



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## NÁVĚS PRO PŘEVOZ VOZIDEL

SEMI-TRAILER FOR A VEHICLE TRANSPORT

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Milan Švec

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2021

## Zadaní diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Bc. Milan Švec</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2020/21

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

### Návěs pro převoz vozidel

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení konstrukčního návrhu návěsu pro převoz vozidel. Konstrukční návrh bude zohledňovat zákonné požadavky pro tento typ stroje z hlediska bezpečnostních prvků. Součástí práce bude pevnostní kontrola zahrnující případné návrhy úprav konstrukce pro bezpečnou dopravu.

Základní technické parametry:

Maximální přípustná celková hmotnost 5500 kg.

Rozměry ložné plochy:

Délka cca 7000 mm + cca 2130 mm nad královským čepem.

Šířka cca 2140 mm.

Výška nad zemí cca 640 / 600 mm (prázdný / naložený).

Ložná plocha pro převoz aut, vzadu zešíkmená (podlaha z hliníkových profilů).

Nájezdy skládací pro zátěž v páru 2000 kg, umístěné na ploše nad královským čepem.

Zapuštěné kotvicí misky s pogumovaným třmenem na krajích ložné plochy.

Tři brzděné nápravy, ovládání brzd vzduchokapalinovým převodníkem.

**Cíle diplomové práce:**

Kritická rešerše legislativních požadavků u návěsů pro převoz vozidel.  
Návrh a popis konstrukce a konstrukčních celků.  
Provedení pevnostní analýzy konstrukce pro definované zátěžné stavy.  
Případné provedení úprav původní konstrukce.  
Případná pevnostní kontrola modifikované konstrukce.  
Celková sestava návěsu pro převoz vozidel.  
Podsestava rámu návěsu.  
Dílenské výrobní výkresy.

**Seznam doporučené literatury:**

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.  
PTÁČEK, Petr a Aleš KAPLÁNEK. Přeprava nákladu v silniční nákladní dopravě. Brno: CERM, 2002. ISBN 8072042572.  
VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.  
BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 9788086726526.  
LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

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

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh návěsu pro převoz vozidel po pozemních komunikacích. Konstrukční návrh splňuje platné legislativní požadavky pro danou kategorii přípojného vozidla. Jednou z hlavních částí diplomové práce je kontrola nosného rámu návěsu pomocí metody konečných prvků. Na základě provedené pevnostní kontroly je původní rám upraven a pevnostní kontrola zopakována. Součástí práce je také výkresová dokumentace.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Návěs, převoz vozidel, nosný rám, pevnostní kontrola, metoda konečných prvků

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis is the construction design of a semi – trailer for the purpose of road – based vehicle transportation. The construction design is complaint to the applicable legislative requirements for the corresponding trailer category. The main part of the thesis focuses on strength analysis of a semi – trailer frame using finite element method. Based on strength analysis of the semi – trailer frame, the original frame is adjusted and further optimized through subsequent analyses. The thesis additionally contains the drawing documentation.

## **KEYWORDS**

Semi – trailer, transport vehicles, supporting frame, strength analysis, finite element method

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVEC, Milan. *Návěs pro převoz vozidel*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131631>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a společnosti Vezeko s.r.o. s použitím svých znalostí a literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21. května 2021

.....

Milan Švec

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval konstrukčnímu oddělení společnosti Vezeko s.r.o. za poskytnutí příležitosti vypracování diplomové práce, podkladů a informací. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za udělení cenných rad a připomínek. Poděkování patří také mé rodině a mým přátelům za podporu během celého studia.

# OBSAH

Úvod.....	10
<b>1 Přeprava motorových vozidel .....</b>	<b>11</b>
1.1 Přívěs .....	11
1.1.1 Přívěsy s točnicí .....	11
1.1.2 Přívěsy s tuhou ojí.....	12
1.2 Návěs .....	13
1.3 Nákladní automobil s valníkovou nástavbou .....	14
<b>2 Přepravovaná motorová vozidla.....</b>	<b>15</b>
2.1 Kategorie silničních vozidel.....	15
2.2 Nákladní motorové vozidlo N1, N2 .....	15
2.2.1 Iveco Daily 35C15V – Van 4×2 .....	16
2.2.2 Iveco Daily 40C15V – Van 4×2 .....	20
<b>3 Legislativní požadavky .....</b>	<b>25</b>
3.1 Vyhláška č. 341/2014 Sb.....	25
3.1.1 Příloha č. 2 .....	26
3.2 Vyhláška č. 209/2018 Sb.....	26
3.3 Další zákony, vyhlášky a předpisy .....	27
<b>4 Popis konstrukce návěsu .....</b>	<b>28</b>
4.1 Nosný rám .....	29
4.1.1 Popis konstrukce nosného rámu.....	30
4.2 Náprava .....	32
4.2.1 Brzdy.....	34
4.3 Podlaha .....	34
4.4 Kola, Rezervní kola, Ochrana proti rozstříku.....	36
4.5 Návěsový čep .....	37
4.6 Osvětlení návěsu.....	37
4.7 Nájezdy a další příslušenství .....	37
<b>5 Zatěžovací stavy .....</b>	<b>39</b>
5.1 Stání, přímá jízda.....	39
5.2 Akcelerace .....	40
5.3 Průjezd zatáčkou.....	40
5.4 Brzdění .....	41
5.4.1 Vyrovnané brzdění .....	41
5.4.2 Brzdění pouze tažným vozidlem.....	41
5.4.3 Brzdění pouze návěsem .....	42
5.5 Kombinace zatěžovacích stavů .....	44
5.6 Nakládka.....	44
<b>6 Výpočet mezních stavů únosnosti .....</b>	<b>45</b>
6.1 Konstrukční ocel S235JR (ČSN 11373).....	45
6.2 Konstrukční ocel S355J0 (ČSN 11523) .....	46



<b>7</b>	<b>Pevnostní kontrola rámu.....</b>	<b>47</b>
7.1	Tvorba modelu nosného rámu .....	47
7.2	Nahrazení přepravovaných nákladních motorových vozidel.....	48
7.2.1	Poloha těžiště a nahrazení motorového vozidla N1 .....	49
7.2.2	Poloha těžiště a nahrazení motorového vozidla N2 .....	50
7.3	Nahrazení náprav .....	51
7.4	Tuhost pneumatik .....	52
7.5	Nahrazení návěsového čepu.....	53
7.6	Zatěžovací stavy pevnostní kontroly .....	53
<b>8</b>	<b>Výsledky pevnostní kontroly .....</b>	<b>55</b>
8.1	Zatížení nákladním motorovým vozidlem N1 .....	55
8.1.1	Stání, přímá jízda.....	55
8.1.2	Akcelerace .....	56
8.1.3	Průjezd zatáčkou.....	57
8.1.4	Vyrovnané brzdění .....	58
8.1.5	Brzdění pouze návěsem .....	59
8.1.6	Brzdění tažným vozidlem.....	60
8.1.7	Nakládka.....	61
8.2	Zatížení nákladním motorovým vozidlem N2 .....	62
8.2.1	Stání, přímá jízda.....	62
8.2.2	Akcelerace .....	62
8.2.3	Průjezd zatáčkou.....	63
8.2.4	Vyrovnané brzdění .....	64
8.2.5	Brzdění pouze návěsem .....	65
8.2.6	Brzdění tažným vozidlem.....	66
8.2.7	Nakládka.....	67
<b>9</b>	<b>Návrh úprav .....</b>	<b>68</b>
9.1	Navržené úpravy oblasti č. 1.....	68
9.2	Navržená úprava oblasti č. 2.....	69
9.3	Navržené úpravy oblasti č. 3.....	69
9.4	Navržená úprava oblasti č. 4.....	70
<b>10</b>	<b>Výsledky pevnostní kontroly po úpravách.....</b>	<b>71</b>
10.1	Průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1).....	71
10.2	Průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2).....	72
10.3	Brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1).....	73
10.4	Brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2).....	74
	<b>Závěr .....</b>	<b>76</b>
	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>80</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>82</b>
	<b>Seznam samostatných příloh .....</b>	<b>82</b>

## ÚVOD

V dnešní době se po pozemních komunikacích přepravuje velké množství motorových vozidel, které je nutné přepravovat na velké vzdálenosti a v co nejnižších přepravních časech. Nákladní motorová vozidla využívají pro přepravu vlečná vozidla. Tato vozidla mají různé druhy a typy konstrukce, aby přeprava byla co nejjednodušší, nejbezpečnější a nejrychlejší.

Všechna vlečná vozidla a nástavby musí splňovat aktuální legislativní požadavky. Na tyto přepravníky je kladený důraz na univerzálnost a přijatelnou cenu, nicméně za podmínek dodržení bezpečnosti na pozemních komunikacích. Za všemi těmito účely vznikají přepravní přívěsy, návěsy a také přepravní valníkové nástavby na nákladních vozidlech.

Uvedené přepravníky se poté uzpůsobují přání zákazníka, dále typu přepravovaných motorových vozidel a nedílnou součástí je také výbava, která je velmi rozmanitá a pomáhá obsluze s nakládkou, vykládkou a samotnou přepravou.

Diplomová práce vzniká ve spolupráci s firmou VEZEKO s. r. o. Firma se zabývá výrobou přívěsů, návěsů a automobilových nástaveb a také výrobou speciálních přívěsů, které jsou vyráběny přímo na zakázku pro odběratele. Firma sídlí ve Velkém Meziříčí.

Předmětem diplomové práce je konstrukční návrh návěsu a pevnostní analýza nosného rámu pro přepravu vozidel – nákladní motorové vozidlo (N1) a nákladní motorové vozidlo (N2) pro využití na pozemních komunikacích dle aktuálních platných legislativních požadavků. Dalším úkolem je návrh možných úprav založených na výsledcích pevnostní analýzy rámu návěsu za účelem zlepšení spolehlivosti a bezpečnosti celého rámu.

# 1 PŘEPRAVA MOTOROVÝCH VOZIDEL

Při přepravě motorových vozidel se využívá nejvíce vlečných vozidel, ale i nástaveb na nákladních vozidlech nebo kombinací těchto dvou. Jako vlečná vozidla se nejčastěji využívají přepravní přívěsy a návěsy. Nespornou výhodou těchto přívěsů a návěsů je možnost připojení za osobní automobil nebo tažné motorové vozidlo a díky tomu je docíleno krátkého přepravního času. Zpravidla pro dálkovou dopravu se využívají vícekapacitní přívěsy a návěsy, které jsou v tomto ohledu úspornější, protože převezou více motorových vozidel za jednu trasu přepravy. Pro kratší přepravní vzdálenosti, odtahovou službu a menší přepravní firmy se využívá přívěsů, návěsů nebo nástaveb, jejichž kapacita činí zpravidla jedno přepravované vozidlo. Přehled vybraných přívěsů, návěsů a nástaveb byl omezen pouze na ty, které slouží k přepravě osobních automobilů, motorových vozidel (N1) a motorových vozidel kategorie (N2).

Přepravované motorové vozidlo musí být upevněno proti volnému pohybu vůči podlaze, plošině nebo podložce a jeho rozložení by mělo být rovnoměrné. K upevnění přepravovaného vozidla se nejčastěji využívá silový způsob, který se provádí ukotvením k podlaze přepravníku pomocí textilních popruhů, lan a řetězů. Pro takové upevnění musí být podlaha, podložka přepravníků vybavena kotvicími třmeny nebo kotvicími oky. Kotvení nákladu musí být provedeno správně a bezpečně, aby nedošlo k jeho uvolnění a následné kolizi s ostatními účastníky silničního provozu. Toto zajištění nákladu vůči podložce, kotvicí síly a postupy přímo předepisuje norma ČSN EN 12195-1, která určuje bezpečnostní evropské předpisy. [1][6]

## 1.1 PŘÍVĚS

Přívěs je přípojné vozidlo, které bývá taženo jiným motorovým vozidlem a slouží k přepravě nákladů. Hlavní výhodou přívěsu je, že veškerá celková hmotnost je rozložena na jeho nápravy a na tažné vozidlo je přenášen pouze zlomek této hmotnosti. V dnešní době se nejčastěji využívají přívěsy s tuhou ojí nebo s točnicí. [2]

### 1.1.1 PŘÍVĚSY S TOČNICÍ

Přívěsy s točnicí mají řízenou první nápravu a v zadní části přívěsu bývají zpravidla jedna až tři nápravy pevné. Připojení točnicového přívěsu do závěsného zařízení je umožněno tažnou ojí, která se může pohybovat kyvně ve vertikální poloze. Na obr. 1 můžeme vidět točnicový přívěs typu plato, který je univerzální a slouží spíše pro přepravu stavebních strojů. [2]



Obr. 1 Přívěs s točnicí. [22]

V dnešní době se spíše využívá vícekapacitních přívěsů s točnicí, jejichž kapacita se pohybuje okolo šesti až devíti přepravovaných automobilů podle kategorie a jejich druhu karoserie. Tyto přívěsy jsou většinou konstruovány jako dvouplošinnové, kdy druhá plošina (podlaha) je výškově přestavitelná díky přímočarým hydromotorům. Nakládka automobilů na tento druh přívěsu je pro obsluhu náročnější a trvá také delší dobu. Výhodou je vyšší přepravní kapacita a také možnost kombinace přepravy různých druhů automobilů. Nevýhodou je vyšší spotřeba tahače. Na obr. 2 můžeme vidět točnicový dvoupodlažní přívěs TrSP25.25 od firmy LOHR.



*Obr. 2 Vícekapacitní přívěs s točnicí. [23]*

### 1.1.2 PŘÍVĚSY S TUHOU OJÍ

Přívěsy s tuhou ojí bývají zpravidla tandemové nebo tridemové. Při přepravě motorových vozidel jsou nápravy většinou pevné. Pevné (neřiditelné) nápravy mají výhodu v tom, že přívěs s takovou nápravou má lehčí konstrukci provedení nápravy a zároveň vyšší konstrukční rychlost. Nevýhodou těchto náprav je vyšší opotřebení pneumatik. Tuhá tažná oj slouží k připojení přívěsu k tažnému vozidlu do závěsného zařízení. Tažná oj bývá osazena nájezdovou brzdou nebo přírubou, na které je připevněno tažné oko či kulový závěs. Tažná oj může být délkově a výškově přestavitelná. Na obrázku 3 je k vidění přívěs typu Imola s tuhou ojí osazenou nájezdovou brzdou. Tento autopřepravník vyrábí firma Vezeko. [2]



*Obr. 3 Autopřepravník Vezeko Imola s ukotveným přepravovaným automobilem pomocí textilních popruhů. [24]*

## 1.2 NÁVĚS

Návěs je přípojně nemotorové vlečné vozidlo, které je určeno pro přepravu nákladů a bývá taženo jiným motorovým vozidlem. Princip návěsu spočívá v tom, že část hmotnosti nákladu je rozložena na nápravy a podstatná část hmotnosti se přenáší na tažné motorové vozidlo. Pro ideální rozložení hmotnosti nákladu na nápravy a motorové vozidlo a také pro ideální jízdní vlastnosti má návěs široké zastoupení na pozemních komunikacích po celém světě. Návěsy pro přepravu vozidel mohou být jak jednodokapacitní, tak vícekapacitní. Vícekapacitní návěsy mívají výškově přestavitelnou plošinu (podlahu) pomocí přímočarých hydromotorů. Vícekapacitní návěsy se využívají pro dálkovou přepravu. Na obrázku 4 je návěs s kapacitou dvou přepravovaných motorových vozidel a na obrázku 5 je k vidění vícekapacitní návěs. [4]

Návěs bývá připojený za tažné vozidlo prostřednictvím návěsového čepu, který je tak vystaven velkému namáhání – jak horizontálnímu, tak vertikálnímu. Z tohoto hlediska dochází k velkému opotřebenému návěsového čepu. Pro nakládání a vykládání nákladů bývají návěsy vybaveny nájezdy. Po odpojení návěsu od tažného vozidla je nutné opřít návěs o pevnou podložku pomocí předních opěrných noh, které jsou výškově stavitelné, a zajistit ruční brzdou a zakládacími klíny. [2]



Obr. 4 Jednoplášinový návěs s celkovou hmotností 8500 kg s plechovou podlahou. [25]



Obr. 5 Vícekapacitní návěs s výškově přestavitelnou plošinou. [26]



### 1.3 NÁKLADNÍ AUTOMOBIL S VALNÍKOVOU NÁSTAVBOU

Další způsob přepravy motorových vozidel je pomocí nákladního automobilu vybaveného valníkovou nástavbou. Valníková nástavba může mít několik konstrukčních provedení. Podlaha valníkové nástavby může být rovná nebo rovná a v zadní části nástavby zešíkmená. U těchto dvou způsobů se pro nakládku a vykládku využívají nájezdy. Dalším ze způsobů konstrukce je rovná podlaha sklopná pomocí přímočarých hydromotorů. Pro nakládku na nákladní automobil se využívá navijáku nebo automobilního jeřábu s přípravkem na uchopení břemene. Podlaha nástavby je tvořena vyprofilovanými plechy, hliníkovou podlahou a v neposlední řadě překližkou. Takto zkonstruovaná nástavba je zpravidla pro jedno přepravované motorové vozidlo a nejčastěji ho využívají odtahové služby. Valníková nástavba může být také dvou plošinová, kdy druhá plošina bývá výškově přestavitelná pomocí přímočarých hydromotorů. Tento způsob se využívá nejčastěji u nákladních automobilů v kombinaci s dvouplošinovým přívěsem nebo návěsem pro dálkovou přepravu. Dvouplošinová nástavba má přepravní kapacitu okolo tří přepravovaných motorových vozidel, což se odvíjí od druhu jejich karoserie. Na obrázku 6 je k vidění nákladní automobil se sklopnou valníkovou nástavbou, kdy se nástavba přistaví přímo k přepravovanému motorovému vozidlu a nakládka se provede pomocí navijáku (pokud je motorové vozidlo nepojízdné) nebo najetím motorového vozidla. Tento nákladní automobil využívá k přepravě motorových vozidel společnost Vemax s. r. o.



Obr. 6 Sklopná valníková nástavba. [27]

## 2 PŘEPRAVOVANÁ MOTOROVÁ VOZIDLA

Návěs bude sloužit k přepravě motorových vozidel kategorie M1, N1 a N2 nepřevyšujících svojí maximální hmotností 4000 kg z důvodu toho, že navržený návěs má provozní hmotnost téměř 1500 kg a celkovou maximální hmotnost 5500 kg. Jelikož se jedná o univerzální přepravník pro přepravu motorových vozidel, je uvažováno, že budou přepravovány různé druhy vozidel s různou karoserií. Po konzultaci byla vybrána motorová vozidla – kategorie N1 a N2.

### 2.1 KATEGORIE SILNIČNÍCH VOZIDEL

Kategorii silničních vozidel určuje *Vyhláška č. 341/2014 Sb., Příloha 2.* [9] Tato příloha uvádí několik základních kategorií a těmi jsou L, M, N, O, T, C, R, S a Z. Jelikož je tento přepravní návěs konstruovaný pro motorová vozidla se čtyřmi koly, která slouží pro přepravu osob a nákladů, byly z těchto kategorií vybrány a popsány pouze kategorie M a N. [9]

- Kategorie **M** – motorová vozidla sloužící k přepravě osob a jejich zavazadel.
  - a) Kategorie **M1** – motorové vozidlo, které má nejvýše 8 míst na sezení kromě místa k sezení řidiče a nemůže mít prostor pro stojící cestující.
  - b) Kategorie **M2** – motorové vozidlo, jehož kapacita cestujících převyšuje 8 míst kromě místa pro řidiče, ale nepřevyšující maximální hmotnost 5 tun. Tato vozidla mohou mít prostor pro stojící cestující.
  - c) Kategorie **M3** – motorové vozidlo, jehož kapacita cestujících převyšuje 8 míst kromě místa pro řidiče, ale převyšující maximální hmotnost 5 tun. Tato vozidla mohou mít prostor pro stojící cestující.
- Kategorie **N** – motorová vozidla sloužící především pro dopravu nákladů.
  - a) Kategorie **N1** – motorové vozidlo, které slouží zpravidla pro přepravu nákladů, nepřevyšující svou maximální hmotností 3,5 tuny.
  - b) Kategorie **N2** – motorové vozidlo, které slouží zpravidla pro přepravu nákladů, převyšující svou maximální hmotností 3,5 tuny, ale nepřevyšuje 12 tun.
  - c) Kategorie **N3** – motorové vozidlo, které slouží zpravidla pro přepravu nákladů, převyšující svou maximální hmotností 12 tun.

