného přívěsu v této diplomové práci je pro zapřažení za návěs. Takováto souprava měří na délku 22 metrů a nevztahuje se na ní omezení pro provoz pouze na dvouproudých komunikacích oddělených středovými svodidly.

Následuje kapitola, kde jsou popsány legislativní požadavky, které musí navrhovaný přívěs splňovat. Přívěs je zařazen do kategorie přípojných vozů O3. To znamená, že se jedná o přívěs, jehož hmotnost převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg. Do detailu jsou v této práci popsány požadavky na umístění osvětlení dle EHK.48, protože je na ně během homologace přívěsu brán velký zřetel.

V kapitole 4 této práce je popsána konstrukce navrhovaného přívěsu. Rám přívěsu je žebřinové konstrukce. Jeho základ tvoří dvojice svařovaných podélníků, které mají profil "I". Stojny těchto podélníků jsou vypalované s technologickými otvory pro přivaření příčniců, zámky pro snadné a přesně definované umístění výztužných žeber a otvory pro vedení kabelů a vzduchových hadic. Přední a zadní část přívěsu je zakončena čely, která jsou navrženy tak, že se jako hotové svařence vloží do již hotového základu rámu. Čela jsou připravena s vrtáním na sloupky nástavby, kterou bude přívěs osazen. Boky přívěsu jsou zakončeny obvodovým profilem s úchyty pro zajištění nákladu. Přívěs je vybaven výškově a délkově nastavitelnou ojí. Díky té lze snadno nastavit polohu tažného oka a není potřeba hýbat s usazením závěsu na tažném voze, kde nebývá příliš mnoho prostoru pro možnou změnu polohy.

Dále jsou v této části popsány všechny kupované součásti, kterými je přívěs osazen. Nejdůležitější z nich je nápravový agregát. Ten se skládá ze samotné nápravy osazené vzduchovými měchy, které plní funkci pružin a tlumiči. Nápravový agregát je k rámu uchycen pomocí konzol dodávaných výrobcem nápravy, které jsou přivařeny na spodní pásnice podélníků a vyztuženy ohýbanými plechy. Vzduchové měchy jsou připojeny k podélníkům přes dosedací plechy, jelikož je potřeba zajistit dostatečně velkou dosedací plochu. Popsány jsou všechny prvky vzduchového systému, který má dva okruhy. Jeden zajišťující dodávku tlakového vzduchu k brzdovým válcům a druhý zajišťující odpružení a výškovou nastavitelnost přívěsu.

V kapitole 5 jsou popsány jednotlivé zátěžové stavy, kterým bude přívěs během provozu vystavován. Jedná se o stavy stání/ přímá jízda, brzdění, akcelerace a jízda zatáčkou. Pro jednotlivé jízdny stavy jsou dopočítány zrychlení působící na přívěs přes součinitele dle normy ČSN EN 12195-1: Zajišťování břemen na silničních vozidlech – Bezpečnost – Část 1: Výpočet zajišťovacích sil.

Tvorba výpočetního modelu byla provedena pomocí střednicových ploch, jelikož je rám přívěsu tvořen normalizovanými tenkostěnnými profily a plechy, u kterých lze při výpočtu zanedbat tloušťku. Kupované součásti, jako je náprava a tažné oko, byly ve výpočtovém modelu nahrazeny tuhými pruty. Rám přívěsu byl zavazben v místě tažného oka a v místech zakončení nápravnice proti posuvným pohybům ve všech směrech.

Z výsledků napěťového výpočtu prvotního návrhu rámu byla určena problémová místa, kde docházelo k překročení dovoleného napětí. Problematickými místy ve všech zatěžovacích stavech byly výřezy pro příčnický ve stojnách podélníků. Zde docházelo k velkému kroucení stojny spolu s ohýbajícím se příčnickem. K velkým překročením dovoleného napětí docházelo na příčnicích oje při brzdění. Během tohoto stavu jsou zatíženy velkým ohybovým i kroutícím momentem.

Na základě výsledků prvotního návrhu byly navrženy úpravy konstrukce, díky kterým dojde k lepšímu rozložení napětí. Tyto změny jsou popsány v části 8. Hlavní úpravou je změna materiálu svařovaných podélníků z konstrukční oceli S355 J0 na vysokopevnostní ocel S500 MC. Zároveň byly výřezy ve stojnách vyztuženy upravenými žebry. Po provedení výpočtu upraveného rámu se ukázalo, že díky této kombinaci změn již nedochází k překračování dovoleného napětí okolo výřezů. Nový návrh příčnicku oje, který byl doplněn o výztužná žebra v oblasti šroubových spojů a byla na něm protažena spodní přípojná deska, kde se nyní nenachází velký koncentrátor napětí, vyhovuje dovolenému napětí.

Během návrhového procesu bylo provedeno kolem 80 výpočtů rámu s různými úpravami konstrukce nebo okrajových podmínek, aby bylo dosaženo výsledků, které se nejvíce blíží realitě a dalo se prohlásit, že rám přívěsu je provozuschopný na veřejných komunikacích.

Tento přívěs bude vyráběn od léta 2023 a stane prvním z nově plánovaného portfolia přívěsů vyráběných ve firmě Marmont s.r.o.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] *Zákon č. 56/2001 Sb. Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.* 10.1. 2001.
- [2] *Vyhláška č. 341/2014 Sb. Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.* 19.12.2014.
- [3] Legal requirements ECE 48 regulations. In: *ERMAX* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://en.ermak.dk/download>
- [4] JOST. *Produkte für Nutzfahrzeuge.* Neu-Isenburg.
- [5] *ČSN EN 12195-1 (300080) Zajišťování břemen na silničních vozidlech - Bezpečnost - Část 1: Výpočet zajišťovacích sil.* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [6] HUF, Bc. *Rám valníkového přívěsu.* Brno: Vysoké Učení Technické v Brně, 2016.
- [7] ING. JAN KANAVAL, Ph.D. *ŠROUBOVÉ SPOJE A ZÁVITOVÉ MECHANISMY.* Praha, 2021. Prezentace. ČVUT - Ústav konstruování a částí strojů.
- [8] Trailer Axles. *Bpwtranspec.com.au* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://bpwtranspec.com.au/products/bpw-axles/>
- [9] ROCKINGER dragöglä. *ABKATI* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://www.abkati.se/rockinger-dragogla-50-mm-roe-57244>
- [10] Přeprava. *ELFEIN* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://www.elflein.de/cs/preprava/>
- [11] GRIET DE CEUSTER, TML, TML TIM BREEMERSCH, TML BART VAN HERBRUGGEN et al. *Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC.* In: . European Commission. Directorate-General Energy and Transport, Brussels, 2008.
- [12] WABCO. *TEBS E - VERSIONEN E0 BIS E6.5.* 2022.
- [13] Digital showroom. *iaa.bpw* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://iaa.bpw.de/en/digital-showroom>
- [14] CONTINENTAL. Product Data Guide - Truck and Bus Tires. *Continental-tires* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://www.continental-tires.com/us/en/b2b/truck/tires/conti-hybrid-ht3.html?articleID=05322000000>
- [15] Osvětlení. *BPW Aftermarket* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://www.bpwonline.cz/osvetleni>
- [16] CARGOFRAMES. PROFIL U. In: *CARGOFRAMES* [online]. [cit. 2023]. Dostupné z: <https://cargoframes.eu/portfolio/profil-u/>
- [17] *Regulation No 13 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard*

to braking [2016/194]. In: . 2016. Dostupné také z:
<http://data.europa.eu/eli/reg/2016/194/oj>

- [18] HAACON. *NUTZFAHRZEUGTECHNIK - Competence in lifting technology.* Freudenberg/Main, 2019.
- [19] VLK, František. *Automobilová technická příručka.* Brno: František Vlk, 2003.
- [20] KOMMANDITGESELLSCHAFT, BPW. *Installation instruction BPW axles with air suspension series Airlight II / SL.* Wiehl.
- [21] CHALUPA, Pavel. *Pevnostní kontrola nákladního přívěsu HTV 18.* Brno: Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014.
- [22] ATYAKSHYN, Pavlo. *Návrh podvozku pro generátor G100.* Praha: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2020.
- [23] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory : hnací charakteristika : brzdění : odpruženost : říditelnost, ovladatelnost : stabilita.* Brno: František Vlk, 2000.
- [24] CARMEN OHLER, Ralph. *How can the legal requirements of ECE R 141 be easily implemented?.* 2023.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.: Souprava tahače s návěsem [10]	2
Obr. 2.: Souprava nákladního vozidla s přívěsem [10]	2
Obr. 3.: EMS soupravy [11]	2
Obr. 4.: Boční odrazky [3]	6
Obr. 5.: Boční obrysové světlo [3]	7
Obr. 6.: Reflexní pruhy [3]	7
Obr. 7.: Přední obrysová světla [3]	7
Obr. 8.: Přední odrazky [3]	8
Obr. 9.: Zadní Odrazky [3]	8
Obr. 10.: Zadní směrový ukazatel [3]	8
Obr. 11.: Zadní světlo [3]	9
Obr. 12.: Brzdové světlo [3]	9
Obr. 13.: Zadní couvací světlo [3]	9
Obr. 14.: Mlhové světlo [3]	10
Obr. 15.: Osvětlení registrační značky [3]	10
Obr. 16.: Sestava podvozku	11
Obr. 17.: Profil svařovaného podélníku	12
Obr. 18.: Vypalovaná stojna podélníku	12
Obr. 19.: Příčník	12
Obr. 20.: Obvodový profil [16]	13
Obr. 21.: Výřez v obvodovém profilu	13
Obr. 22.: Zadní čelo rámu	13
Obr. 23.: Uchycení nápravového agregátu	14
Obr. 24.: Zadní část přívěsu	15
Obr. 25.: Výsuvná oj	16
Obr. 26.: Sklopná podpěrná noha [18]	17
Obr. 27.: Zjednodušený výpočtový model	18
Obr. 28.: Průběh posouvající síly	18
Obr. 29.: Průběh ohybového momentu	19
Obr. 30.: Přípojná deska příčníku oje	19
Obr. 31.: Schéma výpočtu sil na tažné oko [4]	21
Obr. 32.: Tažné oko ROCKINGER 50 mm ROE 57244 [9]	21
Obr. 33.: Náprava BPW s bubnovými brzdami [8]	22
Obr. 34.: Náprava BPW s kotoučovými brzdami [13]	23
Obr. 35.: Sběrnice dat [24]	24
Obr. 36.: Umístění TPMS čidel na disku [24]	24
Obr. 37.: Brzdová soustava Trailer EBS E [12]	25
Obr. 38.: Smartboard [12]	25
Obr. 39.: eTASC [12]	25
Obr. 40.: PREV [12]	25
Obr. 41.: Sklopný nárazník trubkový Marmont SN TR 01	26
Obr. 42.: Sklopný nárazník ERMAX	26
Obr. 43.: Boční obrysové světlo [15]	27
Obr. 44.: Přední obrysové světlo [15]	27
Obr. 45.: Pneumatika Conti Hybrid HT3 [14]	27
Obr. 46.: Rozložení desek podlahy	28
Obr. 47.: Požadované hodnoty poměru brzděné a normálové síly v závislosti na brzděném tlaku [17]	30
Obr. 48.: Klopení přívěsu	31
Obr. 49.: Vysítovaný model přívěsu	32
Obr. 50.: Náhrada tažného oka	33
Obr. 51.: Náhrada nápravy	34
Obr. 52.: Schéma sil na nápravě [20]	34