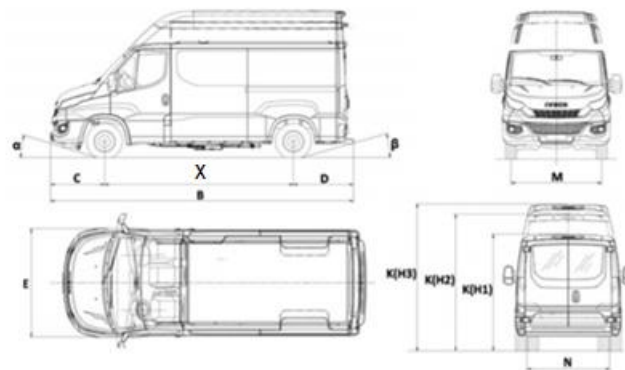
Maximální hmotností lze rozumět jako maximální technickou hmotnost naloženého vozidla, která je stanovená pro každé vozidlo na základě jeho konstrukčních prvků, vlastností a provedení. [9]

### 2.2 NÁKLADNÍ MOTOROVÉ VOZIDLO N1, N2

Podle vyhlášky a legislativních požadavků nákladní motorové vozidlo (N1) a nákladní motorové vozidlo (N2). Tato definice je závislá na legislativě dané země a dále na velikosti, konstrukčním provedení a také oddělení nákladního a osobního prostoru. Osobní prostor je určený pro řidiče a posádku, kde bývají zpravidla dvě až tři místa k sezení. Počet zadních sedadel se liší, jelikož nemusí být umístěna vůbec, záleží však na uspořádání nákladního prostoru. Nákladní prostor bývá oddělený dělicí přepážkou. Dělicí přepážka může být konstrukčně provedena jako mříž, plechová nebo kombinace těchto dvou. Je délkově přestavitelná nebo ukotvená na pevno. Tato přepážka musí splňovat bezpečnostní předpisy, aby nedošlo k vniknutí přepravovaného nákladu do osobního prostoru. Dodávkové automobily se liší konstrukčním provedením, motorizací a počtem hnaných náprav. Na základě těchto faktů mají různé rozměry, hmotnosti a přepravní objem.

### 2.2.1 IVECO DAILY 35C15V – VAN 4×2

Jedná se o motorové vozidlo, které je možné zařadit do kategorie N1, protože celková hmotnost nepřesahuje 3500 kg. Pohotovostní hmotnost vozidla se pohybuje v rozmezí 2280–2573 kg a to v závislosti na výšce střechy a rozvoru náprav. Maximální užitečné zatížení se pak v tomto důsledku pohybuje v rozmezí 927–1220 kg. Toto vozidlo je vybaveno vznětovým přeplňovaným řadovým čtyřválcem o objemu 2998 cm<sup>3</sup> s maximálním výkonem 110 kW. Bylo vybráno provedení s rozvorem náprav 4100 mm s výškou v nezátíženém stavu 2940 mm. Všechny tyto technické parametry jsou převzaty z katalogu výrobce. Jednotlivé rozměry jsou dle obrázku 7 níže.



Obr. 7 Iveco Daily 35C15V – Van 4x2. [28]

Tab. 1 Technické parametry Iveco Daily 35C15V – Van 4×2. [28]

Iveco Daily 35C15V – Van 4×2			
Rozvor <b>X</b> [mm]	4100	Celková hmotnost [kg]	3500
Celková výška <b>H</b> [mm]	2940	Celková hmotnost vozidla s přívěsem [kg]	7000
Maximální délka <b>B</b> [mm]	7234	Nosnost přední nápravy [kg]	1900
Zadní převis <b>D</b> [mm]	2126	Nosnost zadní nápravy [kg]	2600
Rozchod předních kol [mm]	1740	Pohotovostní hmotnost vozidla [kg]	2524
Rozchod zadních kol [mm]	1542	Pohotovostní zatížení na přední nápravu [kg]	1393
Přední převis <b>C</b> [mm]	1008	Pohotovostní zatížení na zadní nápravu [kg]	1131
Maximální šířka <b>E</b> [mm]	2010	Max. užitečné zatížení [kg]	976

Celková hmotnost je určena se všemi provozními kapalinami (palivo, oleje, voda) a také s řidičem. Výrobce deklaruje zatížení na přední i zadní nápravu, a to jak ve stavu bez nákladu, tak maximální zatížení s nákladem. [28]

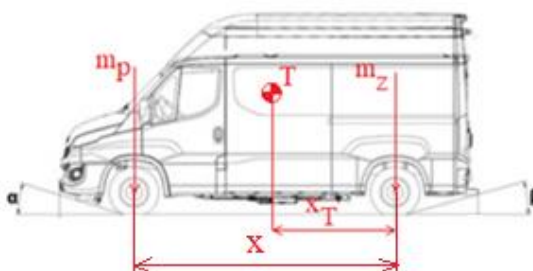


## URČENÍ TĚŽIŠTĚ

Při konstrukčním návrhu návěsu musí být docíleno co nejlepších jízdních vlastností a zároveň bezpečnosti při přepravě motorových vozidel. Jelikož parametry (hmotnosti a délkové rozměry) přepravovaného vozidla jsou určeny od výrobce, tak z nich lze jednoduše určit polohu těžiště. Poloha těžiště je důležitá z hlediska rozmístění náprav návěsu a také při pevnostní analýze, kdy se z těžiště motorového vozidla zadávají okrajové podmínky. Okrajové podmínky musí být zadány co nejbližší realitě, aby byl simulován reálný běžný provoz návěsu. Jelikož zákazník využívá nejčastěji návěs pro převoz obytných motorových vozidel, bylo pro výpočet těžiště zvoleno vycházet z maximální hmotnosti vozidla, která činí 3500 kg. Zatížení motorového vozidla na přední nápravu je  $m_p = 1400$  kg a na zadní nápravu  $m_z = 2100$  kg. Z těchto hodnot se následně určí poloha těžiště v podélném směru od osy zadní nápravy. Výpočet polohy těžiště (obr. 8) v podélném směru je určen pomocí momentové rovnováhy.

Těžiště ve svislém směru závisí na typu dané přestavby. Výrobci nákladních motorových vozidel uvádí, že těžiště ve svislém směru je v rozmezí 920–1300 mm. Horní hranice by neměla být překročena, protože by mohlo dojít ke ztrátě stability nákladního motorového vozidla při situacích, které mohou nastat v běžném provozu. Po konzultaci s vedoucím práce bylo určeno těžiště ve svislém směru  $y_T = 1240$  mm, jelikož není předem určeno, jaké druhy obytných přestaveb budou konstrukčně provedeny na přepravovaných nákladních motorových vozidlech. [30]

### TĚŽIŠTĚ V PODÉLNÉM SMĚRU PRO IVECO DAILY 35C15V – VAN 4×2



Obr. 8 Schéma výpočtu těžiště v podélném směru. [28]

$$x_T \cdot F_T = x \cdot F_p \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

$$x_T \cdot (m_p + m_z) \cdot g = x \cdot m_p \cdot g$$

$$x_T \cdot (m_p + m_z) = x \cdot m_p$$

$$x_T = \frac{x \cdot m_p}{m_p + m_z}$$

$$x_T = \frac{4100 \cdot 1400}{1400 + 2100}$$

$$x_T = 1640 \text{ mm}$$

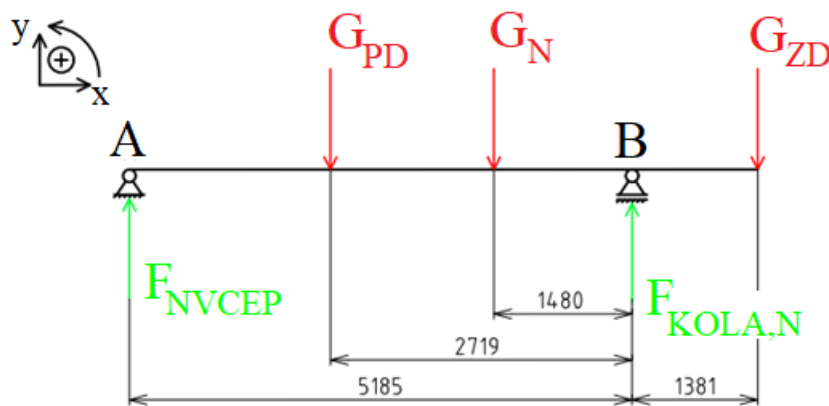
Rovnice (1), kde:

$x = 4100 \text{ mm}$	rozvor náprav stroje [mm], viz tab. 1 výše,
$m_P = 1400 \text{ kg}$	hmotnost vozidla připadající na přední nápravu, [kg],
$m_Z = 2100 \text{ kg}$	hmotnost vozidla připadající na zadní nápravu, [kg],
$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ tíhové zrychlení, $[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$ ,
$F_T$	tíhová síla působící v těžišti motorového vozidla, [N],
$F_P$	tíhová síla působící ve středu osy přední nápravy, [N].

### URČENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ NÁKLADNÍHO MOTOROVÉHO VOZIDLA N1 VŮČI NÁVĚSU

V tomto kroku následuje určení polohy nákladního motorového vozidla na ložné ploše návěsu. Tato poloha je důležitá, co se týče únosnosti pneumatik návěsu. Na návěsu je namontováno šest kol, jejichž maximální únosnost je 750 kg, proto hodnota reakce  $F_{KOLA,N}$  nemůže překročit 4500 kg. Poloha nákladního motorového vozidla ovlivní také svislé statické zatížení přenášené na tažné vozidlo v místě tažného zařízení. Svislé statické zatížení by nemělo překročit hodnotu 1000 kg, protože maximální hmotnost návěsu činí 5500 kg. [14]

Výpočet je proveden jako momentová rovnováha, kdy se určí zatížení kol návěsu a zatížení na návěsový čep. Výpočet obsahuje zjednodušení, ale slouží jako ideální ověření, aby byly dodrženy výše zmíněné hodnoty. Schéma výpočtu je na obr. 9 níže.



Obr. 9 Schéma výpočtu polohy nákladního motorového vozidla vůči ložné ploše návěsu.

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$F_{NVCEP} - G_{PD} - G_N + F_{KOLA,N} - G_{ZD} = 0$$

$$\sum M_{OB} = 0 \quad (3)$$

$$-F_{NVCEP} \cdot 5185 + G_{PD} \cdot 2719 + G_N \cdot 1480 - G_{ZD} \cdot 1381 = 0$$

Z rovnice (3) je vyjádřeno a určeno  $F_{NVCEP}$ :

$$F_{NVCEP} = \frac{G_{PD} \cdot 2719 + G_N \cdot 1480 - G_{ZD} \cdot 1381}{5185}$$

$$F_{NVCEP} = \frac{(1400 \cdot 9,81) \cdot 2719 + (1500 \cdot 9,81) \cdot 1480 - (2100 \cdot 9,81) \cdot 1381}{5185}$$

$$F_{NVCEP} = 5915,32 \text{ N}$$

$$m_{NVCEP} = \frac{F_{NVCEP}}{g} \quad [\text{kg}] \quad (4)$$

$$m_{NVCEP} = \frac{5915,32}{9,81}$$

$$m_{NVCEP} = 603 \text{ kg}$$

Svislé statické zatížení přenášené na tažné vozidlo musí být menší nebo rovno 1000 kg. Vypočtená hodnota je vyhovující.

Z rovnice (2) je následně vyjádřeno a dopočítáno  $F_{KOLA,N}$ :

$$F_{KOLA,N} = G_{PD} + G_N + G_{ZD} - F_{NVCEP}$$

$$F_{KOLA,N} = (1400 \cdot 9,81) + (1500 \cdot 9,81) + (2100 \cdot 9,81) - (603 \cdot 9,81)$$

$$F_{KOLA,N} = 43134,6 \text{ N}$$

$$m_{KOLA,N} = \frac{F_{KOLA,N}}{g} \quad [\text{kg}] \quad (5)$$

$$m_{KOLA,N} = \frac{43134,6}{9,81}$$

$$m_{KOLA,N} = 4397 \text{ kg}$$

Únosnost pneumatik je vyhovující. Vypočtená hodnota je menší nebo rovno 4500 kg.

Rovnice (2, 3, 4, 5), kde:

$$m_{PD} = 1400 \text{ kg} \quad \text{hmotnost vozidla připadající na přední nápravu, [kg],}$$

$$m_N = 1500 \text{ kg} \quad \text{hmotnost návěsu v těžišti návěsu, [kg],}$$

$$m_{ZD} = 2100 \text{ kg} \quad \text{hmotnost vozidla připadající na zadní nápravu, [kg],}$$

$m_{\text{NVCEP}} = 603 \text{ kg}$	svislé statické zatížení v návěsovém čepu, [kg],
$m_{\text{KOLA,N}} = 4397 \text{ kg}$	únosnost pneumatik, [kg],
$G_{\text{PD}} = 13734 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na přední nápravu, [N],
$G_{\text{N}} = 14715 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy návěsu, [N],
$G_{\text{ZD}} = 20601 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na zadní nápravu, [N],
$F_{\text{KOLA,N}} = 43134,6 \text{ N}$	reakce na zatížení v kolech návěsu, [N],
$F_{\text{NVCEP}} = 5915,32 \text{ N}$	reakce na zatížení v návěsovém čepu, [N],
$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	tíhové zrychlení, $[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$ .

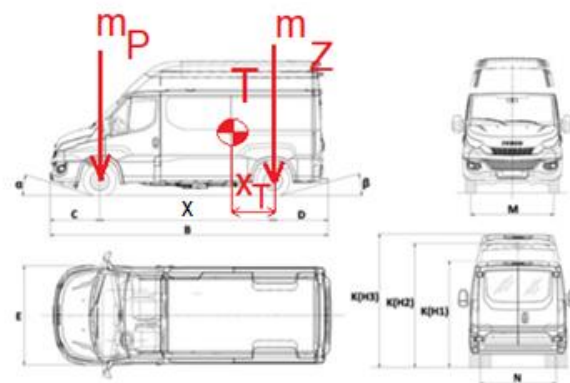
### 2.2.2 IVECO DAILY 40C15V – VAN 4×2

Jedná se o motorové vozidlo (obr. 10), které je možné zařadit do kategorie N2, protože celková hmotnost přesahuje 3500 kg. Pohotovostní hmotnost vozidla se pohybuje v rozmezí 2385–2635 kg v závislosti na výšce střechy a rozvoru náprav. Maximální užitečné zatížení se pak v tomto důsledku pohybuje v rozmezí 1815–1565 kg. Toto vozidlo je vybaveno vznětovým přeplňovaným řadovým čtyřválcem o objemu 2998 cm<sup>3</sup> s maximálním výkonem 110 kW. Motor splňuje emisní normy EURO 6. Bylo vybráno provedení s rozvorem náprav 3520 mm s výškou v nezátíženém stavu 2800 mm. Všechny tyto technické parametry jsou převzaty z katalogu výrobce. [29]

Celková hmotnost je určena se všemi provozními kapalinami (palivo, oleje, voda) a také s řidičem. Výrobce deklaruje zatížení na přední i zadní nápravu, a to jak ve stavu bez nákladu, tak maximální zatížení s nákladem. Jelikož zákazník přepravuje zpravidla obytná motorová vozidla, bylo pro výpočet těžiště zvoleno vycházet z maximální hmotnosti vozidla, která činí 4200 kg. Zde nastává problém, protože by byla překročena maximální hmotnost návěsu, tudíž po konzultaci s firmou bylo určeno, že se část nákladu (200 kg) musí vyložit a přepravovat zvlášť, aby nedošlo k překročení limitu a návěs byl v pevnostní analýze překontrolován na svou maximální únosnost. Z toho plyne, že maximální hmotnost motorového vozidla činí 4000 kg.

Zatížení motorového vozidla na přední nápravu je  $m_p = 1800 \text{ kg}$  a na zadní nápravu  $m_z = 2200 \text{ kg}$ . Z těchto hodnot se následně určí poloha těžiště v podélném směru od osy zadní nápravy. Výpočet polohy těžiště v podélném směru je pomocí momentové rovnováhy. Schéma výpočtu je uvedeno na obrázku 10 níže.

Těžiště ve svislém směru závisí na typu dané přestavby. Výrobci nákladních motorových vozidel uvádí, že těžiště ve svislém směru se pohybuje v rozmezí 920–1300 mm. Pro pevnostní analýzu je brána horní hranice, jelikož je dosaženo vyšších vzniklých napětí. Horní hranice by neměla být překročena, protože by mohlo dojít ke ztrátě stability nákladního motorového vozidla při situacích, které mohou nastat v běžném provozu. Po konzultaci s vedoucím práce bylo určeno těžiště ve svislém směru  $y_T = 1260 \text{ mm}$ . [30]



Obr. 10 Iveco Daily 40C15V – Van 4×2. [29]

Tab. 2 Technické parametry Iveco Daily 40C15V – Van 4×2. [29]

Iveco Daily 40C15V – Van 4×2			
Rozvor <b>X</b> [mm]	3520	Celková hmotnost [kg]	4200
Celková výška <b>H</b> [mm]	2800	Celková hmotnost vozidla s přívěsem [kg]	–
Maximální délka <b>B</b> [mm]	6050	Nosnost přední nápravy [kg]	1900
Zadní převis <b>D</b> [mm]	1520	Nosnost zadní nápravy [kg]	3100
Rozchod předních kol [mm]	1740	Pohotovostní hmotnost vozidla [kg]	2424
Rozchod zadních kol [mm]	1542	Pohotovostní zatížení na přední nápravu [kg]	1360
Přední převis <b>C</b> [mm]	1008	Pohotovostní zatížení na zadní nápravu [kg]	1175
Maximální šířka <b>E</b> [mm]	2010	Max. užitečné zatížení [kg]	1776

**TĚŽIŠTĚ V PODÉLNÉM SMĚRU PRO IVECO DAILY 40C15V – VAN 4×2**

$$x_T \cdot F_T = x \cdot F_P \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

$$x_T \cdot (m_P + m_Z) \cdot g = x \cdot m_P \cdot g$$

$$x_T \cdot (m_P + m_Z) = x \cdot m_P$$

$$x_T = \frac{x \cdot m_P}{m_P + m_Z}$$

$$x_T = \frac{3520 \cdot 1800}{1800 + 2200}$$

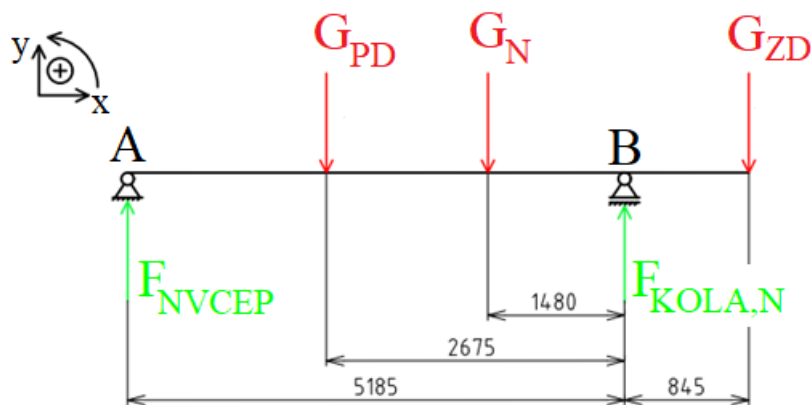
$$x_T = 1584 \text{ mm}$$

Rovnice (6), kde:

$x = 3520 \text{ mm}$	rozvor náprav stroje [mm], viz tab. 2 výše,
$m_P = 1800 \text{ kg}$	hmotnost vozidla připadající na přední nápravu, [kg],
$m_Z = 2200 \text{ kg}$	hmotnost vozidla připadající na zadní nápravu, [kg],
$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	tíhové zrychlení, $[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$ ,
$F_T$	tíhová síla působící v těžišti motorového vozidla [N],
$F_P$	tíhová síla působící ve středu osy přední nápravy [N].

### URČENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ NÁKLADNÍHO MOTOROVÉHO VOZIDLA N2 VŮČI NÁVĚSU

V tomto kroku následuje určení polohy nákladního motorového vozidla N2 na ložné ploše návěsu. Tento výpočet se drží stejných pravidel jako v kapitole 2.2.1. Výpočet je proveden jako momentová rovnováha, kdy se určí zatížení kol návěsu a zatížení na návěsový čep. Výpočet obsahuje zjednodušení, ale slouží jako ideální ověření, aby byly dodrženy výše zmíněné hodnoty. Schéma výpočtu je na obr. 11 níže.



Obr. 11 Schéma výpočtu polohy nákladního motorového vozidla N2 vůči ložné ploše návěsu.

$$\sum F_y = 0 \quad (7)$$

$$F_{NVCEP} - G_{PD} - G_N + F_{KOLA,N} - G_{ZD} = 0$$

$$\sum M_{OB} = 0 \quad (8)$$

$$-F_{NVCEP} \cdot 5185 + G_{PD} \cdot 2675 + G_N \cdot 1480 - G_{ZD} \cdot 845 = 0$$

Z rovnice (8) je vyjádřeno a určeno  $F_{NVCEP}$ :

$$F_{NVCEP} = \frac{G_{PD} \cdot 2675 + G_N \cdot 1480 - G_{ZD} \cdot 845}{5185}$$

$$F_{\text{NVCEP}} = \frac{(1800 \cdot 9,81) \cdot 2675 + (1500 \cdot 9,81) \cdot 1480 - (2200 \cdot 9,81) \cdot 845}{5185}$$

$$F_{\text{NVCEP}} = 9810 \text{ N}$$

$$m_{\text{NVCEP}} = \frac{F_{\text{NVCEP}}}{g} \quad [\text{kg}] \quad (9)$$

$$m_{\text{NVCEP}} = \frac{9810}{9,81}$$

$$m_{\text{NVCEP}} = 1000 \text{ kg}$$

Svislé statické zatížení přenášené na tažné vozidlo musí být menší nebo rovno 1000 kg. Vypočtená hodnota je vyhovující.

Z rovnice (7) je následně vyjádřeno a dopočítáno  $F_{\text{KOLA,N}}$

$$F_{\text{KOLA,N}} = G_{\text{PD}} + G_{\text{N}} + G_{\text{ZD}} - F_{\text{NVCEP}}$$

$$F_{\text{KOLA,N}} = (1800 \cdot 9,81) + (1500 \cdot 9,81) + (2200 \cdot 9,81) - (1000 \cdot 9,81)$$

$$F_{\text{KOLA,N}} = 44145 \text{ N}$$

$$m_{\text{KOLA,N}} = \frac{F_{\text{KOLA,N}}}{g} \quad [\text{kg}] \quad (10)$$

$$m_{\text{KOLA,N}} = \frac{44145}{9,81}$$

$$m_{\text{KOLA,N}} = 4500 \text{ kg}$$

Únosnost pneumatik je vyhovující. Vypočtená hodnota je menší nebo rovno 4500 kg.

Rovnice (7, 8, 9, 10), kde:

$$m_{\text{PD}} = 1800 \text{ kg} \quad \text{hmotnost vozidla připadající na přední nápravu, [kg],}$$

$$m_{\text{N}} = 1500 \text{ kg} \quad \text{hmotnost návěsu v těžišti návěsu, [kg],}$$

$$m_{\text{ZD}} = 2200 \text{ kg} \quad \text{hmotnost vozidla připadající na zadní nápravu, [kg],}$$

$$m_{\text{NVCEP}} = 1000 \text{ kg} \quad \text{svislé statické zatížení v návěsovém čepu, [kg],}$$

$m_{\text{KOLA,N}} = 4500 \text{ kg}$	únosnost pneumatik, [kg],
$G_{\text{PD}} = 17658 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na přední nápravu, [N],
$G_{\text{N}} = 14715 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy návěsu, [N],
$G_{\text{ZD}} = 21582 \text{ N}$	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na zadní nápravu, [N],
$F_{\text{KOLA,N}} = 44145 \text{ N}$	reakce na zatížení v kolech návěsu, [N],
$F_{\text{NVCEP}} = 9810 \text{ N}$	reakce na zatížení v návěsovém čepu, [N],
$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	tíhové zrychlení, $[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$ .



### 3 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

Protože se navrhovaný návěs pohybuje po pozemních komunikacích, musí splňovat všechny předpisy, vyhlášky a další legislativní požadavky. Tyto požadavky a předpisy upravují jeho základní rozměry, celkovou hmotnost a mnoho dalších prvků – osvětlení přívěsu, pneumatiky, brzdy atd.

#### 3.1 VYHLÁŠKA Č. 341/2014 SB.

Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Tato vyhláška předepisuje základní znaky typu a kategorie vozidel, schvalování typu, technické zkušebny a zkušební stanice atd.

„Pro účely této vyhlášky se rozumí:

- *tažným vozidlem motorové vozidlo spojené s přípojným vozidlem,*
- *jízdní soupravou spojení tažného vozidla s jedním nebo s více přípojnými vozidly,*
- *největší povolenou hmotností největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích v České republice,*
- *největší povolenou hmotností na nápravu největší hmotnost na nápravu, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích v České republice,*
- *maximální technicky povolenou hmotností na nápravu hmotnost odpovídající technicky přípustnému statickému svislému zatížení, kterým působí náprava vozidla na povrch vozovky,*
- *maximální technicky přípustnou hmotností naloženého vozidla maximální hmotnost stanovená pro vozidlo na základě jeho konstrukčních vlastností a provedení; největší technicky přípustná hmotnost přívěsu nebo návěsu zahrnuje statickou hmotnost přenesenou na tažné vozidlo, je-li přívěs nebo návěs připojen,*
- *maximální technicky přípustnou hmotností naložené jízdní soupravy maximální hmotnost stanovená pro kombinaci motorového vozidla a jednoho nebo více přípojných vozidel na základě jeho konstrukčních vlastností a provedení nebo maximální hmotnost určená pro jízdní soupravu složenou z tahače návěsu a návěsu,*
- *okamžitou hmotností vozidla nebo jízdní soupravy hmotnost zjištěná v určitém okamžiku při jejich provozu na pozemních komunikacích,*
- *hmotností v provozním stavu*
  - a) *1. u motorových vozidel:  
hmotnost vozidla, jehož palivová nádrž se naplní alespoň na 90 % svého objemu, včetně hmotnosti řidiče, paliva a kapalin, vybaveného standardním vybavením podle specifikací výrobce, a jsou-li součástí vybavené, i hmotnost karoserie, kabiny, spojovacího zařízení a náhradního kola, jakož i nářadí,*
  - b) *2. v případě přípojného vozidla:  
hmotnost vozidla, včetně paliva a kapalin, vybaveného standardním vybavením podle specifikací výrobce, a jsou-li součástí vybavení, i hmotnost karoserie, dalšího spojovacího zařízení a náhradního kola a nářadí. “<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, Ministerstvo dopravy a spojů, 19. prosince 2014.

### 3.1.1 PŘÍLOHA Č. 2

Část přílohy byla již uvedena (viz kapitola 2.1), nyní je zapotřebí zadefinovat zbylou kategorii vozidel, která s tímto tématem přímo souvisí, a tou je:

- Kategorie **O** – přípojná vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů nebo osob i pro ubytování osob.
  - a) Kategorie **O1** – přípojně vozidlo s maximální hmotností nepřevyšující 0,75 t.
  - b) Kategorie **O2** – přípojně vozidlo s maximální hmotností převyšující 0,75 t, ale nepřevyšující 3,5 t.
  - c) Kategorie **O3** – přípojně vozidlo s maximální hmotností převyšující 3,5 t, ale nepřevyšující 10 t.
  - d) Kategorie **O4** – přípojně vozidlo s maximální hmotností převyšující 10 t.

Tato vyhláška spadá pod směrnici Evropské unie 2007/46/ES. Vyhláška č. 341/2014 Sb. definuje všechny tyto kategorie nad rámec označení EU (M, N, O). Navrhovaný návěs spadá do kategorie **O3**. [9]

### 3.2 VYHLÁŠKA Č. 209/2018 SB.

Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidla. Tato vyhláška předepisuje spojitelnost z pohledu hmotnosti přípojněho vozidla a souprav, spojitelnost vozidel v jízdní soupravu, největší povolené hmotnosti silničních vozidel, zvláštních vozidel a jejich rozdělení na nápravy a další. Z této vyhlášky byly vybrány pouze úseky, které s tímto konstrukčním návrhem návěsu úzce souvisí. [10]

- Největší přípustná šířka činí u kategorie O 2,55 m.
- Největší přípustná výška u jízdní soupravy tažného vozidla s návěsem činí 4,08 m.
- Největší přípustná délka u jízdní soupravy motorového vozidla s návěsem činí 16,50 m.
- Největší přípustná vzdálenost mezi osou čepu sedla tahače a zadním čelem návěsu činí 12,00 m.
- Pokud má přípojně vozidlo tři nápravy, tak součet zatížení všech náprav činí 21 t při rozvoru náprav 1,3 m včetně. Za třinápravu lze považovat přípojně vozidlo, jehož maximální rozvor činí 1,8 m včetně. Pokud by byl tento rozvor překročen, tak se nápravy považují jako samostatné.
- Hmotnost jízdní soupravy nesmí překročit největší technicky přípustnou hmotnost, která se schvaluje při technické způsobilosti.
- Pokud je realizováno spojení připojených vozidel kategorie O3, O4 s tažným vozidlem, využívá se brzdění v následujících kombinacích:
  - tažné vozidlo a přípojně vozidlo vybavené systémem ABS;
  - tažné vozidlo vybavené systémem ABS a přípojně vozidlo bez ABS;
  - tažné vozidlo nevybavené systémem ABS a přípojně vozidlo s ABS za podmínky, že tažné vozidlo musí umožnit napájení a kontrolu funkce ABS přípojněho vozidla. [10]

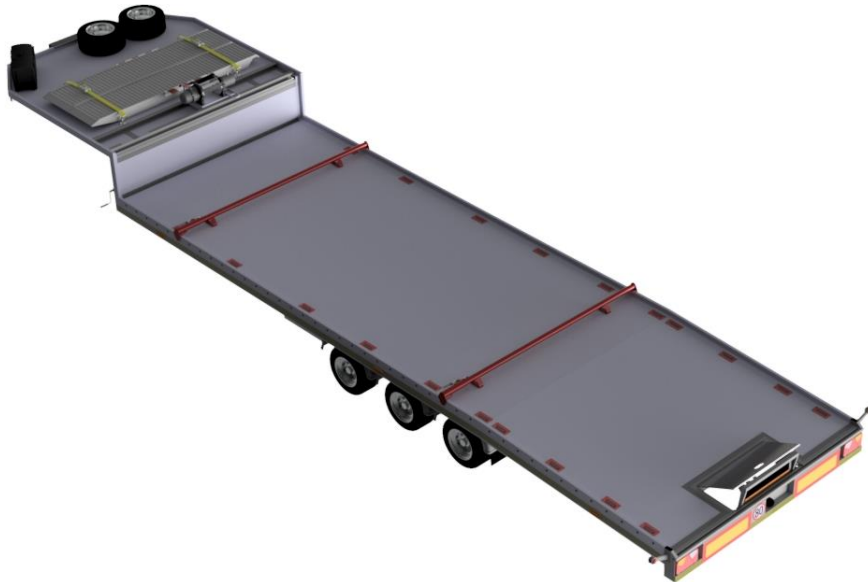
### 3.3 DALŠÍ ZÁKONY, VYHLÁŠKY A PŘEDPISY

Návěs obsahuje spoustu komponent a příslušenství, na které se vztahují další zákony, vyhlášky a předpisy. Tyto zákony, vyhlášky a předpisy definuje směrnice Evropské unie, těmi jsou směrnice EHK, EHS a ES, které upravují požadavky na konstrukci např. pneumatiky (ES 458) [11], brzdy (EHK 13) [12], systém proti rozstříku (EHS 91–226) [13], spojovací zařízení (EHK 55) [14], osvětlení (EHK 48) [15]. Jelikož se na návěs váže mnoho dalších legislativních požadavků, budou uvedeny dále v práci podle potřeby (např. pro výpočet kotvících třmenů) a ostatní lze lehce dohledat v předpisech, tudíž pro svůj rozsah nebudou rozepisovány.

## 4 POPIS KONSTRUKCE NÁVĚSU

Jedním z hlavních cílů této diplomové práce je provést konstrukční návrh návěsu pro přepravu vozidel. Konstrukční návrh je proveden tak, aby splňoval zadání a co nejvíce se přibližoval zadaným parametrům. Dále tento návěs musí splňovat všechny výše uvedené legislativní požadavky, aby byl vyhovující a bezpečný pro provoz na pozemních komunikacích.

Pro ilustraci navrženého návěsu je níže na obrázku 12 3D model návěsu a v tabulce 3 jsou uvedeny základní rozměrové parametry. Zvětšené pohledy jsou pak uvedeny v přílohách (PŘÍLOHA 1, PŘÍLOHA 2). Navržený návěs má maximální hmotnost 5500 kg, provozní hmotnost odpovídá téměř 1500 kg. Po odečtení těchto dvou hmotností získáme užitečnou hmotnost návěsu a ta je přibližně 4000 kg. Návrhem vznikl třínápravový návěs, který je brzděn pomocí vzduchového obvodu se vzduchokapalinovým výměníkem. Připojení návěsu za tažené vozidlo je prostřednictvím návěsového čepu. Nájezdový úhel pro nakládku a vykládku je 13°. Maximální konstrukční rychlost návěsu činí 80 km.h<sup>-1</sup>.



Obr. 12 3D model návěsu.

Tab. 3 Technické parametry navrženého návěsu.

Základní rozměry návěsu:	[mm]
Celková šířka	2200
Celková délka	9300
Celková výška	1395
Šířka ložné plochy	2140
Délka ložné plochy, ložné plochy nad návěsovým čepem	7000, 2130
Výška ložné plochy (prázdný/plný), ložné plochy nad návěsovým čepem	640/600, 1080
Výška návěsového čepu	930
Rozvor náprav	715

## 4.1 NOSNÝ RÁM

Jednou z nejdůležitějších částí návěsu je nosný rám, který slouží jako nosný prvek. Mezi jeho hlavní úkoly patří držení jednotlivých částí návěsu v přesné poloze. Dalšími úkoly jsou např. přenášet tíhu nákladu a příslušenství mezi návěs a nápravu, přenášet brzdící síly, vést nápravu. Na vlastnosti rámu jsou kladeny velké požadavky, těmi zpravidla jsou pevnost a pružnost, houževnatost, tuhost a odolnost vůči vnějším vlivům a korozi. Rám je typu žebřinového, to znamená, že hlavní částí jsou dva podélné nosníky, které jsou spojeny nosníky příčnými. Tyto nosníky jsou v případě navrženého návěsu tvořeny zejména profily z ohýbaných plechů. V oblasti přípojného zařízení je v blízkosti uložení návěsového čepu rám více vyztužen, jelikož čep přenáší velká horizontální a vertikální zatížení. Podélné nosníky v místě ložné plochy jsou tvořeny tzv. Z profilem, který vznikne ohýbáním na ohraňovacím lisu. Příčné nosníky jsou tvořeny tzv. C profilem. Na navrženém návěsu jsou použity konstrukční oceli S235JR (dle ČSN 11 373) a S355J0 (dle ČSN 11 523). Profily a jednotlivé díly jsou spojovány svařováním technologií MAG, což zaručuje větší pevnost rámu. Návěs musí odolávat vnějším vlivům a korozi, proto je nutné ho povrchově upravit. Za povrchovou úpravu je zvoleno žárové zinkování. [5]

Jelikož je rám žárově zinkován, musí k tomu být konstrukčně upraven. Těmito úpravami je myšleno, že se na rámu nachází velké množství technologických otvorů. Ty slouží k tomu, aby zinek zatekl do všech míst a zároveň i odtékl z uzavřených míst rámu (uzavřených profilů). Tyto otvory slouží i pro odtok vody, která může zatéci do rámu při provozu. Žárové zinkování spadá pod normu ČSN EN ISO 1461. [8]

Žárové zinkování se drží určitého postupu: [20][21]

- ideální zavěšení rámu kvůli možným deformacím, které by mohly vzniknout teplem,
- očištění od mastnoty, okují a rzi,
- ponoření do lázně s kyselinou solnou k odmoření,
- opláchnutí ve vodě,
- ponoření do zinkové lázně, která má teplotu 450 °C,
- v lázni dochází k chemické reakci mezi železem a zinkem, tato reakce má za výsledek vznik slitinových fází,
- slitinové fáze zinku a železa mají požadované vlastnosti jako vysoká tvrdost a odolnost proti otěru,
- vzniká vrstva o tloušťce 50–150 μm.

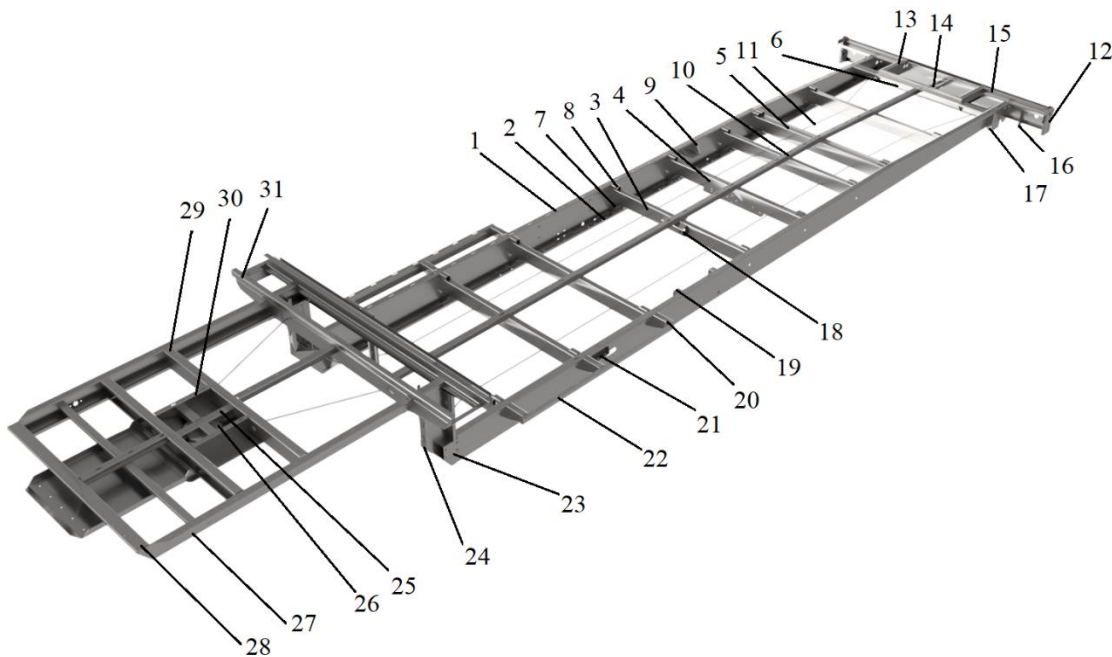
Jednou z výhod žárového zinkování je také fakt, že probíhá při teplotách okolo 450 °C, kdy dochází k odstranění vnitřního pnutí v oblasti svarů, tudíž ocelovou konstrukci nemusíme následně žíhat.

Při zatěžování rámu, který je tvořen otevřenými profily, dochází k vázanému kroucení, které vzniká při nesymetrickém zatížení (síla nepůsobí ve středu smyku daného profilu) nebo při zatěžování nesymetrických profilů. Vázané kroucení způsobuje jak napětí v ohybu, tak v krutu. Mezi hlavní výhody rámu z otevřených profilů patří, že dochází sice k větší deformaci, ale menšímu napětí. Tento fakt je dán tím, že energie, která vzniká při zatěžování, se pohltí právě do deformace. Pokud by byla navržená konstrukce příliš tuhá, docházelo by k malé deformaci a část energie, která vzniká při zatěžování konstrukce, by se pohltila do napjatosti.

Celková hmotnost nosného rámu činí 536 kg.

#### 4.1.1 POPIS KONSTRUKCE NOSNÉHO RÁMU

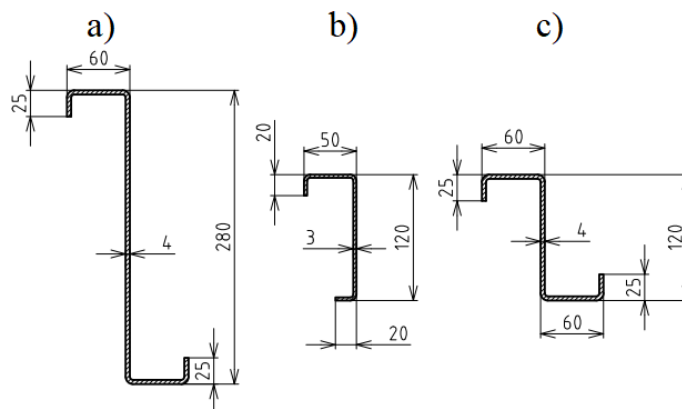
Na obrázku 13 je 3D model rámu návěsu, jehož jednotlivé díly a části budou následně detailně popsány.