Obr. 53.: Náhrada nákladu	35
Obr. 54.: Prvotní návrh – stav 1A.....	37
Obr. 55.: Prvotní návrh – 1B	38
Obr. 56.: Prvotní návrh – 1C	38
Obr. 57.: Prvotní návrh – stav 2A.....	39
Obr. 58.: Prvotní návrh – stav 2B.....	39
Obr. 59.: Prvotní návrh – stav 2C.....	40
Obr. 60.: Prvotní návrh – stav 3A.....	41
Obr. 61.: Prvotní návrh stav – 3B.....	41
Obr. 62.: Prvotní návrh – stav 4A.....	42
Obr. 63.: Prvotní návrh – stav 4B.....	42
Obr. 64.: Prvotní návrh – stav 4C.....	43
Obr. 65.: Výztužné žebro příčníků	44
Obr. 66.: Nové připojení konzol nápravy.....	45
Obr. 67.: Upravený příčník oje.....	45
Obr. 68.: Finální návrh – 1C	46
Obr. 69.: Finální návrh – stav 2A.....	47
Obr. 70.: Finální návrh – stav 2B.....	47
Obr. 71.: Finální návrh – stav 2C.....	48
Obr. 72.: Finální návrh – stav 3A.....	48
Obr. 73.: Finální návrh – stav 3B.....	49
Obr. 74.: Finální návrh – stav 4A.....	49
Obr. 75.: Finální návrh – stav 4B.....	50
Obr. 76.: Finální návrh – stav 4C.....	50
Obr. 77.: Kontaktní plochy – status 1	51
Obr. 78.: Kontaktní plochy – tlak 1	51
Obr. 79.: Kontaktní plochy – status 2	52
Obr. 80.: Kontaktní plochy – tlak 2	52
Obr. 81.: Kontaktní plochy – status 3	53
Obr. 82.: Kontaktní plochy – tlak 3	53
Obr. 83.: Kontaktní plochy – status 4	54
Obr. 84.: Kontaktní plochy – tlak 4	54
Obr. 85.: Pohled na 3D model přívěsu 1.....	55
Obr. 86.: Pohled na 3D model přívěsu 2.....	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.: Technické údaje podvozku.....	11
Tab. 2.: Nastavitelnost oje	16
Tab. 3.: Zatížení příčníků oje	17
Tab. 4.: Zatížení šroubů přípojně desky.....	20
Tab. 5.: Přehled vlastností použitých materiálů	20
Tab. 6.: Rozměry desek podlahy	28
Tab. 7.: Koeficienty zrychlení v průběhu silniční dopravy [5]	29
Tab. 8.: Shrnutí zatěžovacích stavů	36
Tab. 9.: Maximální dovolená napětí materiálů.....	36
Tab. 10.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 1	38
Tab. 11.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 2	40
Tab. 12.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 3	41
Tab. 13.: Zhodnocení výsledků prvotního návrhu – stav 4	43
Tab. 14.: Mechanické vlastnosti S500 MC	44
Tab. 15.: Maximální dovolená napětí materiálů.....	45
Tab. 16.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 1.....	46
Tab. 17.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 2.....	48
Tab. 18.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 3.....	49
Tab. 19.: Zhodnocení výsledků finálního návrhu – stav 4.....	50

SEZNAM PŘÍLOH

Zátěžový stav – Stání/ přímá jízda 1	P1
Zátěžový stav – Brzdění 1	P2
Zátěžový stav – Akcelerace 1	P3
Zátěžový stav – Zatáčka 1	P4
Zátěžový stav – Stání/ přímá jízda 2	P5
Zátěžový stav – Brzdění 2	P6
Zátěžový stav – Akcelerace 2	P7
Zátěžový stav – Zatáčka 2	P8
Katalogový list nápravy – AL II – TSB.0	P9
3D model osazeného přívěsu (STEP)	P10

SEZNAM VÝKRESŮ

Podvozek marmont 10t	DP-00-00-00
Rám podvozku	DP-01-00-00
Základ rámu	DP-01-01-00
Šroubovaná oj	DP-02-00-00
Příčník oje	DP-03-00-00
Zadní podpěrná noha	DP-04-00-00
Koš rezervy	DP-05-00-00
Držák blatníku	DP-06-00-00

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	$[m \cdot s^{-2}]$	Svislé zrychlení v tažném oku vozů se vzduchovým pérováním
a_a	$[m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení při akceleraci
a_{b1}	$[m \cdot s^{-2}]$	Brzdné zrychlení 1
a_{b2}	$[m \cdot s^{-2}]$	Brzdné zrychlení 2
a_{o1}	$[m \cdot s^{-2}]$	Odstředivé zrychlení 1
a_{o2}	$[m \cdot s^{-2}]$	Odstředivé zrychlení 2
a_x	$[m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení ve směru x
a_y	$[m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení ve směru y
a_z	$[m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení ve směru z
b	$[mm]$	Rozchod
C	$[t]$	Hmotnost přívěsu
CEV		Uhlíkový ekvivalent
$c_{xvpřed}$	$[-]$	Koeficient zrychlení vpřed
c_{xvzad}	$[-]$	Koeficient zrychlení vzad
c_y	$[-]$	Koeficient příčného zrychlení
D_C	$[kN]$	Tažná síla
E	$[MPa]$	Modul pružnosti v tahu
EBS		Electronic Braking System
EHS		Evropské hospodářské společenství
EHK		Evropská hospodářská komise
EMS		Europe Modular System
eTASC		electronic trailer air suspension valve
ES		Evropské společenství
f	$[-]$	Součinitel tření
F_{Ci}	$[N]$	Celkové zatížení v místě šroubu
F_g	$[N]$	Tíha přívěsu
F_L	$[N]$	Síla působící na měch
F_{Mi}	$[N]$	Zatížení šroubů od ohybového momentu
F_N	$[N]$	Síla působící na nápravu
F_o	$[N]$	Odstředivá síla
F_{qi}	$[N]$	Potřebné osově předpětí šroubu
F_{ri}	$[N]$	Zatížení šroubů od posouvající síly
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení Země
h	$[mm]$	Výška těžiště
k_{D1}	$[-]$	Součinitel dynamické bezpečnosti 1
k_{D2}	$[-]$	Součinitel dynamické bezpečnosti 2
k_m	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost měchu
l	$[mm]$	Vzdálenost mezi nápravou a tažným okem
L_{LP}	$[mm]$	Délka ložné plochy
L_1	$[mm]$	Vzdálenost nápravnice od čepu
L_2	$[mm]$	Vzdálenost nápravnice od středu měchu
m	$[kg]$	Maximální hmotnost přívěsu
M_o	$[N \cdot mm]$	Ohybový moment
M_u	$[N \cdot mm]$	Utahovací moment
n	$[-]$	Počet šroubů
p_G	$[MPa]$	Maximální dovolený kontaktní tlak
p_k	$[MPa]$	Kontaktní tlak
PREV		Park Release Emergency Valve
q	$[N \cdot mm^{-1}]$	Spojité zatížení přívěsu
R_e	$[MPa]$	Mez kluzu



r_i	[mm]	Vzdálenost díry pro šroub
R_m	[MPa]	Mez pevnosti
RUPD		Rear underrun protection device
T	[t]	Hmotnost tažného vozu
TPMS		Tire Pressure Monitoring System
T_Z	[N]	Posouvající síla
V	[kN]	Svislá síla na tažné oko
X	[mm]	Délka ložné plochy
γ_M	[-]	Součinitel dílčí spolehlivosti materiálu
σ_{D1}	[MPa]	Dovolené napětí
σ_{D2}	[MPa]	Dovolené napětí
σ_{yd}	[MPa]	Dovolené napětí