Obr. 13 3D model svařence rámu s popisem: 1 – podélný nosník, 2 – plech pod nápravou, 3 – příčný nosník, 4 – příčný nosník pro uchycení řídicí jednotky, 5 – příčný nosník v místě zkosení, 6 – příčný nosník v místě uchycení držáku SPZ, 7 – trojúhelníková výztuha, 8 – plech ve tvaru U, 9 – plech pro uchycení zátěžového ventilu, 10 – středový plech pro kotvení podlahy, 11 – kulatina pro vedení hadic a elektroinstalace, 12 – zadní koryto, 13 – profil v místě držáku SPZ, 14 – profil pro uchycení plynové vzpěry, 15 – obdélníkový profil, 16 – plechy pro uchycení rolny, 17 – plech pro uchycení opěrné nohy, 18 – plech pro uchycení držáku bovdenů, 19 – plechy pro uchycení vzdušníku, 20 – krajní příčná konzole, 21 – plech pro uchycení řídicího ventilu, 22 – krajní plech pro kotvení podlahy, 23 – plechy pro uchycení opěrné nohy, 24 – výztuha, 25 – U profil, 26 – navařovací díl pro uložení návěsového čepu, 27 – podélný nosník v oblasti přípojného zařízení, 28 – přední koryto, 29 – příčný nosník, 30 – plechy výztuhy přípojného zařízení, 31 – vedení vozíku navijáku.

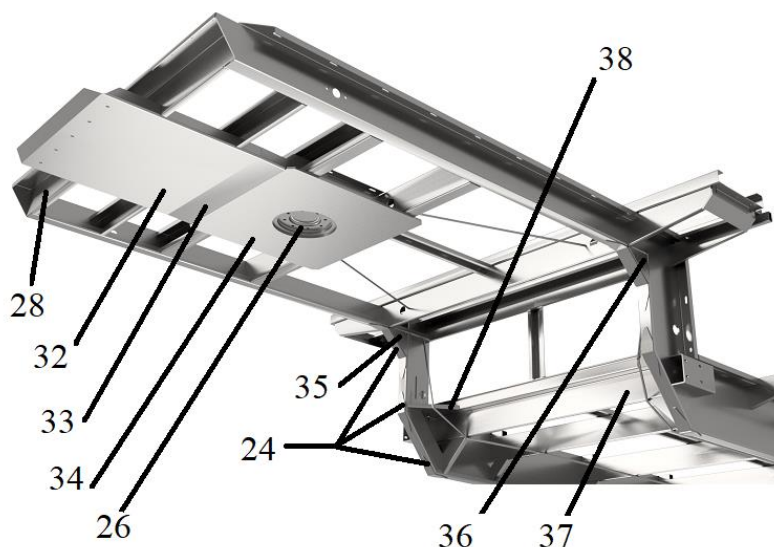
Většina dílů tohoto svařence je vyráběna ohýbáním, čímž získáme díly různých tvarů a správným vyprofilováním plechů také ideální mechanické vlastnosti (tuhost, pevnost, pružnost) při úspoře materiálu. V zadavatelské firmě využívají pro plechy s tloušťkou 2,5 a 6 mm materiál S235JR a pro plechy 3 a 4 mm materiál S355J0. Hlavní podélný nosník (1) je svařen z více částí a v zadní části má pak zešíkmený tvar. Má tvar profilu na obrázku 14 a), je ohnut z plechu tloušťky 4 mm. Mezi jednotlivými částmi hlavního podélného nosníku jsou navařeny pásy plechů, které slouží jako výztuhy a mají tloušťku 4 mm. V místě uložení náprav je hlavní podélný nosník vyztužen pásem plechu (2) o tloušťce 4 mm. Příčné nosníky (3, 4, 5) jsou ohnuty z plechu tloušťky 3 mm a mají tvar, který je uvedený na obrázku 14 b). Příčný nosník (4) má jiný tvar, jelikož je zde umístěna řídicí jednotka brzdového okruhu. Příčný nosník v místě přechodu na zešíkmenou ložnou plochu (5) má přizpůsobený tvar tomuto přechodu. Trojúhelníkové výztuhy (7) mají tloušťku 3 mm a stejně tak i plechy (8), které slouží pro podepření hliníkové podlahy, aby nedocházelo k příliš velké deformaci podlahy při pojíždění přepravovaného vozidla. Středový plech (10) s drážkami, které slouží pro šrouby ke kotvení podlahy, je po celé délce ložné plochy a jeho tloušťka činí 2 mm. Zadní koryto (12) je svařeno z mnoha dílů, musí zde být vytvořena drážka pro připevnění nájezdů při nakládce.

Hlavní profil zadního koryta je ohnut z plechu tloušťky 3 mm a jsou zde vzpěry, které slouží k tomu, aby nedocházelo k příliš velkým deformacím při nakládce. V zadním korytu jsou výseky pro zadní sdružené světlometry a pro světla poziční tzv. tykadla. Krajiní příčná konzole (20) o tloušťce 3 mm je určena pro vyztužení podlahy v místě předních kol přepravovaného motorového vozidla. Je k ní přivařený krajní plech s drážkami (22) pro ukotvení podlahy.



Obr. 14 Profily hlavních podélných a příčných nosníků.

V místě uložení návěsového čepu je nutno této oblasti věnovat zvláštní pozornost a to jak při navrhování konstrukce, tak následně i v pevnostní analýze. Z toho důvodu, že návěsový čep slouží jako spojovací člen tažného motorového vozidla a návěsu, tudíž přenáší velká zatížení a vzniká zde značná napjatost. Na obrázku 15 je detail konstrukce rámu oblasti uložení návěsového čepu s popisem dílů.



Obr. 15 3D Detail v oblasti přípojného zařízení: 24 – výztuha, 26 – navařovací díl pro uložení návěsového čepu, 28 – přední koryto, 32, 33, 34 – plech, 35, 36, 38 – trojúhelníková výztuha, 37 – přední koryto ložné ploch.

V této oblasti má hlavní podélný nosník (27) odlišné rozměry než v místě dolní ložné plochy, jeho rozměry jsou uvedeny na obrázku 14 c) výše. Díly (25) jsou ohnuty do U profilu, mají tloušťku 3 mm. Na tyto díly je přivařen navařovací díl KZ 1008 (26), který slouží k uložení návěsového čepu. V navařovacím dílu je 8 děr se závitem M14. Plech (34) má tloušťku 8 mm, tato tloušťka je určena podle typu navařovacího dílu a je z materiálu S355J0. Plechy (32, 33) mají tloušťku 4 mm a jsou konstrukčně navrženy tak, aby bylo připojení návěsu za tažné vozidlo co nejjednodušší.



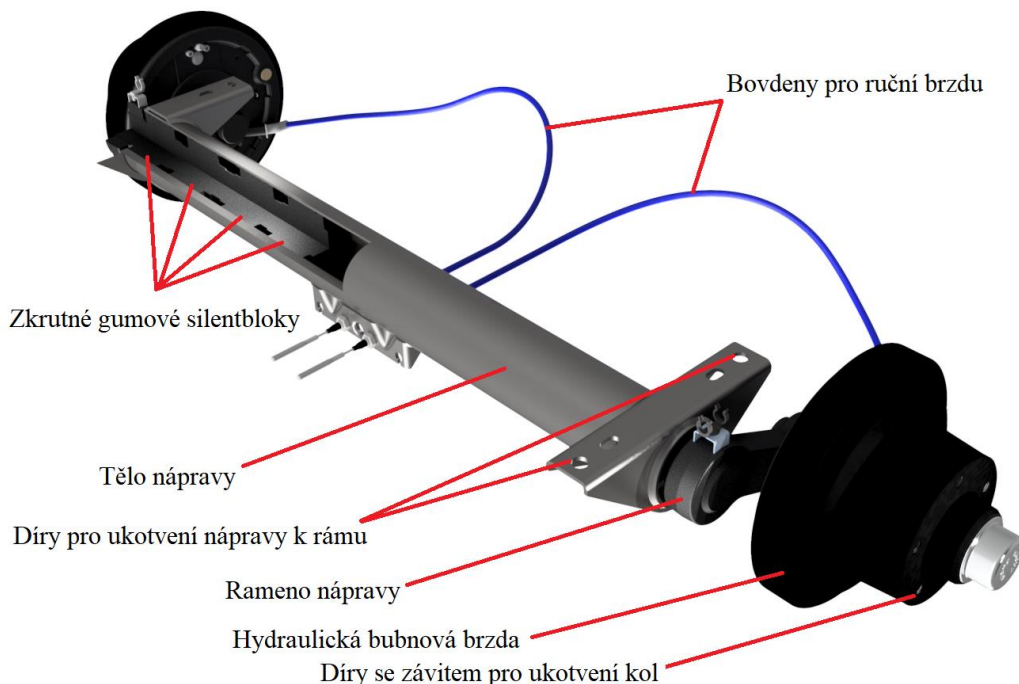
Díly (25) jsou přivařeny k podélným nosníkům (30), které jsou ohnuty do tvaru L a mají tloušťku 3 mm. Příčnický (29), jež jsou ohnuty do C profilu, mají tloušťku 4 mm. Přední koryto (28) má tvar C profilu a tloušťku 3 mm. Oblast (31) je svařená z více dílů a slouží k vedení vozíku navijáku. Navařovací díl KZ1008 je vybrán z katalogu od firmy Jost. [31]

Na rámu se nachází mnoho dalších plechů, konzol, výztuh a dílů, které jsou doložené na výkresu svařence rámu. Dále už nebude prováděn jejich rozbor a popis.

## 4.2 NÁPRAVA

Další důležitou součástí návěsu jsou nápravy. Hlavním úkolem nápravy je tlumení nerovností, které se nachází na pozemní komunikaci nebo mimo ni. Dalším úkolem je udržení kontaktu kol s pozemní komunikací a také tlumení rázů, které vznikají při průjezdu nerovnostmi, jelikož by tyto rázy byly přenášeny do rámu návěsu.

Po konzultaci se zadavatelskou firmou byla vybrána náprava od firmy Knott s typovým označením 414011, která má maximální nosnost 1500 kg. Na návěsu jsou využity tři tyto nápravy. Kotvení nápravy k rámu je pomocí 4 šroubů M16 × 50. Náprava se skládá z těla nápravy, ve kterém je její rameno. Mezi tělem a ramenem nápravy je pružný element. Rameno je osazeno hydraulickou bubnovou brzdou. Náprava se dodává jako celek. Její popis a 3D model je na obrázku 16 níže.

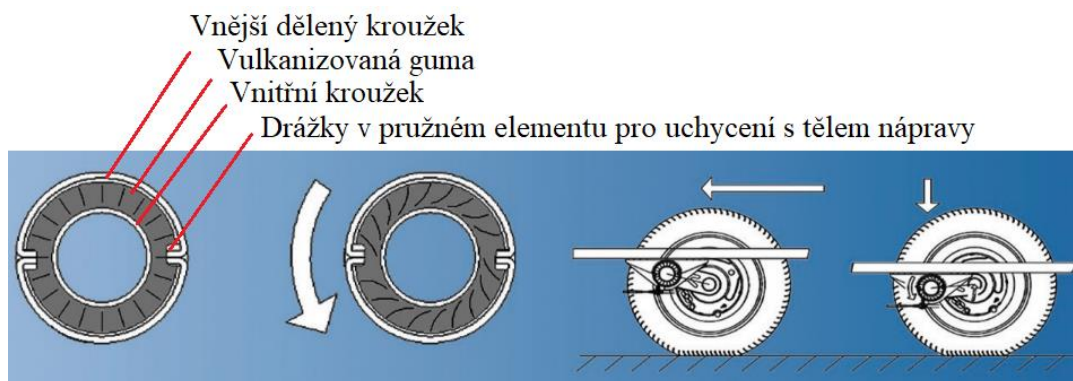


Obr. 16 3D model a schéma nápravy Knott 414011 s popisem prvků. [18]

U těchto druhů nápravy je možné najít několik provedení pružného elementu. Každé toto provedení má jinou pružnou charakteristiku a jinou hysterezní smyčku. Jako pružný element bývá nejčastěji volen gumový prut, jelikož je to jedna z nejjednodušších a nejlevnějších variant, právě proto bývá velmi často využíván u náprav na přívěsy. Další z možností může být tlumení pomocí torzních tyčí, které mají čtvercové nebo kruhové segmenty.

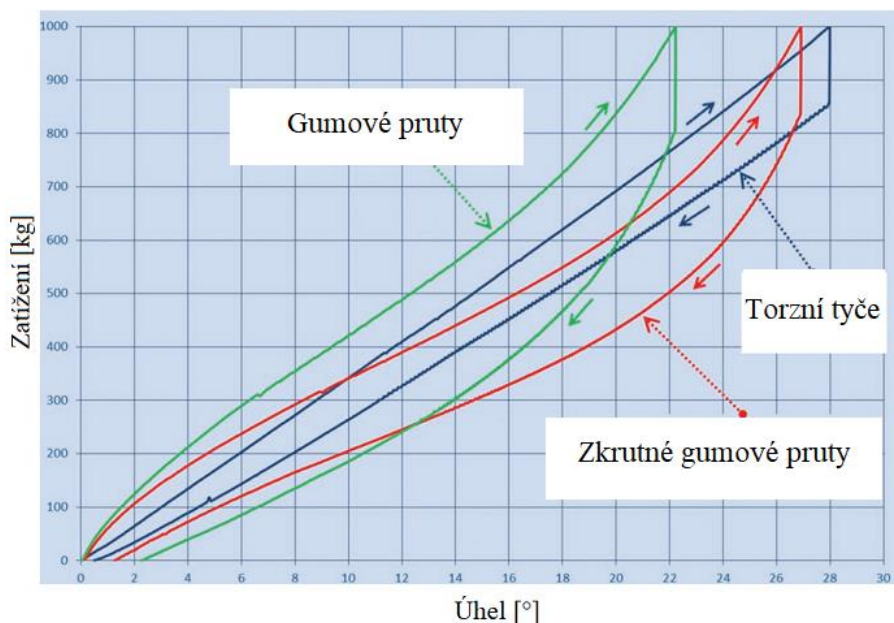


Poslední variantou je pružení pomocí zkrutných gumových silentbloků. Toto řešení je využito právě na zvolené nápravě a nabízí ho pouze společnost Knott. V tomto případě se pružný element skládá z několika silentbloků o různé tuhosti. Díky tomu můžeme variabilně nastavit tuhost nápravy. Silentblok je dále konstruován z vnějšího a vnitřního kroužku, mezi kterými je navulkanizovaná guma. Tento druh pružného elementu je k vidění na obrázku 17, kde je zobrazeno porovnání tvaru těchto silentbloků při nezatíženém a zatíženém návěsu. K této nápravě nemusí být využity tlumiče.



Obr. 17 Schéma funkce nápravy s gumovými zkrutnými silentbloky. [18]

Charakteristiky pružných elementů náprav jsou znázorněny na následujícím grafu, kde jsou vykresleny hysterezní smyčky. Graf (obr. 18) zobrazuje závislost zatížení na úhlu. Hysterezní smyčky popisují množství pohlcené energie pružnými elementy nápravy. Pohlcená energie se poté mění v teplo. Z grafu je patrné, že náprava, která je odpružená zkrutnými gumovými elementy, má do úhlu  $15^\circ$  degenerativní charakteristiku a od úhlu  $15^\circ$  má poté progresivní charakteristiku. Tento druh odpružení má výrazně větší tlumení než náprava, která je odpružená gumovými pruty. Nápravy s gumovými pruty mají progresivní charakteristiku v celém průběhu pružení a také největší tlumicí účinky. Náprava odpružená torzními tyčemi má lineární charakteristiku pružení a vyznačuje se minimálními tlumicími účinky. Tuhost těchto náprav se dá modifikovat délkou prutů.



Obr. 18 Hysterezní smyčky jednotlivých druhů odpružení. [18]

### 4.2.1 BRZDY

Náprava je osazena hydraulickou bubnovou brzdou s typovým značením 413816 od společnosti Knott. Jelikož je bubnová brzda hydraulická a z tažného vozidla vede do brzdové soustavy stlačený vzduch, je nutné využít vzduchokapalinový převodník. Provozní brzdová soustava návěsu je složena ze dvou okruhů. Prvním z nich je okruh plnicí, kde dochází k plnění stlačeného vzduchu do vzduchojemu o objemu 20 l. Druhý okruh je okruh ovládací – slouží pro ovládání brzdného účinku soustavy. Spojením tažného vozidla s návěsem dochází k dodávce stlačeného vzduchu přes řídicí ventil soustavy. Pokud dojde k brzdění, pak rozvaděč, který je ovládán elektronickou řídicí jednotkou, dodává stlačený vzduch do vzduchokapalinového převodníku. Zde dochází k tomu, že se mění ovládací médium soustavy ze stlačeného vzduchu na hydraulickou kapalinu, která pak pokračuje do hydraulických brzdových válců. Objem dodávky stlačeného vzduchu do převodníku je regulován automaticky a to prostřednictvím zátěžového regulátoru. Brzdová soustava obsahuje vzduchové hadice a rozvody hydraulické kapaliny, vzduchojem a další prvky. Velká část prvků brzdové soustavy je dodávána společností WABCO, která ke každému prvku dodává výkres se zástavbovými rozměry a katalog s charakteristickými vlastnostmi. Tato firma dodává i schéma zapojení brzdové soustavy. Provozní brzdění musí zajistit okamžitou reakci na sešlápnutí brzdového pedálu a musí dojít k rychlému brzdnému účinku při různých rychlostech, bez ohledu na to, zdali je návěs prázdný nebo naložený. Návěs je vybaven elektronickým brzdovým systémem, který zaručí ideální vzájemné brzdné účinky mezi tažným vozidlem a návěsem. Tento systém zajistí okamžitou reakci, zkrátí brzdný účinek a rozdělí brzdné síly mezi jednotlivé nápravy. Další prvek výbavy návěsu je protiblokovací systém – ABS. Brzdný účinek vznikne přeměnou kinetické energie návěsu na teplo. Teplo vzniká třením rotujících částí vůči pevným částem brzdy.

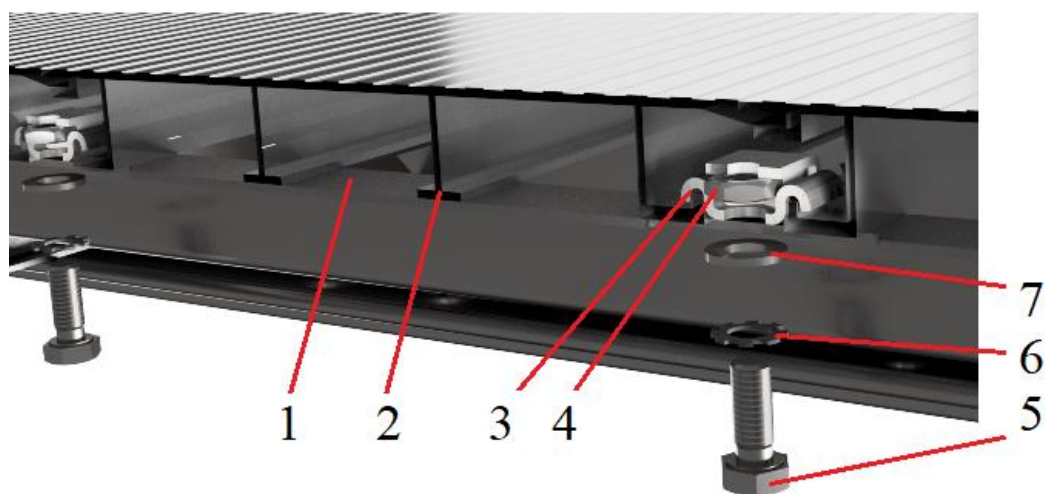
Další kategorií je brzdění nouzové. Nouzové brzdění je využito tehdy, když není umožněno provozního brzdění zpravidla z důvodu nějaké poruchy v brzdové soustavě. Za poruchu je možné považovat nemožnost dodávky stlačeného vzduchu mezi tažným vozidlem a návěsem (mechanické poškození vzduchových hadic, mechanické poškození rozvodů hydraulické brzdné kapaliny). Jako poslední je brzdění parkovací, to musí zajistit návěs proti volnému pohybu, když je odpojený od tažného vozidla a je tak přerušena dodávka stlačeného vzduchu. Tento návěs je vybaven ruční parkovací brzdou, kdy ruční brzda je spojena s vahadlem bovdenů ocelovým lankem. Ve vahadle jsou uchyceny za jeden konec bovdeny od první a druhé nápravy. A druhý konec bovdenů je pak dále uchycen v jednotlivých bubnových brzdách. [3]

### 4.3 PODLAHA

Podlaha přípojných vozidel sloužících pro dopravu motorových vozidel může být v několika konstrukčních provedeních – hliníková podlaha, překližková podlaha, podlaha z vyprofilovaných nerezových plechů. Při výběru podlahy se nejčastěji bere ohled na čas montáže a cenu.

Na podlahu tohoto návěsu byl vybrán hliníkový profil  $200 \times 25$  mm, který dodává společnost Transtechnik. Tento profil se kotví k nosnému rámu do drážek, které jsou vyraženy v hlavních podélných nosnících a v dalších profilech při výrobě, pomocí šroubů  $M8 \times 20$  mm nebo v místě vyztužení hlavního podélného nosníku šrouby  $M8 \times 25$  mm. Hliníkové lamely jsou nařezány na přesný rozměr a tam, kde jsou v podlaze kotvící třmeny, jsou vyříznuty obdélníkové otvory podle výkresu na okružní pile. Jednotlivé hliníkové lamely jsou konstrukčně navrženy tak, aby do sebe zapadaly. Až je celá podlaha naskládána na nosný rám a je srovnána, pak se na ni umístí

obvodový hliníkový profil, tzv. podélník, který je k těmto hliníkovým lamelám přinýtován pomocí mnoha nerezových trhacích nýtů  $4,8 \times 11$  mm. V tomto podélníku jsou vyvrtány díry o průměru 22 mm, do kterých je možné vložit kolovou zarážku. Dále proběhne vrtání děr pomocí vrtacího přípravku kvůli ukotvení zapuštěných misek, v nichž jsou umístěné pogumované kotvící třmeny. Spojování jednotlivých hliníkových podlahových lamel je na obrázku 19. Na obrázku je k vidění kotvení jednotlivých lamel k nosnému rámu pomocí šroubů a šestihranné matice, která je umístěna v kleci. Tato klec je složena z plastu aretujícího matici v přesné poloze proti protočení při utahování a do tohoto plastu zapadá nerezový plech, jehož drážky drží jednotlivé lamely. Přitáhnutím tohoto šroubového spoje dojde k přesnému ustavení jednotlivých lamel mezi sebou. Obvodové hliníkové profily (podélníky) jsou v místě napojení snýtovány. V místě spoje mezi jednotlivými podélníky je do těchto profilů vložena tzv. spojka.



Obr. 19 Detailní ukotvení jednotlivých podlahových lamel s popisem: 1 – nosný rám, 2 – podlahová lamela, 3 – maticová klec, 4 – šestihránná matice M8 (DIN 439 – 2), 5 – šroub s šestihránnou hlavou M8 × 20 (DIN 933), 6 – podložka vějířová vnější M8 / 8,4 (DIN 6798A), 7 – podložka plochá M8 / 8,4 (DIN 125A).

Počet kotvících třmenů je určený výpočtem, který spadá pod normu ČSN EN 12640. Norma dále udává, že pokud má ložná plocha délku více než 2200 mm, musí být umístěno nejméně 6 kotvících třmenů a to 3 na každé straně. Další podmínkou je, že vzdálenost mezi sousedními třmeny nemůže být větší než 1000 mm. Na tomto návěsu se vzdálenost prvního kotevního třmene od čelní plochy ložné plochy odvíjí od polohy předního kola přepravovaného motorového vozidla. Od zadního koryta by pak vzdálenost posledního kotvícího třmene neměla být větší než 500 mm. V roce 2020 vešla v platnost nová verze, kde však nedošlo k zásadním změnám, pouze drobná změna je ve vzdálenosti kotvících třmenů. Výpočet je proveden podle doporučených výpočtů z předchozí verze normy. Pro vozidla s celkovou hmotností překračující 3,5 tuny, ale nepřekračující 7,5 tuny je výpočet následující dle normy: [7]

$$x_{KT} = \frac{1,5 \cdot P}{8} = \frac{1,5 \cdot m_{MV} \cdot g}{8} \quad [-] \quad (11)$$

$$x_{KT} = \frac{1,5 \cdot (4000 \cdot 9,81) \cdot 10^{-3}}{8}$$

$$x_{KT} = 7,4$$

Rovnice (11), kde:

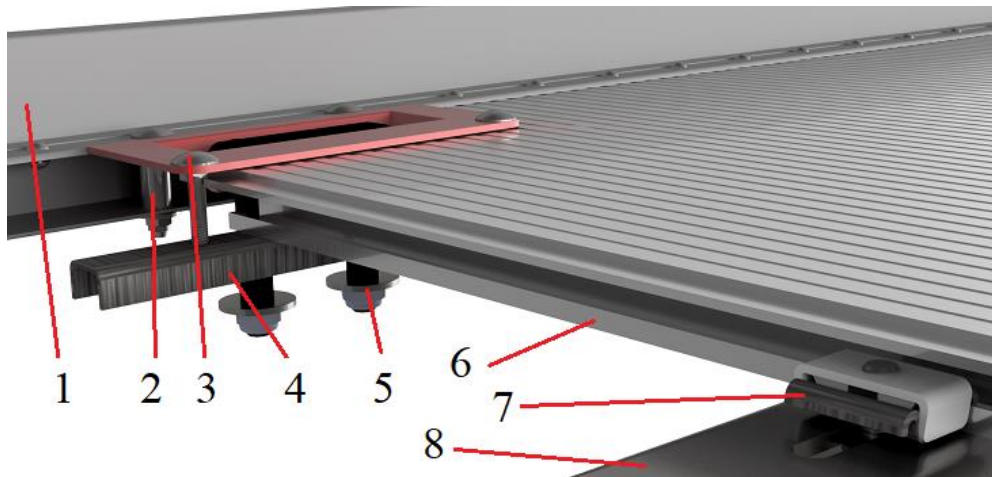
$x_{KT}$  počet kotvících třmenů [-],

$P$  setrvačná síla určená z maximálního užitečného zatížení [kN],

$m_{MV} = 4000 \text{ kg}$  hmotnost motorového vozidla [kg], viz kapitola 2.2.2,

$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  tíhové zrychlení, [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ].

Výpočtem bylo určeno, že minimální počet kotvících třmenů je po zaokrouhlení 8. Na návěs se nachází 10 párů zapuštěných misek s kotvícími třmeny a jsou rozmístěny tak, aby došlo k ideálnímu ukotvení motorového vozidla na podlaze, protože je předpokládáno, že návěs bude využíván pro přepravu více druhů motorových a nákladních vozidel s odlišným rozvorem náprav. Na obrázku 20 je vidět uložení zapuštěné misky s kotvícím třmenem v podlaze. Tato miska je připevněna vratovými šrouby M6 × 35 mm. U dvou těchto šroubů, které prochází obvodovým hliníkovým profilem, je vložena hliníková trubka, aby při montáži nedocházelo k deformaci tohoto profilu. U zbylých dvou šroubů, které prochází pouze podlahou, je využit plech ve tvaru U, aby docházelo k rozložení fixační síly na více podlahových lamel.



Obr. 20 Ukotvení zapuštěné misky s kotvícím třmenem do podlahy s popisem: 1 – boční hliníkový profil, 2 – hliníková trubka, 3 – šroub vratový 6 × 35 (DIN 603), 4 – plech, 5 – kotvící třmen, 6 – podlahová lamela, 7 – maticová klec, 8 – nosný rám.

#### 4.4 KOLA, REZERVNÍ KOLA, OCHRANA PROTI ROZSTŘIKU

Na návěsu jsou použity pneumatiky Wanda s rozměrem 195/55 R10 C a hmotnostním indexem 98/96 N a disky s označením 6,0 × 10H2/ET – 2 s přípojným roztečným průměrem 140 mm. Nosnost těchto pneumatik je 750 kg. Blatníky, které brání rozstříku, jsou přinýtovány do plechu pod blatníky. Tento plech je přinýtovaný do podlahových lamel nerezovými trhacími nýty 4,8 × 13. U třetí nápravy je na blatník přinýtovaná zástěrka, která brání rozstříku. Blatníky jsou použity od společnosti AL-KO s šířkou 220 mm a délkou 680 mm.

Návěs je vybavený dvěma rezervními koly. Tato kola jsou umístěna na držácích rezervního kola, které najdeme v přední části návěsu na ložné ploše nad návěsovým čepem. Držáky jsou připevněny do podlahových lamel pomocí šroubových spojů. Rezervní kolo se uvolní tím, že se povolí tři šroubové spoje a demontuje se plech, který slouží pro zafixování kola, pak už je možné kolo vyjmout z tohoto držáku.



#### 4.5 NÁVĚSOVÝ ČEP

Spojení návěsu s tažným vozidlem je prostřednictvím návěsového čepu, který přenáší síly mezi těmito vozidly. Na návěsu je použit návěsový čep od společnosti Jost s typovým označením KZ 1008 (obr. 21), přípojný průměr činí 50,8 mm.

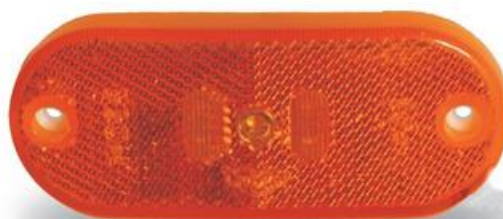
Návěsový čep je přišroubován do navařovacího dílu, který je vybrán podle čepu, 8 pevnostními šrouby M14 × 35. Výrobce předepisuje utahovací moment těchto šroubů na 190 N·m a dále deklaruje maximální tažnou sílu pro tento typ, která činí 162 kN.



Obr. 21 Návěsový čep Jost. [32]

#### 4.6 OSVĚTLENÍ NÁVĚSU

Osvětlení a jeho umístění na návěsu musí splňovat legislativní požadavky a směrnici EHK 48. Na návěsu je využita 12V elektroinstalace, zásuvka 15pólová. Osvětlení návěsu je pomocí zadních sdružených LED světlometů WAS (obr. 22), které jsou namontovány v zadním korytě. Dále jsou součástí osvětlení dvě přední obrysová LED svítidla, boční poziční LED svítidla (obr. 22) v počtu třech kusů na každé straně a poziční světla, tzv. tykadla. Registrační značka umístěná na sklopné brance je osvětlena dvěma zapuštěnými svítilkami. Na návěsu jsou na zadním korytě dvě výstražné tabule a návěs je polepen reflexním polepem. V zadním korytě je umístěna 7pólová zásuvka, která je určena pro připojení přídatných světel.



Obr. 22 Zadní LED obrysová světlo (vlevo), boční poziční LED svítidla (vpravo). [33][34]

#### 4.7 NÁJEZDY A DALŠÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

Návěs je vybaven dvěma skládacími nájezdy s typovým označením M115, hlavou typu G od společnosti Metalmecc. Jsou určeny pro zátěž v páru 2000 kg. Nájezdy mají šířku 360 mm a jsou objednány na zakázku se specifickou délkou 2000 mm a zkosením, aby nájezdový úhel činil 13°.

Jejich pozice při přepravě je na ložné ploše nad návěsovým čepem, jsou upevněny pomocí dvou ráčen s textilními popruhy (kurtnami).

Další výbavou jsou přední opěrné nohy HAACON (nosnost 2000 kg), které zajišťují návěs ve svislé poloze, když je odpojen od tažného vozidla. Při přepravní poloze jsou tyto nohy zvednuty do takové polohy, aby nedocházelo ke kolizi s pozemní komunikací nebo překážkami. Zadní opěrné nohy slouží k tomu, že při nakládce zajistí svislou polohu zadní části ložné plochy. Při přepravní poloze jsou zvednuty, aby nedocházelo ke kolizi mezi pozemní komunikací a překážkami na vozovce.

Mezi další prvky výbavy na návěsu lze zařadit boční hliníkový profil, který slouží proti bočnímu vklínění jiných motorových vozidel. Je přichycen pomocí svařovaných konzol k podlahovému lamelám. Mezi další příslušenství lze zařadit plechové zakládací klíny Transtechnik, AL-KO box, štítek pod registrační značku.

Součástí výbavy je i naviják, který se využívá při nakládce. Elektrický lanový naviják je od společnosti ComeUP s typovým označením Rhino 8. Naviják je ovládán bezdrátovým ovládáním. Na návěsu musí být zásuvka na 12 V pro připojení navijáku. Výrobce udává, že tento naviják dokáže působit deklarovanou tažnou silou na motorová vozidla o hmotnosti 3000–4000 kg.

## 5 ZATĚŽOVACÍ STAVY

V této kapitole jsou určeny silové účinky, které na nosný rám návěsu působí v běžném provozu. Tyto silové účinky vstupují do výpočtu pevnostní analýzy. Vznik napětí a deformací v nosném rámu způsobují právě tyto silové účinky. V pevnostní analýze je nosný rám podroben zatěžovacím stavům – stání, konstantní přímá jízda, akcelerace, brzdění, průjezd zatáčkou. Tyto stavy jsou určeny z koeficientů, které udává norma. Dále je návěs nutné překontrolovat na stav při nakládce. V běžném provozu může docházet i ke stavům, které nelze zařadit do výše zmíněných. Jelikož se podmínky pro tyto stavy, vznikající zpravidla špatnou manipulací nebo jízdou, těžko určují, nebudou do této pevnostní analýzy zohledněny.

Představu zrychlení u zatěžovacích stavů udává norma ČSN EN 12195-1 *Prostředky pro zajišťování břemen na silničních vozidlech – Bezpečnost – Část 1: Výpočet přivazovacích sil*. V kapitole 4 *Koeficienty zrychlení* je možné najít hodnoty koeficientů zrychlení, které jsou uvedeny níže v tabulce 4. Pokud jsou tyto koeficienty dosazeny společně s tíhovým zrychlením, tak jsou určeny hodnoty velikostí zrychlení v daných směrech při běžném provozu po pozemní komunikaci. Koeficienty uvedené v tabulce platí pro vozidla o nejvyšší přípustné hmotnosti, která převyšuje 3500 kg. Tato podmínka je splněna, jelikož navržený návěs spadá do kategorie O3. Tato norma je určena spíše pro zajištění břemen při přepravě, ale slouží pro ideální představu o zrychleních, která při této přepravě vznikají. Navíc tyto koeficienty jsou bezpečné, jelikož nabývají vyšších hodnot, tudíž je možné je využít při výpočtu. Tyto koeficienty navíc převyšují mezní stavy z pohledu dynamiky vozidel a fyzikální podstaty. [6]

Tab. 4 Hodnoty koeficientů zrychlení při přepravě po pozemní komunikaci. [6]

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	–	–	1,0
příčném směru	–	–	0,5	0,5/0,6	1,0

### 5.1 STÁNÍ, PŘÍMÁ JÍZDA

Při tomto zatěžovacím stavu působí na návěs pouze tíhové zrychlení. V běžném provozu navíc vznikají rázová zrychlení, která jsou způsobena přejezdem nerovností a výmolů na pozemní komunikaci. Tato zrychlení jsou pohlcena pneumatikami a také nápravami. Vhodnou náhradou těchto prvků ve výpočtovém modelu je možné tato zrychlení zanedbat.

V této situaci přenáší veškeré svislé zatížení pneumatiky a nápravy. Síla, která vzniká podélným nevyvážením a nepřesným ukotvením přepravovaného vozidla, je pohlcena v návěsovém čepu.

Tento zatěžovací stav není stavem, při kterém by se měly na nosném rámu vyskytovat kritická napětí a místa. Slouží pro základní kontrolu rámu a také pro ideální představu, kde by se tato místa mohla vyskytovat.

## 5.2 AKCELERACE

Při akceleraci vzniká nejvyšší hodnota zrychlení a to v momentu, kdy se jízdní souprava rozjíždí z klidového stavu. Zrychlení působí v podélném směru jízdy a dle tab. 4 mu tak připadá hodnota koeficientu zrychlení 0,5. Na návěs během tohoto zatěžovacího stavu působí samozřejmě tíhové zrychlení ve svislém směru. V tomto stavu přenáší pneumatiky a nápravy svislé zatížení. Prostřednictvím návěsového čepu je přenášena podélná tažná síla od tažného vozidla.

### VÝPOČET HODNOTY ZRYCHLENÍ PRO ZATĚŽOVACÍ STAV AKCELERACE

$$a_{x,AKC} = c_{x,VZAD} \cdot g \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (12)$$

$$a_{x,AKC} = 0,5 \cdot 9,81$$

$$a_{x,AKC} = 4,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rovnice (12), kde:

$$a_{x,AKC} = 4,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{zrychlení pro zatěžovací stav akcelerace, } [m \cdot s^{-2}],$$

$$c_{x,VZAD} = 0,5 \quad \text{koeficient zrychlení podélně vzad, viz tab. 4 výše, } [-],$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, } [m \cdot s^{-2}].$$

## 5.3 PRŮJEZD ZATÁČKOU

Dalším zatěžovacím stavem je průjezd zatáčkou. Ideální představou pro tento stav je rovnoměrný pohyb po kružnici, kdy na návěs působí dostředivé (příčné) zrychlení do středu oblouku zatáčky (oblouku). Při tomto zrychlení vzniká setrvačná síla, která má opačný směr než je směr dostředivého zrychlení. Koeficient zrychlení v příčném směru udává tab. 4, jehož hodnota je 0,5. Na nosný rám návěsu je také aplikováno tíhové zrychlení ve svislém směru. V jedné polovině nosného rámu vznikají výrazná napětí.

Pneumatiky přenáší jak svislé zatížení, tak příčnou sílu. Navíc přes návěsový čep je přenášena svislá síla.

### VÝPOČET HODNOTY ZRYCHLENÍ PRO ZATĚŽOVACÍ STAV PRŮJEZD ZATÁČKOU

$$a_{z,ZAT} = c_y \cdot g \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (13)$$

$$a_{z,ZAT} = 0,5 \cdot 9,81$$

$$a_{z,ZAT} = 4,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rovnice (13), kde:

$$a_{z,ZAT} = 4,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{zrychlení pro zatěžovací stav průjezd zatáčkou, } [m \cdot s^{-2}],$$

$$c_y = 0,5 \quad \text{koeficient zrychlení příčně, viz tab. 4 výše, } [-],$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, } [m \cdot s^{-2}].$$



## 5.4 BRZDĚNÍ

Zatěžovací stav brzdění je další z běžných situací. Při zpomalování jízdní soupravy dochází ke vzniku setrvačného zrychlení, které působí na návěs s nákladem. Při počátku brzdného účinku nebo při případné poruše brzdové soustavy mohou nastat různé druhy a situace brzdění.

### 5.4.1 VYROVNANÉ BRZDĚNÍ

V běžném provozu je tento stav nejčastější. Dochází k brzdnému účinku jak u tažného vozidla, tak u připojeného návěsu. Hodnota koeficientu zrychlení je určena z tab. 4 a činí 0,8. Tato hodnota koeficientu uvažuje nejvyšší možné zpomalení jízdní soupravy a zahrnuje i zvýšenou míru bezpečnosti. Na návěs také působí tíhové zrychlení ve svislém směru.

Brzdný účinek má tendenci překlápět návěs dopředu, což vede ke zvětšení svislé síly, která působí na návěsový čep. Při tomto stavu dochází ke vzniku napětí v přední části návěsu u návěsového čepu. V podélném směru není předpokládána žádná síla v návěsovém čepu a to díky EBS (elektronický brzdý systém), který rozděluje brzdý účinek mezi jednotlivé nápravy a kola a zabrání tak vzniku reakcí mezi tažným vozidlem a návěsem v podélném směru. Pneumatiky přenáší jak svislé zatížení, tak brzdnu sílu.

#### VÝPOČET HODNOTY ZRYCHLENÍ PRO ZATĚŽOVACÍ STAV VYROVNANÉ BRZDĚNÍ

$$a_{x,VB} = c_{x,VPŘED} \cdot g \quad \left[ \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \right] \quad (14)$$

$$a_{x,VB} = 0,8 \cdot 9,81$$

$$a_{x,VB} = 7,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rovnice (14), kde:

$$a_{x,VB} = 7,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{zrychlení pro zatěžovací stav vyrovnané brzděné, } \left[ \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \right],$$

$$c_{x,VPŘED} = 0,8 \quad \text{koeficient zrychlení podélně vpřed, viz tab. 4 výše, } [-],$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, } \left[ \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \right].$$

### 5.4.2 BRZDĚNÍ POUZE TAŽNÝM VOZIDLEM

Tento stav nastává výjimečně a může k němu dojít pouze tehdy, když vznikne porucha v brzdém systému a z neznámého důvodu nedojde ke spuštění nouzové brzdy.

Velikost výsledného zrychlení, které působí na návěs, je možné snížit o poměr nejvyšší přípustné hmotnosti tažného vozidla a nejvyšší přípustné hmotnosti jízdní soupravy. Ve vyhlášce č. 209/2018 Sb. *Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidla* je uvedeno, že nejvyšší přípustná hmotnost jízdní soupravy činí 48 t. Zákazník bude využívat jako tažné vozidlo Iveco Daily 70C21 typu podvozek s kabinou. Maximální hmotnost tažného vozidla činí 7000 kg, tudíž maximální hmotnost jízdní soupravy je 12500 kg.

V tomto zatěžovacím stavu přenáší pneumatiky pouze svislé zatížení a návěsový čep přenáší jak podélnou, tak svislou sílu.