P1

Anslys
2021 R2

J: Stani, prima jizda 1

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

17.05.2023 18:10

391,56 Max



182

159,25

136,5

113,75

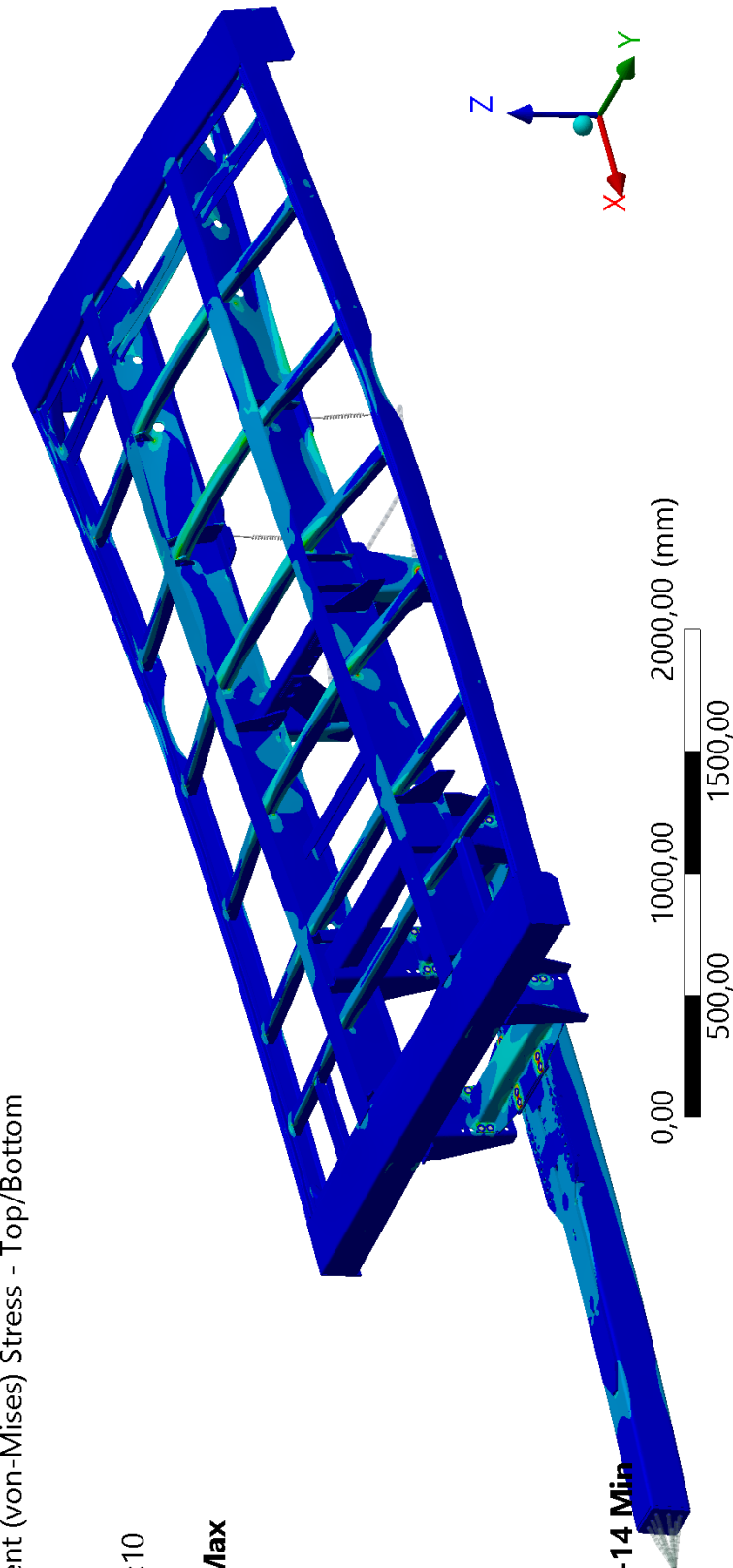
91

68,25

45,5

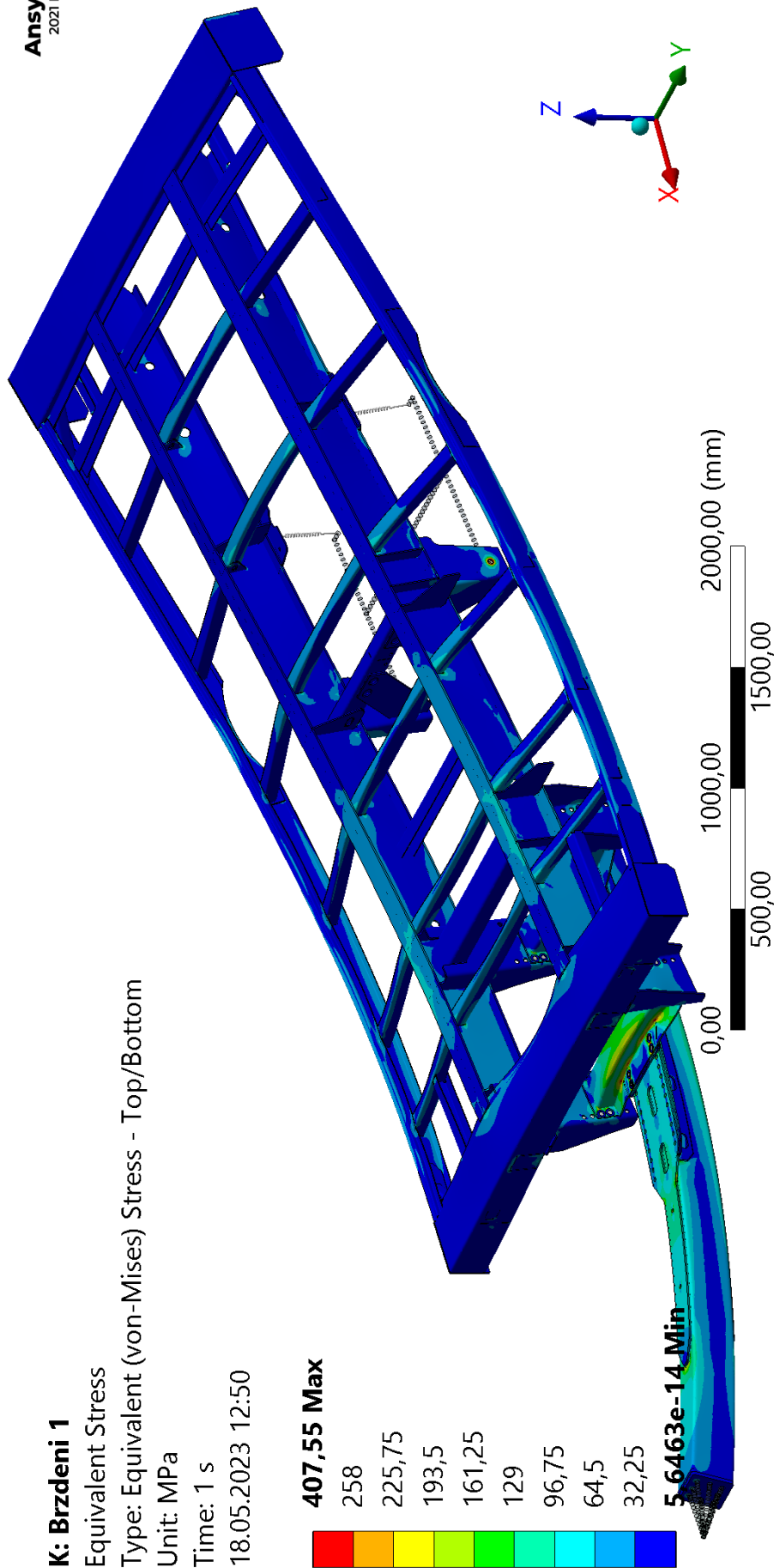
22,75

4,2606e-14 Min



P2

Ansys
2021 R2