**VÝPOČET HODNOTY ZRYCHLENÍ PRO ZATĚŽOVACÍ STAV BRZDĚNÍ POUZE TAŽNÝM VOZIDLEM**

$$a_{x,TV} = \frac{m_{MAX,TV}}{m_{MAX,JS}} \cdot c_{x,VPŘED} \cdot g \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (15)$$

$$a_{x,TV} = \frac{7000}{12500} \cdot 0,8 \cdot 9,81$$

$$a_{x,N} = 4,39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Rovnice (15), kde:

$$a_{x,N} = 4,39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{zrychlení pro zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem, [m} \cdot \text{s}^{-2}\text{]},$$

$$c_{x,VPŘED} = 0,8 \quad \text{koeficient zrychlení podélně vpřed, viz tab. 4 výše, [-]},$$

$$m_{MAX,TV} = 7000 \text{ kg} \quad \text{maximální přípustná hmotnost tažného vozidla, viz kapitola 5.4.2, [kg]},$$

$$m_{MAX,JS} = 12500 \text{ kg} \quad \text{maximální hmotnost jízdní soupravy, viz kapitola 5.4.2, [kg]},$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, [m} \cdot \text{s}^{-2}\text{]}.$$

**5.4.3 BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM**

Brzdění pouze návěsem lze považovat za nouzovou situaci. Pokud dojde k přerušení dodávky stlačeného vzduchu do brzdové soustavy a následnému úniku stlačeného vzduchu, je tato soustava navržena tak, aby došlo k okamžitému zabrzdění návěsu. Přerušení dodávky stlačeného vzduchu může být zapříčiněno porušením hadic nebo závadou na komponentech brzdové soustavy.

Velikost výsledného zrychlení bude nižší než hodnota při vyrovnaném brzdění. Výpočet je proveden podobně jako v předchozím případě s tím, že hmotnost tažného vozidla je nahrazena hmotností návěsu. Pro tento výpočet je nutné brát ohled na nejnižší hmotnost tažného vozidla, která činí 5500 kg.

Návěsový čep přenáší svislou a podélnou sílu. Velikost podélné síly je určena z nejvyšší přípustné hmotnosti tažného vozidla (7000 kg). Při výpočtu zrychlení bylo počítáno s nejnižší hmotností tažného vozidla a pro výpočet podélné síly bylo počítáno s nejvyšší přípustnou hmotností tažného vozidla. Tím je zaručeno, že získáme maximální hodnoty zrychlení a síly. Pneumatiky pak přenáší brzdovou sílu a svislé zatížení.

## VÝPOČET HODNOTY ZRYCHLENÍ PRO ZATĚŽOVACÍ STAV BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM

$$a_{x,N} = \frac{m_{MAX,N}}{m_{MAX,N} + m_{MIN,TV}} \cdot c_{x, VPŘED} \cdot g \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (16)$$

$$a_{x,N} = \frac{5500}{5500+5500} \cdot 0,8 \cdot 9,81$$

$$a_{x,N} = 3,92 m \cdot s^{-2}$$

Rovnice (16), kde:

$$a_{x,N} = 3,92 m \cdot s^{-2} \quad \text{zrychlení pro zatěžovací stav brzdění pouze návěsem, [m \cdot s^{-2}]},$$

$$c_{x, VPŘED} = 0,8 \quad \text{koeficient zrychlení podélně vpřed, viz tab. 4 výše, [-]},$$

$$m_{MAX,N} = 5500 \text{ kg} \quad \text{maximální přípustná hmotnost návěsu, [kg]},$$

$$m_{MIN,TV} = 5500 \text{ kg} \quad \text{minimální hmotnost tažného vozidla pro nouzové brzdění, [kg]},$$

$$g = 9,81 m \cdot s^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, [m \cdot s^{-2}]}.$$

## VÝPOČET PODÉLNÉ SÍLY V NÁVĚSOVÉM ČEPU

$$F_{x,N} = \frac{m_{MAX,N}}{m_{MAX,N} + m_{MAX,TV}} \cdot c_{x, VPŘED} \cdot g \cdot m_{MAX,TV} \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (17)$$

$$F_{x,N} = \frac{5500}{5500+12500} \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 12500$$

$$F_{x,N} = 29,98 \text{ kN}$$

Rovnice (17), kde:

$$F_{x,N} = 29,98 \text{ kN} \quad \text{podélná síla působící na návěsový čep při brzdění pouze návěsem, [N]},$$

$$m_{MAX,N} = 5500 \text{ kg} \quad \text{maximální přípustná hmotnost návěsu, [kg]},$$

$$m_{MAX,TV} = 12500 \text{ kg} \quad \text{maximální přípustná hmotnost tažného vozidla, [kg]},$$

$$c_{x, VPŘED} = 0,8 \quad \text{koeficient zrychlení podélně vpřed, viz tab. 4 výše, [-]},$$

$$g = 9,81 m \cdot s^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, [m \cdot s^{-2}]}.$$

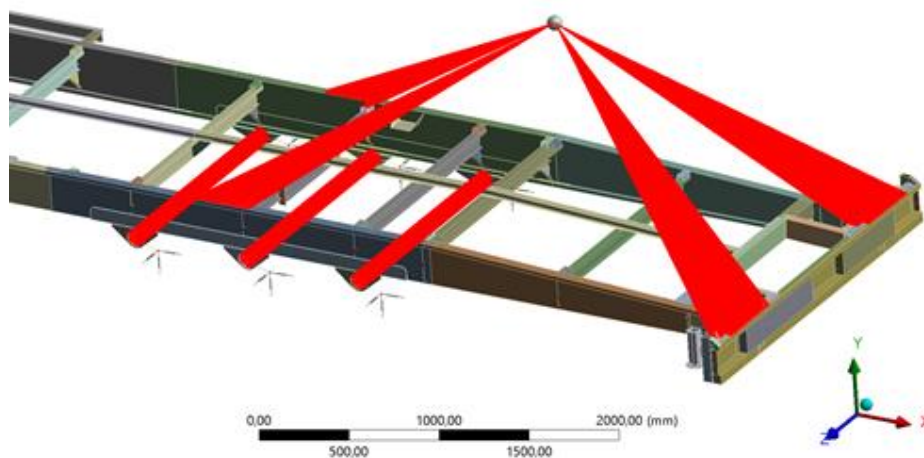
## 5.5 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Během běžného provozu může docházet ke kombinaci výše zmíněných zatěžovacích stavů, ale také ke stavům, které nejdou lehce popsat a pro pevnostní kontrolu jsou zanedbány. Pro představu kombinace zatěžovacích stavů je možné brát například akceleraci (brzdění) v zatáčce. Na kombinaci výše zmíněných stavů nahlíží norma ČSN EN 12195-1 jako na superpozici základních stavů s nižšími hodnotami koeficientů zrychlení. Tyto nižší hodnoty koeficientů lze chápat tak, že v zatáčce nelze využít maximálního brzdného účinku, protože pneumatiky návěsu by ho nedokázaly přenést. V pevnostní kontrole tyto kombinace zatěžovacích stavů nebudou simulovány a počítány.

## 5.6 NAKLÁDKA

Mezi poslední zatěžovací stav, pro který bude provedena pevnostní kontrola, je nakládka motorového vozidla. Při tomto stavu je návěs zabrzděn, dojde k jeho zapatkování pomocí opěrných noh a následně jsou ustaveny nájezdy.

Pro tento stav je brána situace (obr. 23), kdy se přední kola motorového vozidla nachází na ložné ploše a zadní kola se nachází na hraně zadního koryta, jako nejkritičtější. Nájezdy jsou nakupované a jejich model nebyl poskytnut výrobcem, tudíž nebudou kontrolovány.



Obr. 23 Poloha nákladního motorového vozidla N2 vůči ložné ploše návěsu při nakládce.

## 6 VÝPOČET MEZNÍCH STAVŮ ÚNOSNOSTI

Nosný rám je svařen z ohýbaných profilů z materiálů S235JR (ČSN 11 373) a S355J0 (ČSN 11 523). Tyto oceli lze zařadit do běžných konstrukčních ocelí, které jsou vhodné pro svařované nosné konstrukce. Tyto materiály si zachovávají své vlastnosti i za nižších teplot. Výpočet mezních stavů únosnosti spadá pod normu ČSN EN 1993-1-1 (dříve ČSN 73 1401). [16]

### 6.1 KONSTRUKČNÍ OCEL S235JR (ČSN 11373)

Výpočet návrhové pevnosti:

$$f_{yd, S235JR} = \frac{R_{e, S235JR}}{\gamma_M} \quad [\text{MPa}] \quad (18)$$

$$f_{yd, S235JR} = \frac{235}{1,15}$$

$$f_{yd, S235JR} = 204 \text{ MPa}$$

Rovnice (18), kde:

$$f_{yd, S235JR} = 204 \text{ MPa} \quad \text{hodnota návrhové pevnosti, [MPa],}$$

$$R_{e, S235JR} = 235 \text{ MPa} \quad \text{hodnota dolní mez kluzu materiálu S235JR, [MPa], [35]}$$

$$\gamma_M = 1,15 \quad \text{součinitel spolehlivosti materiálu, [-]. [16]}$$

Výpočet dovoleného napětí po zahrnutí dynamického součinitele:

$$f_{D, S235JR} = \frac{f_{yd, S235JR}}{k_D} \quad [\text{MPa}] \quad (19)$$

$$f_{D, S235JR} = \frac{204}{1,5}$$

$$f_{D, S235JR} = 136 \text{ MPa}$$

Rovnice (19), kde:

$$f_{D, S235JR} = 136 \text{ MPa} \quad \text{hodnota dovoleného napětí zahrnující dynamický součinitel, [MPa],}$$

$$f_{yd, S235JR} = 204 \text{ MPa} \quad \text{hodnota návrhové pevnosti, [MPa], rovnice (18),}$$

$$k_D = 1,5 \quad \text{dynamický součinitel, [-]. [16]}$$

Dovolené napětí slouží pro porovnávání maximálních hodnot vypočítaných v pevnostní kontrole. Hodnota dovoleného napětí pro materiál S2335JR činí  $f_{D, S2335JR} = 136 \text{ MPa}$ .

## 6.2 KONSTRUKČNÍ OCEL S355J0 (ČSN 11523)

Výpočet návrhové pevnosti:

$$f_{yd, S355J0} = \frac{R_{e, S355J0}}{\gamma_M} \quad [\text{MPa}] \quad (20)$$

$$f_{yd, S355J0} = \frac{355}{1,15}$$

$$f_{yd, S355J0} = 309 \text{ MPa}$$

Rovnice (20), kde:

$$f_{yd, S355J0} = 309 \text{ MPa} \quad \text{hodnota návrhové pevnosti, [MPa],}$$

$$R_{e, S355J0} = 355 \text{ MPa} \quad \text{hodnota dolní mez kluzu materiálu S355J0, [MPa], [36]}$$

$$\gamma_M = 1,15 \quad \text{součinitel spolehlivosti materiálu, [-]. [16]}$$

Výpočet dovoleného napětí po zahrnutí dynamického součinitele:

$$f_{D, S355J0} = \frac{f_{yd, S355J0}}{k_D} \quad [\text{MPa}] \quad (21)$$

$$f_{D, S355J0} = \frac{309}{1,5}$$

$$f_{D, S355J0} = 206 \text{ MPa}$$

Rovnice (21), kde:

$$f_{D, S355J0} = 206 \text{ MPa} \quad \text{hodnota dovoleného napětí zahrnující dynamický součinitel, [MPa]}$$

$$f_{yd, S355J0} = 309 \text{ MPa} \quad \text{hodnota návrhové pevnosti, [MPa], rovnice (20),}$$

$$k_D = 1,5 \quad \text{dynamický součinitel, [-]. [16]}$$

Dovolené napětí slouží pro porovnávání maximálních hodnot vypočítaných v pevnostní kontrole. Hodnota dovoleného napětí pro materiál S355J0 činí  $f_{D, S355J0} = 206 \text{ MPa}$ .

## 7 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU

Dalším úkolem v diplomové práci je provést pevnostní kontrolu rámu. Tato kontrola je řešena pomocí metody konečných prvků (MKP). Metoda se využívá zejména pro kontrolu navržených konstrukcí a zařízení a pro hledání slabých či kritických míst konstrukce z hlediska pevnosti. Dále slouží pro provedení úprav a odstranění těchto nedostatků a pro následné provedení kontroly upraveného rámu. Touto kontrolou a následnou úpravou se předchází potížím či deformacím v běžném provozu, které by vedly k nevyžitelnosti daného stroje (návěsu).

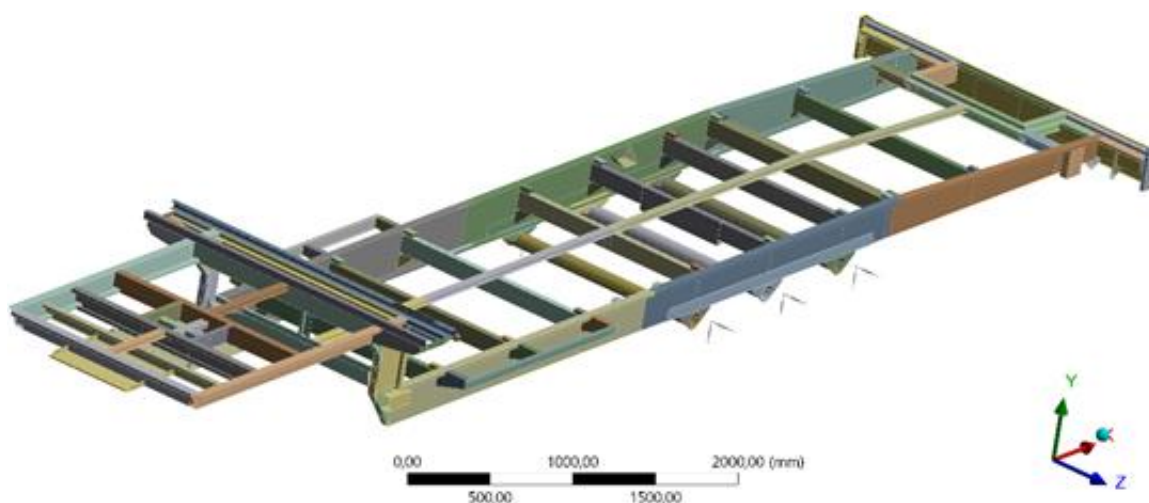
Pevnostní kontrola je provedena pouze pro navržený nosný rám. Nakupované díly, které jsou součástí konstrukce návěsu, jsou v této kontrole zpravidla nahrazeny prvky, jež nabízí program, v němž je pevnostní kontrola provedena. Tyto náhrady je nutné provést tak, aby se co nejvíce přibližovaly reálnému provozu a byly získány co nejhodnější výsledky kontroly.

Pevnostní kontrola navrženého nosného rámu návěsu je prováděna v programu Ansys Workbench R19.2 Academic. Jelikož je rám tvořen zpravidla tenkostěnnými profily, je objemový model převeden na model skořepinový.

### 7.1 TVORBA MODELU NOSNÉHO RÁMU

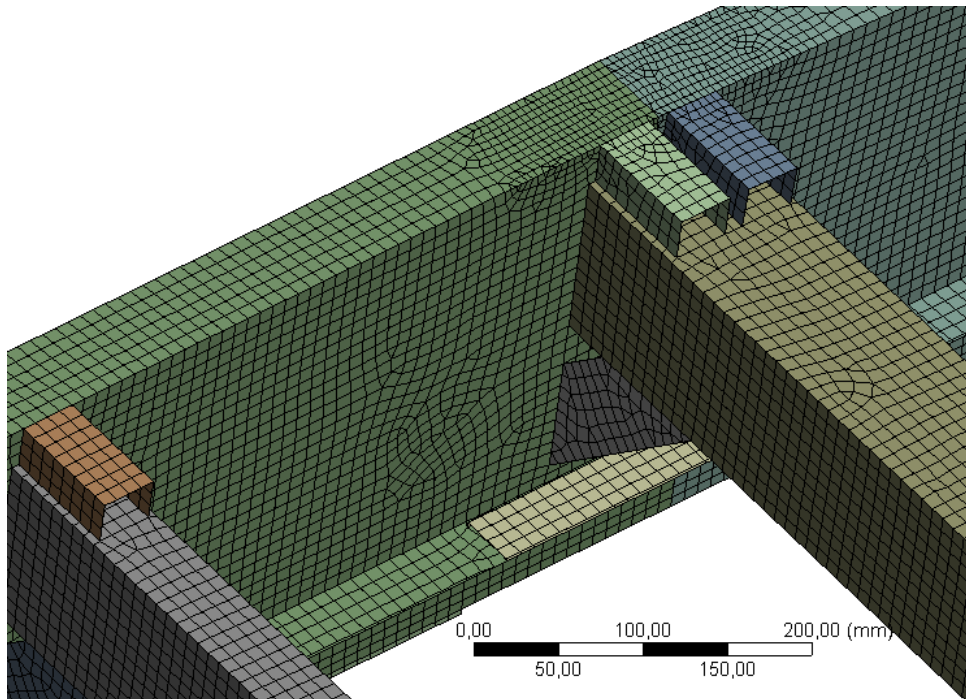
Model navrženého nosného rámu návěsu je vytvořen v programu Autodesk Inventor 2020 Professional. Jde o objemový model, který vychází z výsledné konstrukce rámu návěsu. Ve výpočtovém modelu jsou zanedbány technologické a konstrukční prvky – úkopy pro svařování, otvory pro odtok zinku, zaoblení ohýbaných profilů atd.

Takto upravený výpočtový model je následně převeden do systémového prostředí Ansys Workbench, kde dochází pomocí příkazu Midsurface k transformaci na model skořepinový. Tyto plochy jsou následně k sobě napojeny a upraveny tak, aby byla vytvořena spojitá konstrukce rámu. Převedený model je k vidění na obrázku 24. Poté je použita funkce Share topology, která zajistí, že při tvoření konečnoprvkové sítě vytvoří tuto síť spojitou a jednotlivé díly sdílí svoje uzly se sousedícími díly. Jednotlivé plochy, které byly vytvořeny při převedení objemových dílů na skořepinové, zastupují střednicové plochy těchto dílů. Těmto plochám je dále přiřazena odpovídající tloušťka profilu a také materiál.



Obr. 24 Skořepinový model nosného rámu návěsu.

Následuje vytvoření konečnoprvkové sítě, tzv. mesh (obr. 25). Při tvorbě této sítě je použit čtyřuzlový prvek (quad method) a jeho základní velikost zvolena na 10 mm. Tato velikost elementu by neměla být menší než polovina tloušťky stěny profilu či plechu. V problémových místech je nutné tuto síť zjemnit, aby bylo dosaženo zlepšení kvality výsledků. Nakonec je síť upravena posunutím uzlů jednotlivých elementů za účelem zlepšení kvality sítě. Na navařovací díl pro návesový čep je využit čtyřuzlový prvek s velikostí 15 mm.



Obr. 25 Detail sítě napojení příčnicku na podélník a zjemnění sítě.

## 7.2 NAHRAZENÍ PŘEPRAVOVANÝCH NÁKLADNÍCH MOTOROVÝCH VOZIDEL

Pro pevnostní analýzu se uvažuje zatížení kolovým motorovým vozidlem, tudíž je nutné určit jeho těžiště a místa styku kol s rámem. Tento návěs je univerzální, tudíž se místa styku kol s rámem mohou lišit vzhledem k rozvoru náprav přepravovaného motorového vozidla. Nahrazení nákladu je provedeno pro nákladní motorová vozidla N1 a N2.

Jelikož podlahu návěsu tvoří hliníkové lamely s šířkou 200 mm, je určeno, že místo styku kol s rámem bude rozloženo na 300 mm. Tato místa jsou závislá jak na poloze těžiště, tak rozvoru náprav.

Náhrada nákladu musí být přesná, aby bylo dosaženo kvalitních výsledků, které se přibližují reálnému provozu. Pevnostní kontrolu značně ovlivňuje poloha těžiště daných motorových vozidel.

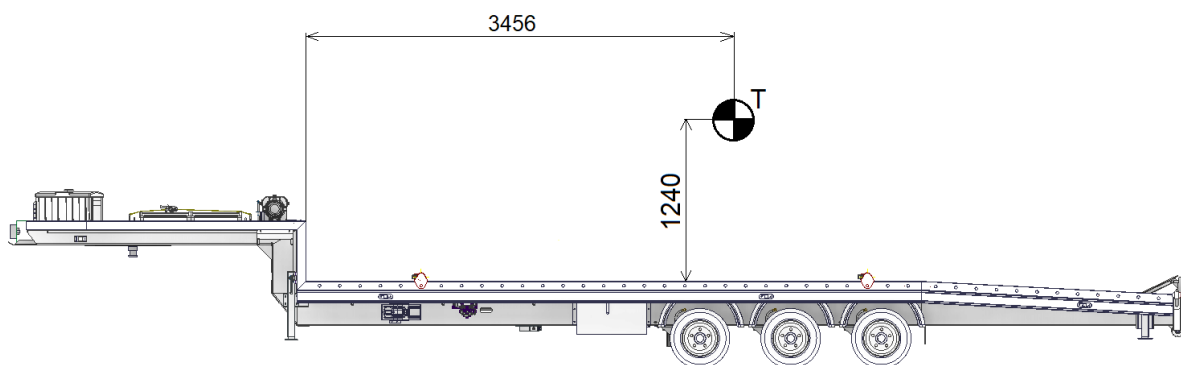
V běžném provozu lze očekávat, že poloha přepravovaných vozidel nebude pokaždé stejná, ale pro výpočet je tato skutečnost zanedbána.