P3

Ansys
2021 R2

L: Akcelerace 1

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

18.05.2023 12:51

385,05 Max

258

225,75

193,5

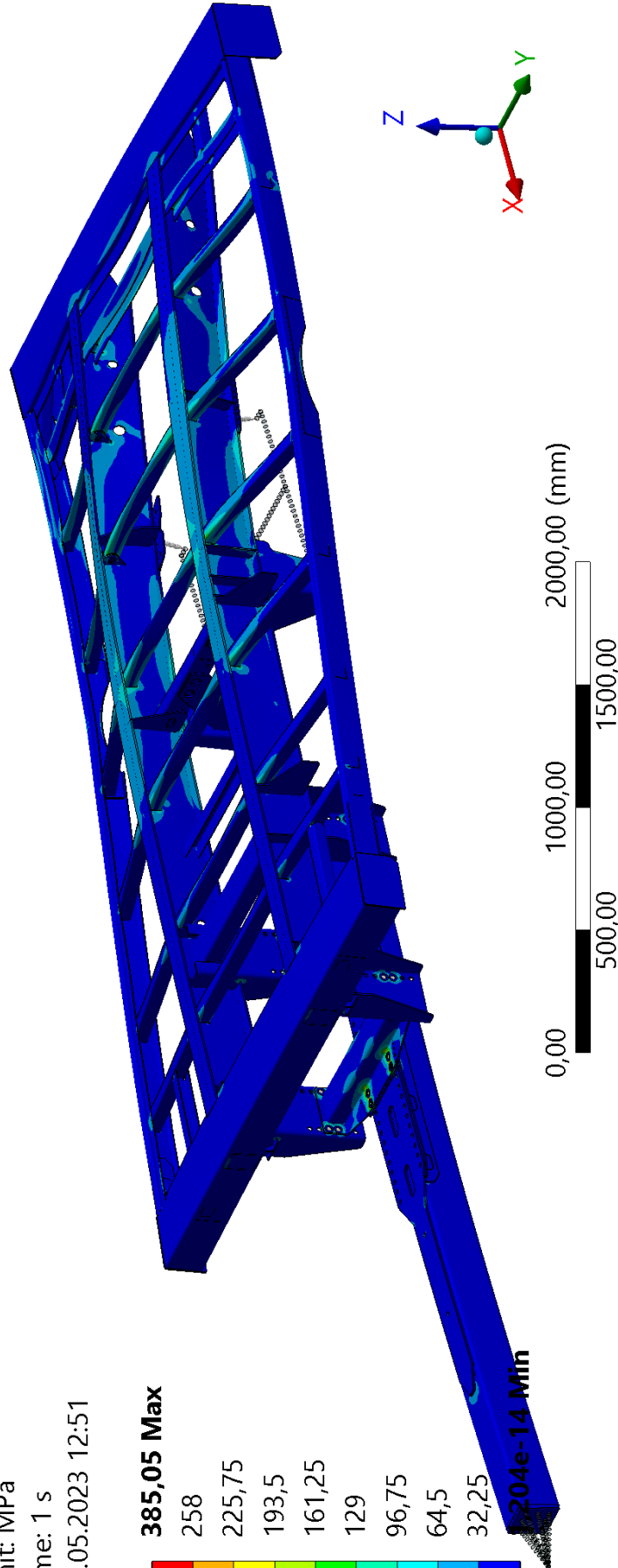
161,25

129

96,75

64,5

32,25



204e-14 Min

P4

Ansys
2021 R2

M: Zatacka 1

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

18.05.2023 12:51

558,15 Max



258

225,75

193,5

161,25

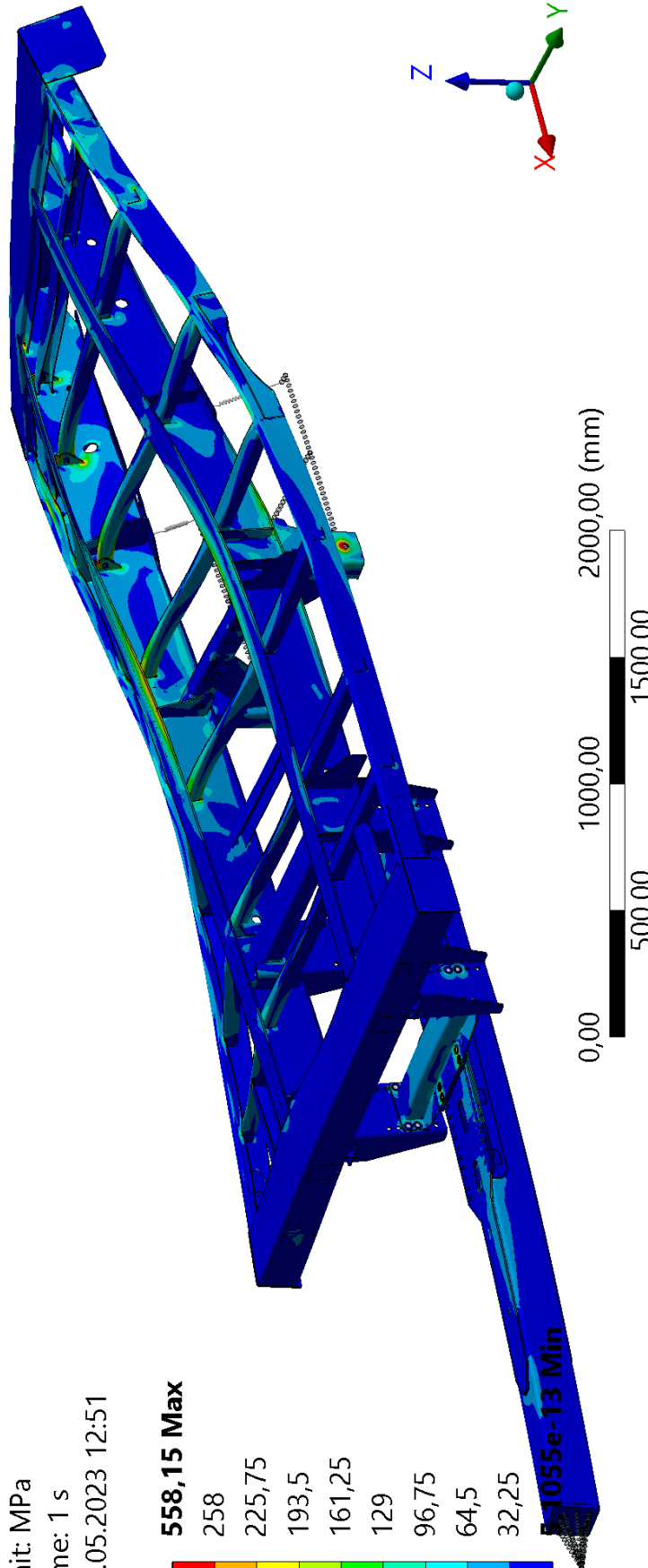
129

96,75

64,5

32,25

1,055e-13 Min



P5

T: Stani, prima jizda 2

Equivalent Stress

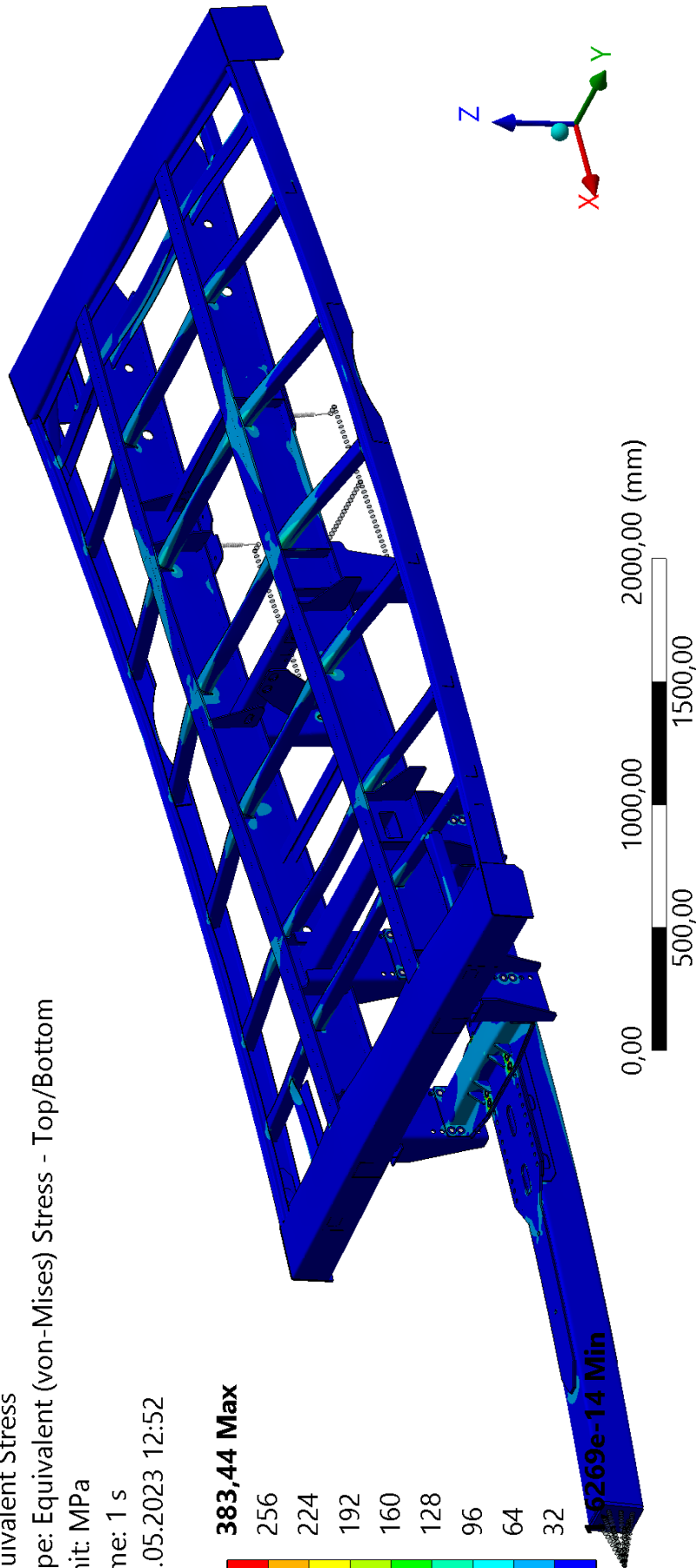
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