## 7.2.1 POLOHA TĚŽIŠTĚ A NAHRAZENÍ MOTOROVÉHO VOZIDLA N1

### POLOHA TĚŽIŠTĚ

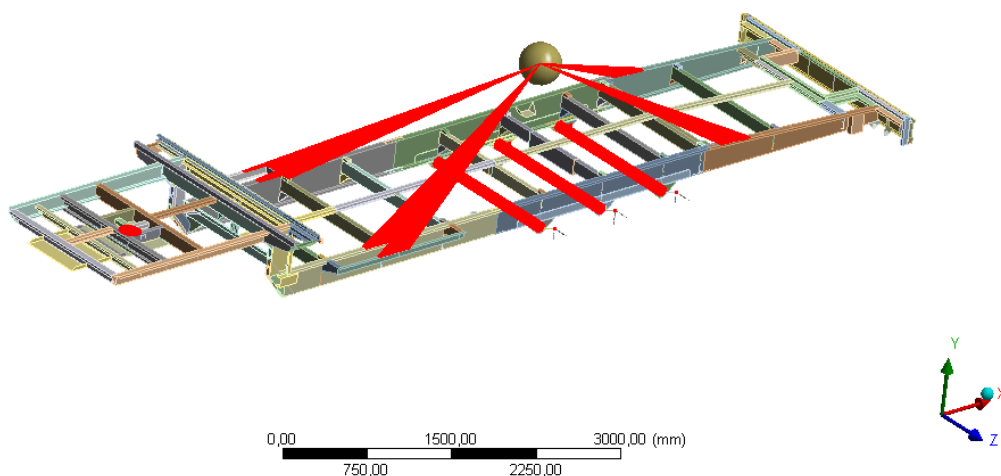
Poloha motorového vozidla kategorie N1 je určena v kapitole 2.2.1. Dále je nutné vzít v potaz, že toto těžiště by mělo být v ideálním případě nad nápravami, aby nápravy přenášely co největší zatížení. Poloha těžiště je také důležitá vzhledem k jízdním vlastnostem navrženého návěsu. Na obrázku 26 je k vidění poloha těžiště vůči ložné ploše návěsu. Těžiště se nachází ve vzdálenosti 3456 mm od hrany předního koryta dolní ložné plochy a ve výšce 1240 mm nad ložnou plochou. V příčném směru je uvažováno, že těžiště leží v příčné ose návěsu.



Obr. 26 Poloha těžiště nákladního motorového vozidla N1.

### NAHRAZENÍ NÁKLADU

Nahrazení nákladu je provedeno pomocí hmotného bodu (Point Mass). Ten je vložen do lokálního souřadného systému, který má souřadnice polohy těžiště, a je mu přiřazena hmotnost 3500 kg. Od těžiště je pak zadána vzdálenost zadních kol, která byla určena v kapitole 2.2.1 a činí 1640 mm. Přední kola jsou od zadních vzdálena 4100 mm. Následně jsou přidělena místa styku kol s rámem – červené plochy z hmotného bodu na obrázku 27.

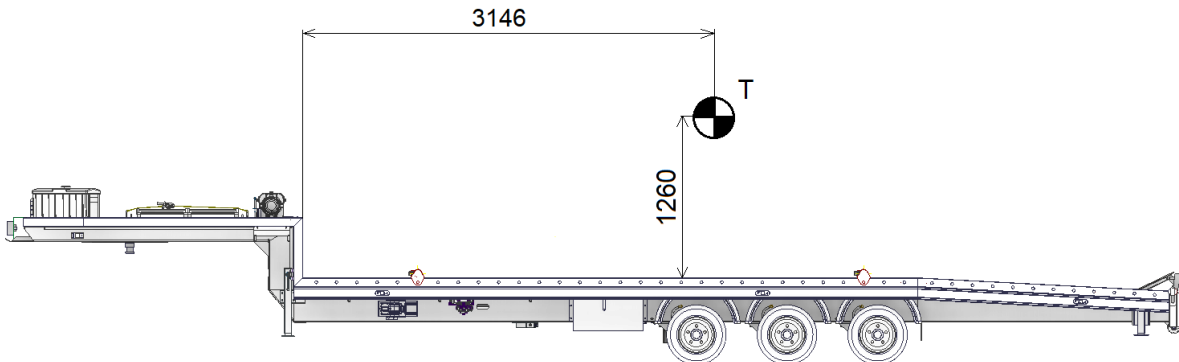


Obr. 27 Schéma nahrazení nákladu a místa styku kol přepravovaného vozidla s rámem.

## 7.2.2 POLOHA TĚŽIŠTĚ A NAHRAZENÍ MOTOROVÉHO VOZIDLA N2

### POLOHA TĚŽIŠTĚ

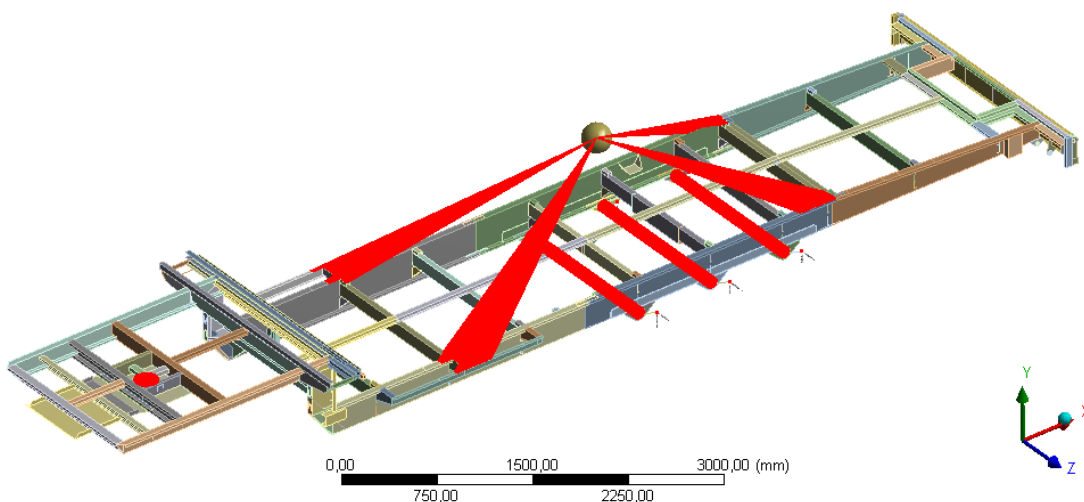
Poloha motorového vozidla kategorie N2 byla určena v kapitole 2.2.2. Dále je nutné vzít do úvahy, že toto těžiště by mělo být v ideálním případě nad nápravami, aby nápravy přenášely co nejvíce zatížení. Poloha se od prvního zatěžovacího stavu mírně změnila, kdy se těžiště nachází téměř nad první nápravou návěsu. Na obrázku 28 je k vidění poloha těžiště, které se nachází ve vzdálenosti 3146 mm od hrany předního koryta dolní ložné plochy. Výška těžiště je 1260 mm nad ložnou plochou. V příčném směru je uvažováno, že těžiště leží v příčné ose návěsu.



Obr. 28 Poloha těžiště nákladního motorového vozidla N2.

### NAHRAZENÍ NÁKLADU

Nahrazení nákladu je opět provedeno pomocí hmotného bodu (Point Mass) vloženého do lokálního souřadného systému, který má souřadnice polohy těžiště. Tomuto bodu je přiřazena hmotnost 4000 kg. Od těžiště je pak zadána vzdálenost zadních kol, která byla určena v kapitole 2.2.2 a činí 1584 mm. Vzdálenost předních kol od zadních je 3520 mm. Následně jsou přidělena místa styku kol s rámem – červené plochy z hmotného bodu na obrázku 29.

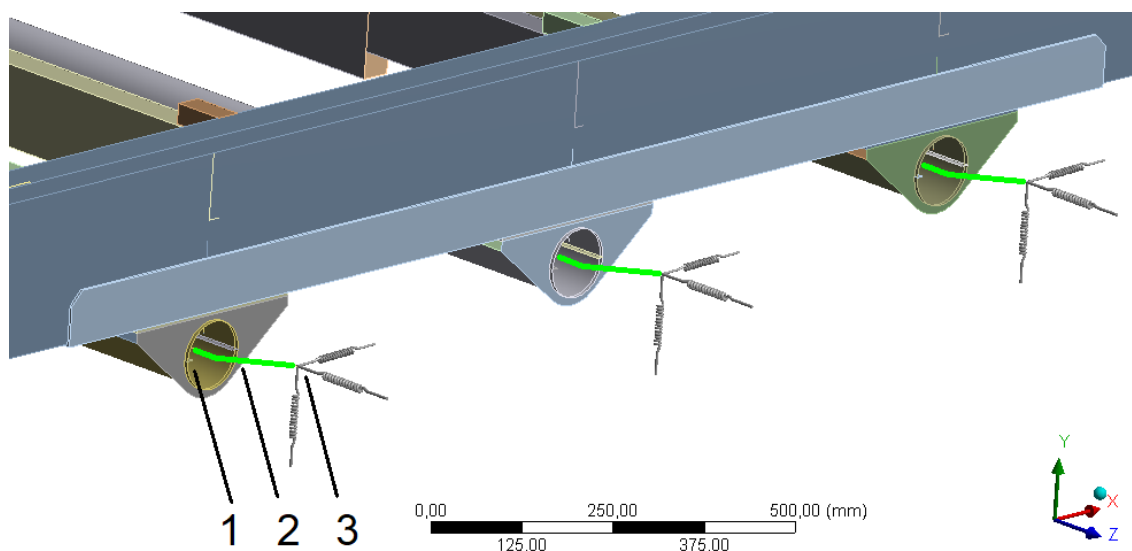


Obr. 29 Schéma nahrazení nákladu a místa styku kol přepravovaného vozidla s rámem.

### 7.3 NAHRAZENÍ NÁPRAV

Nápravy i s odpružením jsou dodávány výrobcem, tudíž se na ně pevnostní analýza nevztahuje. Jelikož je přes nápravy do rámu přenášeno zatížení, které ovlivní celkovou napjatost, jsou určité části těchto náprav nahrazeny tak, aby tato náhrada byla co nejméně odlišná od běžného provozu.

Nahrazení náprav a odpružení návěsu je celé na obr. 30. Tělo a konzole nápravy jsou vymodelovány jako skořepina, jelikož by mohlo dojít k ovlivnění výsledků v okolí konzol, které slouží k připevnění náprav k nosnému rámu. Rameno nápravy je nahrazeno prvkem Beam (2), kterému je přiřazena vlastnost Stiff Beam, jedná se tedy o dokonale tuhý prut. Rameno nápravy je jedním koncem uloženo v těle nápravy pomocí vazby Revolute (1), která umožní rotaci ramene nápravy vůči tělu nápravy. Této vazbě je přiřazena torzní tuhost. Pro zjednodušení je uvažováno lineární chování tohoto odpružení. Druhý konec ramene nápravy je uchycen pomocí prvků Spring (3), tedy pružin o dané tuhosti. Tyto pružiny nahrazují tuhost pneumatik ve všech směrech. V podélném směru jsou pružiny aktivovány v zatěžovacích stavech – vyrovnané brzdění, brzdění pouze návěsem a nakládka. Konzole nápravy jsou k nosnému rámu připevněny pomocí šroubů, které jsou ve výpočtovém modelu nahrazeny prvky Beam, ty jsou pak zavazbeny do jednotlivých otvorů pro šrouby.



Obr. 30 Nahrazení náprav a odpružení návěsu: 1 – Revolute, 2 – rameno nápravy (Stiff Beam), 3 – nahrazení pneumatik (Spring).

#### TORZNÍ TUHOST CELÉ NÁPRAVY

$$c_t = 2 \cdot \frac{M_{\text{TOR}}}{\delta \cdot \frac{\pi}{180}} \quad [\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1}] \quad (22)$$

$$c_t = 2 \cdot \frac{1249}{15 \cdot \frac{\pi}{180}}$$

$$c_t = 9541,64 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1}$$

Rovnice (22), [18], kde:

$$c_t = 9541,64 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1} \quad \text{torzní tuhost celé nápravy, } [\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1}],$$

$$M_{\text{TOR}} = 1249 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{torzní moment pružných elementů jedné strany nápravy, } [\text{N} \cdot \text{m}], [18],$$

$$\delta = 15^\circ \quad \text{úhel natočení ramene nápravy, } [^\circ], [18].$$

## 7.4 TUHOST PNEUMATIK

Tuhost pneumatik je také důležitým aspektem pro pevnostní kontrolu. Návěs je osazen pneumatikami značky Wanda. Jelikož bylo obtížné vyhledat parametr zatíženého poloměru pneumatiky, bylo rozhodnuto, že pro výpočet budou zvoleny pneumatiky značky Mitas se stejnými rozměry jako původní. Parametry pneumatiky Mitas s typovým označením 588213 o velikosti 195/55 – 10C se nacházejí v tabulce 5 níže.

Tab. 5 Parametry pneumatiky Mitas 195/55 – 10C, [19]

Označení pneumatiky	195/55 – 10C
Nezatížený poloměr [mm]	236
Šířka [mm]	208
Maximální nosnost pneumatik [kg]	750
Zatížený poloměr [mm]	221
Rozdíl statického zatíženého a nezatíženého poloměru [mm]	15

## VÝPOČET TUHOSTI PNEUMATIK

$$k_p = \frac{m_{\text{pmax}} \cdot g}{\Delta R_p} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}] \quad (23)$$

$$k_p = \frac{750 \cdot 9,81}{15}$$

$$k_p = 490,5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

Rovnice (23), kde:

$$k_p = 490,5 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad \text{tuhost pneumatiky, } [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}],$$

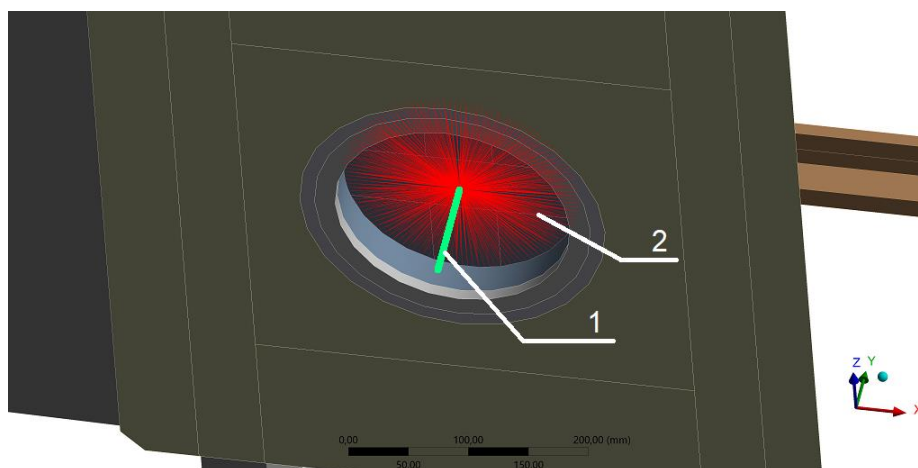
$$m_{\text{pmax}} = 750 \text{ kg} \quad \text{maximální nosnost pneumatiky, viz tab. 5, } [\text{kg}],$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení, } [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}],$$

$$\Delta R_p = 15 \text{ mm} \quad \text{rozdíl statického nezatíženého a zatíženého poloměru pneumatiky, viz tab. 5, } [\text{mm}].$$

## 7.5 NAHRAZENÍ NÁVĚSOVÉHO ČEPU

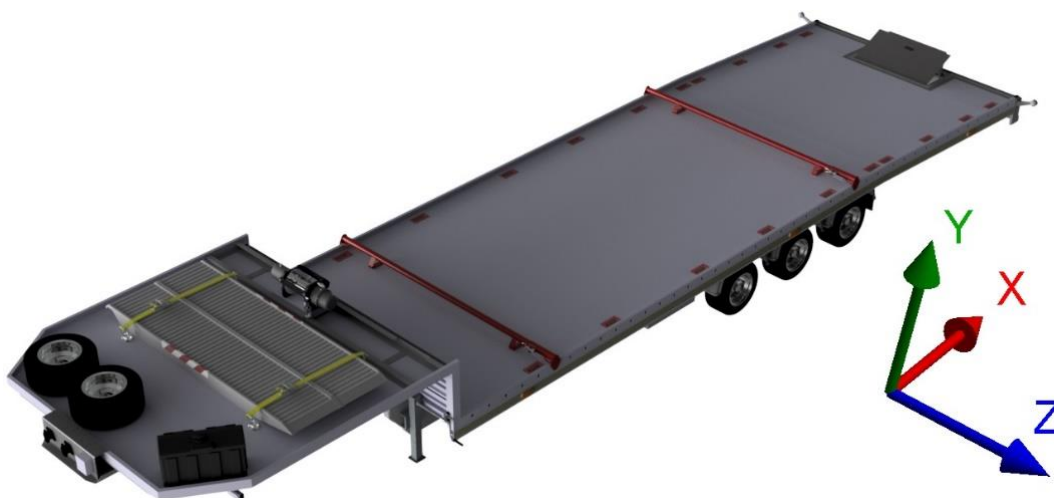
Návěsový čep je nakupovaná součást, tudíž je možné tuto součást nahradit. Náhrada návěsového čepu je pomocí prvku Beam (1), kterému je přiřazena vlasnost Stiff Beam, jedná se tedy o dokonale tuhý prut. Návěsový čep je jedním koncem přivazben k navařovacímu dílu pomocí vazby Constrain (2). Tato vazba rozloží sílu, kterou přenáší návěsový čep, mezi jednotlivé uzly. Do druhého konce je vložena vazba, která umožňuje natáčení kolem všech tří os. Omezení posuvů závisí na druhu zatěžovacího stavu. Náhrada návěsového čepu je zobrazena na obrázku 31.



Obr. 31 Nahrazení návěsového čepu: 1 – nahrazení návěsového čepu (Stiff Beam), 2 – Constrain.

## 7.6 ZATĚŽOVACÍ STAVY PEVNOSTNÍ KONTROLY

Zatěžovací stavy jsou prováděny pomocí zrychlení, vazeb a silových účinků. Směry souřadných os, pomocí kterých jsou zadávány zatížení a vazby, jsou k vidění na obr. 32. Zatěžovací stavy, které byly určeny v kapitole 5, je možné rozdělit do dvou skupin – zatěžovací stavy podle normy ČSN EN 12195–1 a nakládka motorového vozidla. Všechny tyto zatěžovací stavy jsou uvedeny v tabulce 6 níže pro zvýšení přehlednosti zadávání. Zatěžovací stavy jsou stejné pro oba výpočetní kroky – nákladní motorové vozidlo N1 i nákladní motorové vozidlo N2. Liší se pouze polohou těžiště, hmotností a plochami kontaktu mezi koly a rámem.



Obr. 32 Směry souřadných os pro zadávání zatížení a vazeb.

Tab. 6 Zatěžovací stavy pro program Ansys Workbench.

Zatěžovací jízdní stav	Zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]			Návěsový čep [N]			Kola		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Stání, přímá jízda	0	-9,81	0	vazba	vazba	vazba	volné	vazba	vazba
Akcelerace	-4,91	-9,81	0	vazba	vazba	vazba	volné	vazba	vazba
Průjezd zatáčkou	0	-9,81	4,91	vazba	vazba	vazba	volné	vazba	vazba
Vyrovnané brzdění	7,85	-9,81	0	volné	vazba	vazba	vazba	vazba	vazba
Brzdění pouze návěsem	3,92	-9,81	0	29980	vazba	vazba	vazba	vazba	vazba
Brzdění tažným vozidlem	4,39	-9,81	0	vazba	vazba	vazba	volné	vazba	vazba

Jako poslední zatěžovací stav je nutné rozebrat nakládku motorového vozidla. Rozbor tohoto zatěžovacího stavu je v kapitole 5.6. Návěs je zavazben v návěsovém čepu a kolech ve všech směrech. Do výpočtového modelu jsou domodelovány střednice opěrných noh a patek. Na patky opěrných noh je umístěna vazba, která omezuje posuv ve svislém směru.