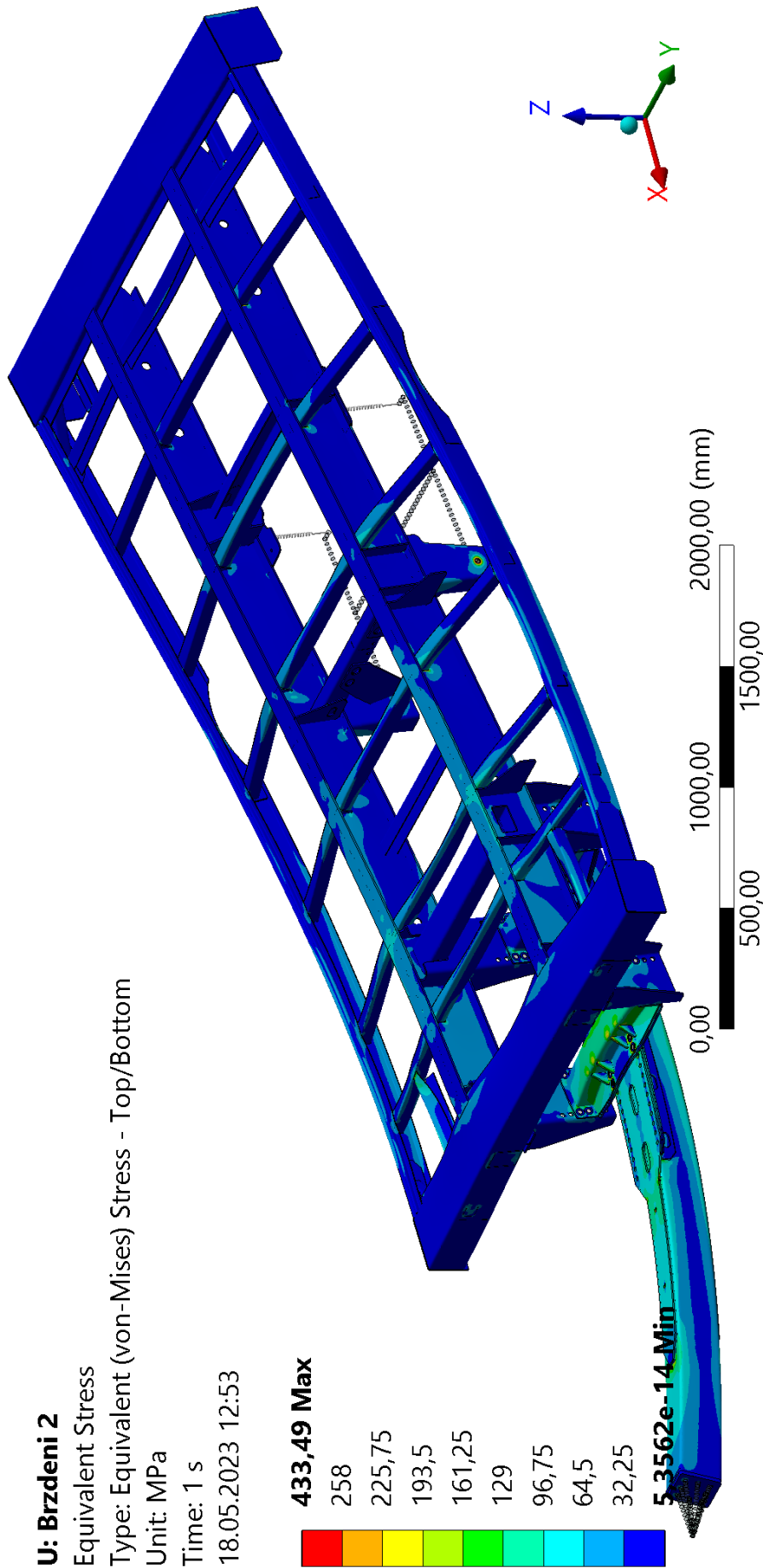
Time: 1 s

18.05.2023 12:52

383,44 Max



P6



P7

Ansys
2021 R2

W: Akcelerace 2

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

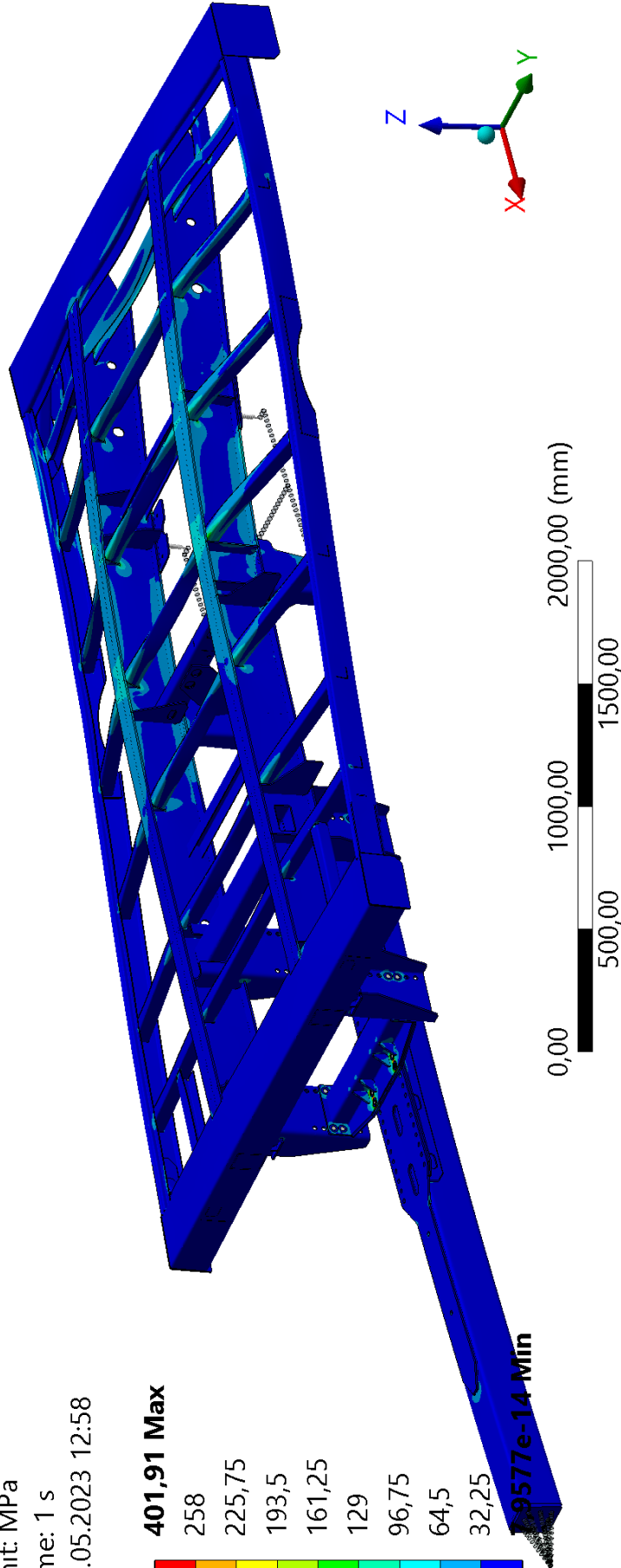
Unit: MPa

Time: 1 s

18.05.2023 12:58

401,91 Max

258
225,75
193,5
161,25
129
96,75
64,5
32,25



9577e-14 Min

P8

Ansys
2021 R2

V: Zatacka 2

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

18.05.2023 12:58

596,28 Max

258

225,75

193,5

161,25

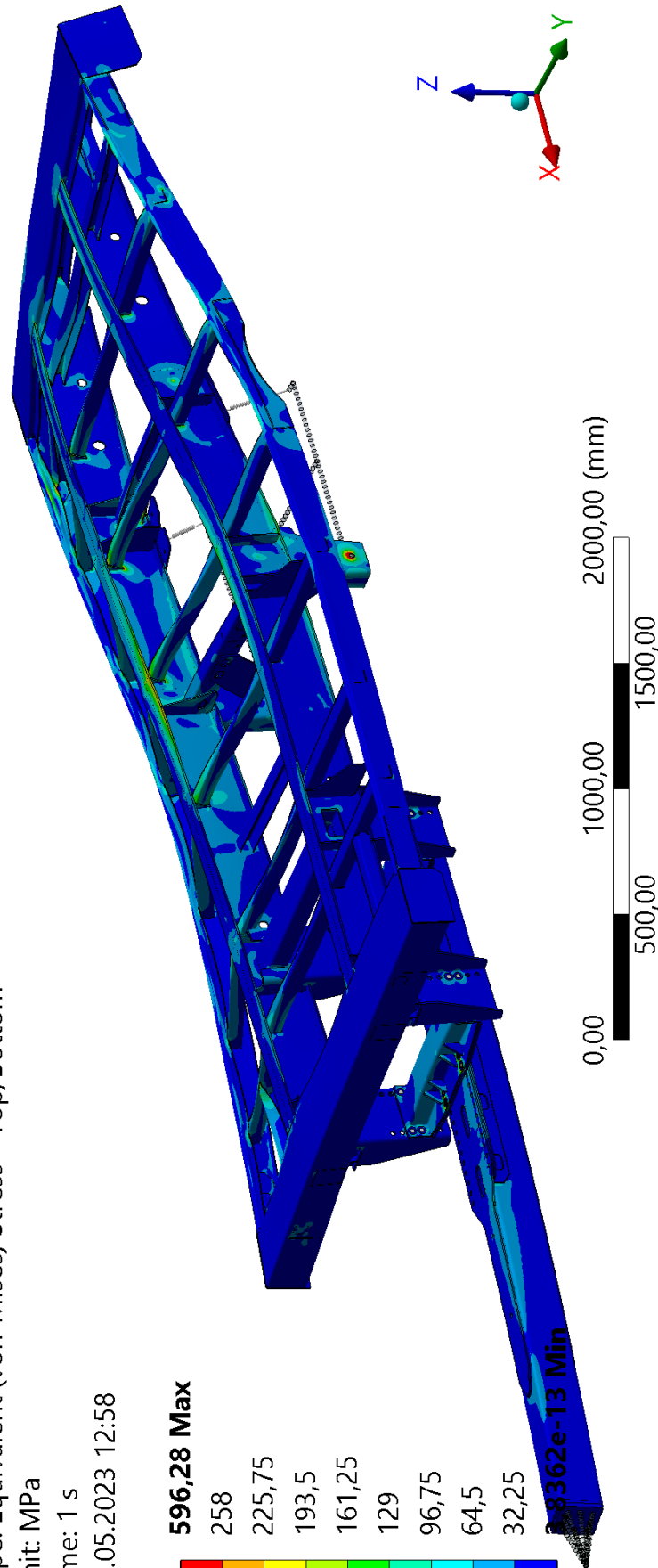
129

96,75

64,5

32,25

2,3362e-13 Min



P9

Airlight II

Air suspension axles with disc brake TSB 3709 (9t)
Series ALM / ALMT, air bag 36 / 36K

AL II - TSB.0
Sheet 9

Only use authorised brake cylinders with internal seal max. Ø 191 mm

Line	Series	for single axles		for axle units		adjustable ride height FH		Total spring travel (G ¹⁾)		Air bag type BPW	Shock absorber 02.37 ...	Hanger bracket				Shock absorber mounting
		ALMT	ALM	245 - 290	255 - 290	min. FH with axle raised	empty without air	loaded without air	ST			C	E	G	D	
1 ²⁾	ALMT	245 - 290	255 - 290	285	185	170	190	36K	...22.89.02	184	86	240	83	70	35	
2 ²⁾	ALMT	270 - 310	280 - 310	310	210	195	220	36	...22.89.02	184	86	240	83	70	35	
3	ALMT	280 - 325	290 - 325	320	220	205	190	36K	...22.83.02	268	80	258	83	55	35	
4 ²⁾	ALM	300 - 340	310 - 340	340	225	190	190	36K	...22.83.02	184	86	240	83	70	35	
5	ALMT	305 - 360	315 - 360	345	245	230	220	36	...22.83.02	268	80	258	83	55	35	
6	ALM	340 - 390	350 - 390	380	280	265	190	36K	...22.83.02	268	80	258	83	90	35	
7	ALM	365 - 420	375 - 420	405	305	290	220	36	...22.83.02	268	80	258	83	90	35	

¹⁾ Lifting heights acc. to TD1242.0
²⁾ Only suitable for semi-trailers / Centre axle drawbar trailer

Axle type	Track SP with axle type		Spring centre FM	Air bag centre BM V=80	Tyres recommended	
	...9010	...9008			10 bolts	8 bolts
SKHBF... 9010	2040	---	1200	1040	385/65 R22,5	---
	2095	---	1300	1140	385/65 R22,5	
	2140	---	1400	1240	445/45 R19,5 ⁴⁾	
SKHSF... 9010 / 9008	2040	2045	1200	1040	385/65 R19,5 ³⁾	385/65 R19,5 ⁴⁾ 445/45 R19,5 ⁴⁾
	2095	2100	1300	1140	435/50 R19,5 ⁴⁾	
	2140	2145	1400	1240	445/45 R19,5 ⁴⁾	
SKHZE... 9010 / 9008	1820	1825	900	740	275/70 R22,5	265/70 R19,5
	1880	1885	980	820		
	1920	1925	980	820		

³⁾ The loading rating of the tyre mentioned in the drawing is in no relation to the axle load capacity. It is dependent on the information from the tyre manufacturer.
⁴⁾ Note the maximum total width.

- > Max. inclination angle of the semitrailer under full load and lowest adjustable ride height ±1°
- > With trailing arm L1=500 / L2=380, bag pressures acc. to TE1189.0 Sheet 11
- > The hanger brackets, air bag supports and the frame must be reinforced so that the forces applied can be absorbed. See the current BPW installation instructions.

Rev. 2 (10) 11.10.2016
Subject to change without notice.