## 8 VÝSLEDKY PEVNOSTNÍ KONTROLY

Dalším úkolem diplomové práce je vyhodnocení pevnostní kontroly. Rám návěsu je podroben výše zmíněným zatěžovacím stavům. Tyto zatěžovací stavy jsou provedeny jak pro nákladní motorové vozidlo N1, tak nákladní motorové vozidlo N2. Stav napjatosti je určen dle teorie HMM. Tato teorie odpovídá ekvivalentnímu napětí von Mises v Ansys Workbench. Stupnice napětí je nastavena tak, že minimální hodnoty jsou zobrazeny tmavě modrou barvou a hodnoty, které překračují hodnotu 206 MPa, což je hodnota dovoleného napětí po zahrnutí dynamického součinitele konstrukční oceli S355J0, jsou zobrazeny postupně oranžovou, červenou a černou barvou.

Ovlivnění výsledků je způsobeno tím, že výchozí objemový model je převeden na skořepinový model. V tomto skořepinovém modelu jsou zanedbány svary, otvory a zaoblení profilů, což vede k tomu, že v oblasti ostrých rohů vznikají špičky napětí. Tyto špičky napětí jsou navíc závislé na jemnosti vytvořené sítě a to tím způsobem, že čím je síť jemnější, tím vyšší může být hodnota vypočítaného napětí. Napětí, které je v nejbližším okolí těchto špiček, by však mělo být nižší. Těmto problémům by se dalo vyhnout, pokud by byl vymodelován model, který by se reálně přibližoval tomu skutečnému. S touto skutečností by však narůstal výpočtový čas, velikost výpočtového modelu a počet elementů sítě. [17]

Dalšími prvky konstrukce, kde se mohou vyskytovat špičkové napětí, jsou svary. Velikost napětí v okolí hrany svaru na obou spojených dílech svarem by měla být přibližně podobná. Při vyhodnocování okolí svarů se nejčastěji využívá postup, kdy výsledné napětí je určeno jako průměr podél svarové hrany nebo podél paralelní hrany v určité vzdálenosti od hrany svaru. [17]

Další ovlivnění výsledků může být při vykreslení deformací. Jelikož návěs obsahuje množství pružin, které slouží jako náhrada pneumatik a příčné tuhosti nápravy. Hodnoty deformací nebudou uváděny, neboť jsou ovlivněny celkovým součtem deformací rámu a stlačení rámu a ne samotných deformací rámu.

Obrázky ve větší velikosti zobrazení jsou uvedeny v přílohách (PŘÍLOHA 3–16).

### 8.1 ZATÍŽENÍ NÁKLADNÍM MOTOROVÝM VOZIDLEM N1

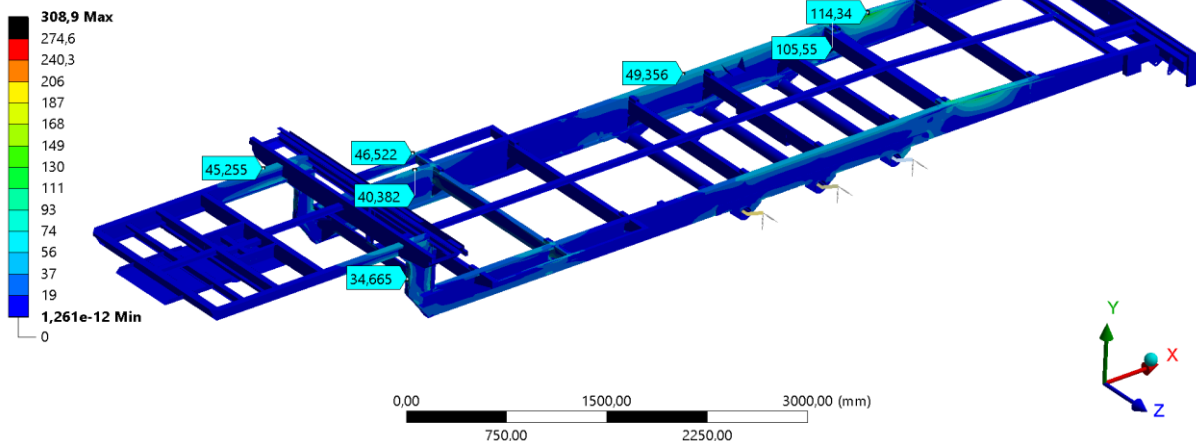
V této podkapitole jsou rozebrány výsledky pevnostní kontroly pro první kontrolované nákladní motorové vozidlo, jehož maximální hmotnost činí 3500 kg.

#### 8.1.1 STÁNÍ, PŘÍMÁ JÍZDA

V tomto zatěžovacím stavu (obr. 33) by se na konstrukci nemělo objevit žádné vysoké napětí, které by překročilo napětí, podle kterého jsou porovnávány výsledky. Napětí 308,9 MPa lze posoudit jako špičkové, protože se nachází v ostrém rohu napojení střednice výztuhy podélného nosníku.

Maximální adekvátní napětí se vyskytuje v zadní části podélného nosníku, kde dochází ke styku zadních kol nákladního motorového vozidla s ložnou plochou návěsu. Toto napětí je 114,34 MPa. Ve zbylých částech konstrukce se napětí pohybuje okolo 40–80 MPa. Vzniklé napětí je symetrické podle podélné osy návěsu, jelikož má návěs i symetrickou konstrukci. Tento stav je možné posoudit jako **vyhovující**.

**A: Static Structural**

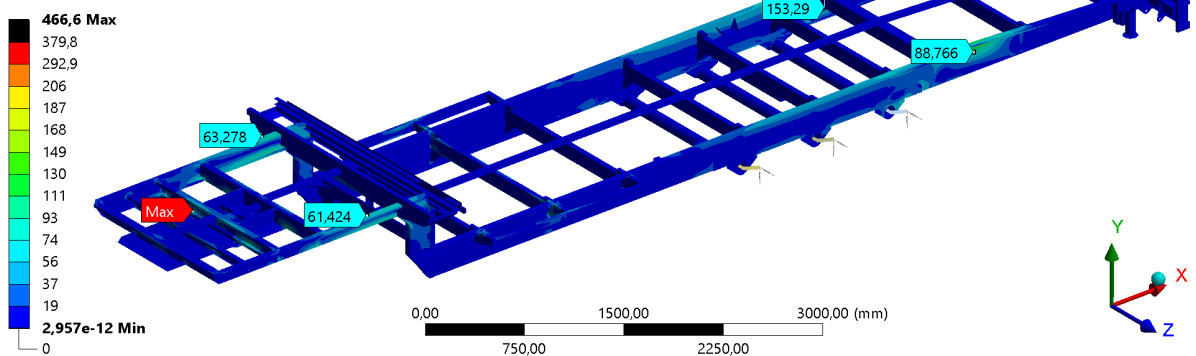
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom  
 Unit: MPa  
 Time: 1  
 27.01.2021 13:44


Obr. 33 Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 308,9 MPa, legenda: 0–308,9 MPa.

### 8.1.2 AKCELERACE

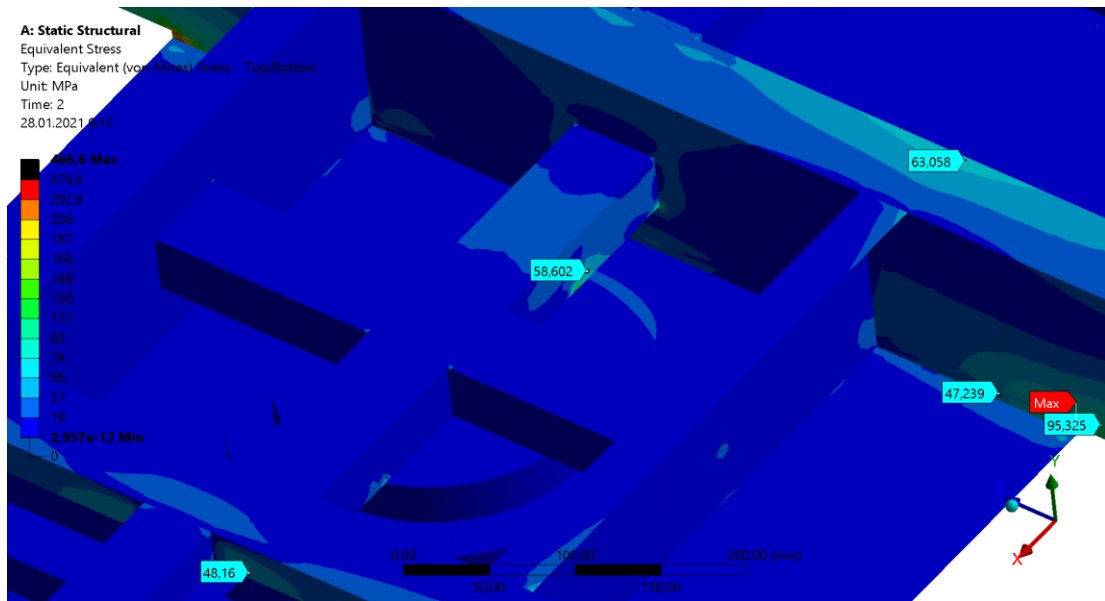
Při akceleraci působí na návěs tíhové zrychlení a také zrychlení v podélném směru. V tomto zatěžovacím stavu (obr. 34) vzniká napětí ve střední a zadní části návěsu a dále je zřejmé napětí v oblasti návěsového čepu. Největší napětí dolní ložné plochy vzniká v oblasti na nosných podélnicích v přechodu z rovného na šikmý podélný nosník. Napětí 153,23 MPa se nachází na příčniku v přechodu v místě, kde jsou navařeny výztuhy podlahy. Napětí ve zbylé části dolní ložné plochy se pak pohybuje v rozmezí 37–153,29 MPa. Vzniklé napětí je symetrické podle podélné osy návěsu. Hodnota maximálního napětí (obr. 35) se vyskytuje v oblasti mezi příčником návěsového čepu a plechem pro navařovací díl. Hodnotu 466,6 MPa lze posoudit jako špičkové napětí, jelikož je v ostrém rohu napojení střednice a v blízkém okolí se napětí pohybuje v rozmezí 47–95 MPa. Tento zatěžovací stav lze posoudit jako **vyhovující**.

**A: Static Structural**

 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom  
 Unit: MPa  
 Time: 2  
 28.01.2021 9:12


Obr. 34 Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 466,6 MPa, legenda: 0–466,6 MPa.



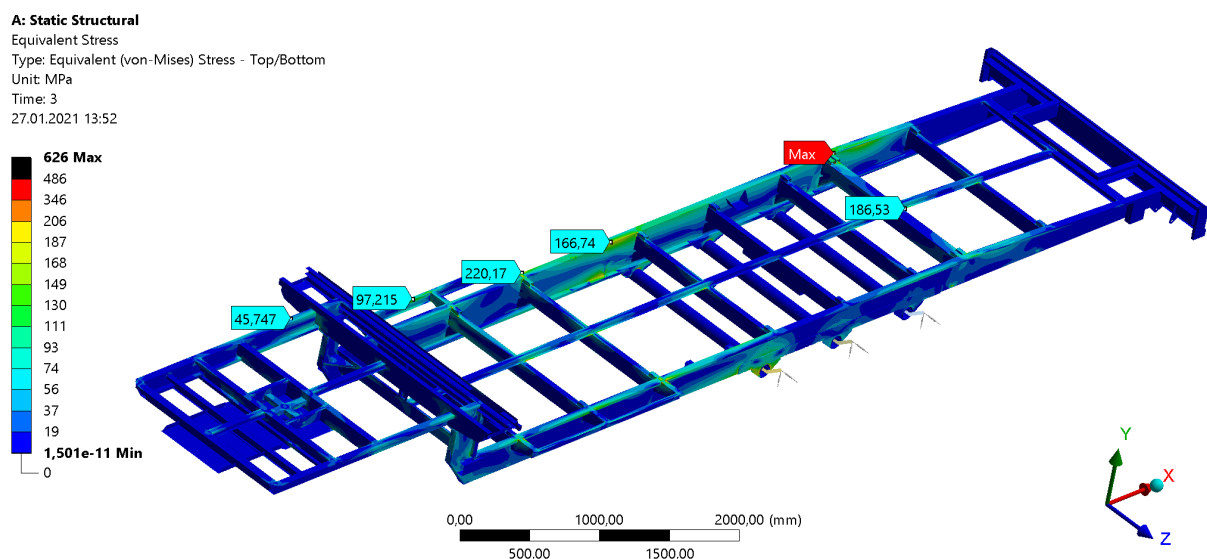


Obr. 35 Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N1): oblast návěsového čepu, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 466,6 MPa, legenda: 0–466,6 MPa.

### 8.1.3 PRŮJEZD ZATÁČKOU

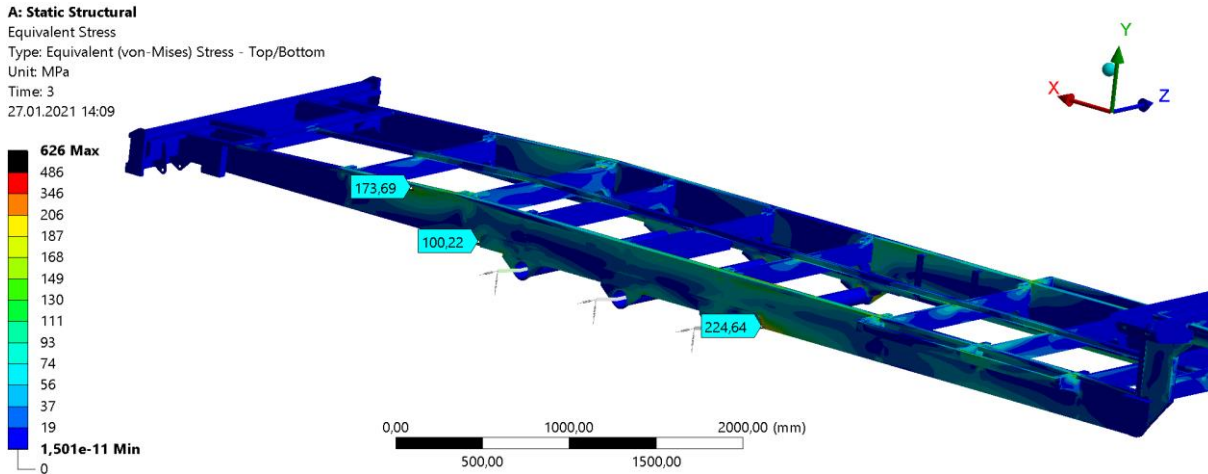
Při průjezdu zatáčkou (obr. 36) dojde k přetížení jedné strany návěsu. V této simulaci je simulována levotočivá zatáčka. Při tomto zatěžovacím stavu působí na návěs tíhové zrychlení a zrychlení v příčném směru. Zatížení se koncentruje na pravém podélném nosníku a dochází ke vzniku výrazné napjatosti. První oblast je napojení krajních příčných konzol na podélný nosník. Zde hodnota napětí dosahuje 220,17 MPa, ale toto napětí lze považovat jako špičkové.

Další oblastí, kde se nachází maximální napětí, je přechod na zešíkmený podélný nosník. Zde nabývá hodnota maximálního napětí 626 MPa. Toto napětí lze považovat jako špičkové, ale tato část bude muset být následně konstrukčně upravena, protože v okolí tohoto maximálního napětí je okolní napětí vyšší než povolená hodnota návrhové pevnosti 206 MPa.



Obr. 36 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 626 MPa, legenda: 0–626 MPa.

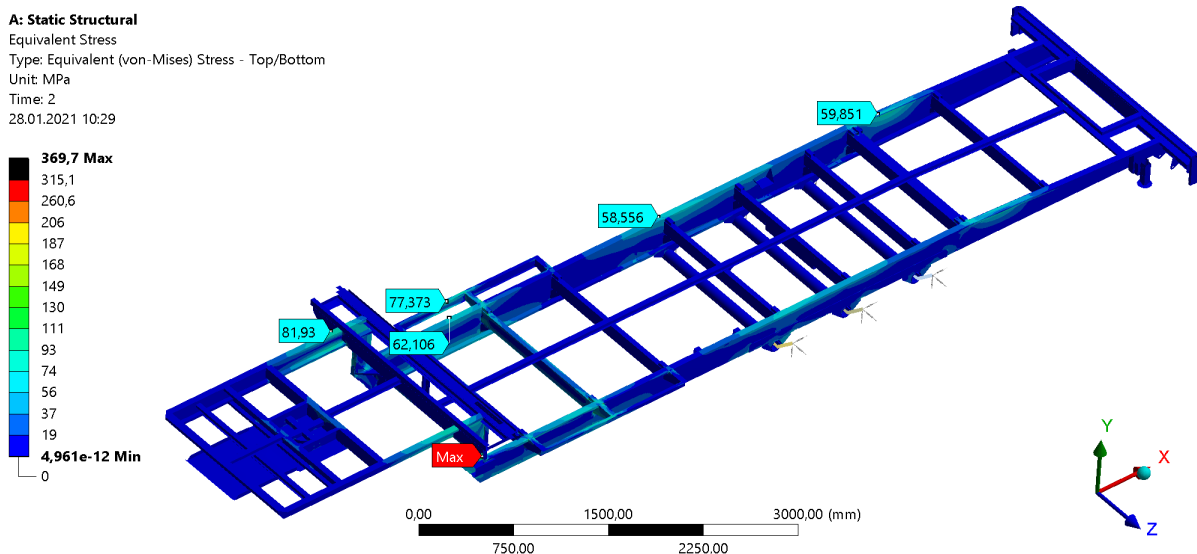
Další problémovou oblastí (obr. 37) je okolí konzol náprav. Nápravy jsou dodávány výrobcem, tudíž napětí na nápravách není hodnoceno. U konzoly první nápravy vzniká na podélném nosníku napětí 224,6 MPa. Tato oblast musí být také konstrukčně upravena. Zatěžovací stav průjezd zatáčkou je vyhodnocen jako **nevyhovující**.



Obr. 37 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na podélný nosník, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 626 MPa, legenda: 0–626 MPa.

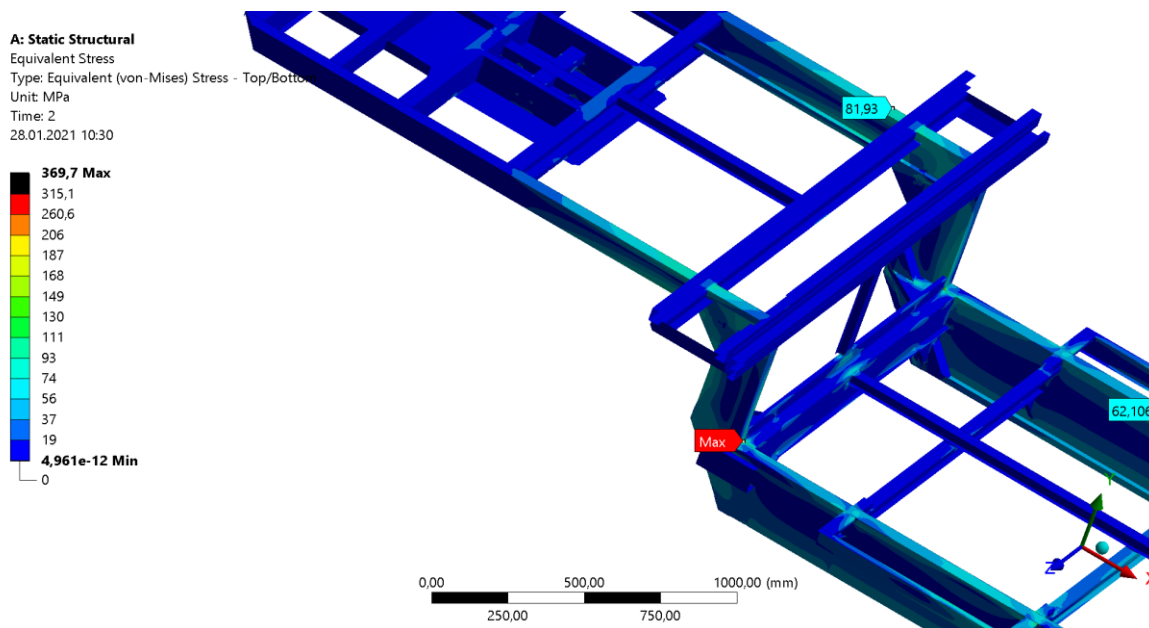
#### 8.1.4 VYROVNANÉ BRZDĚNÍ

Při tomto zatěžovacím stavu (obr. 38) dochází k zatížení přední části dolní ložné plochy, přechodu mezi ložnými plochami a částí horní ložné plochy. Na dolní ložné ploše se napětí vyskytuje v oblasti kotvení zadních kol přepravovaného motorového vozidla, napětí se pohybuje v rozmezí 50–70 MPa. Maximální napětí se vyskytuje v bodě, kde se stýká podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy a vertikální podélný nosník. Toto maximální napětí činí 369,7 MPa a lze je ohodnotit jako špičkové napětí. Vzniklé napětí je symetrické podle podélné osy.



Obr. 38 Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 369,7 MPa, legenda: 0–369,7 MPa.

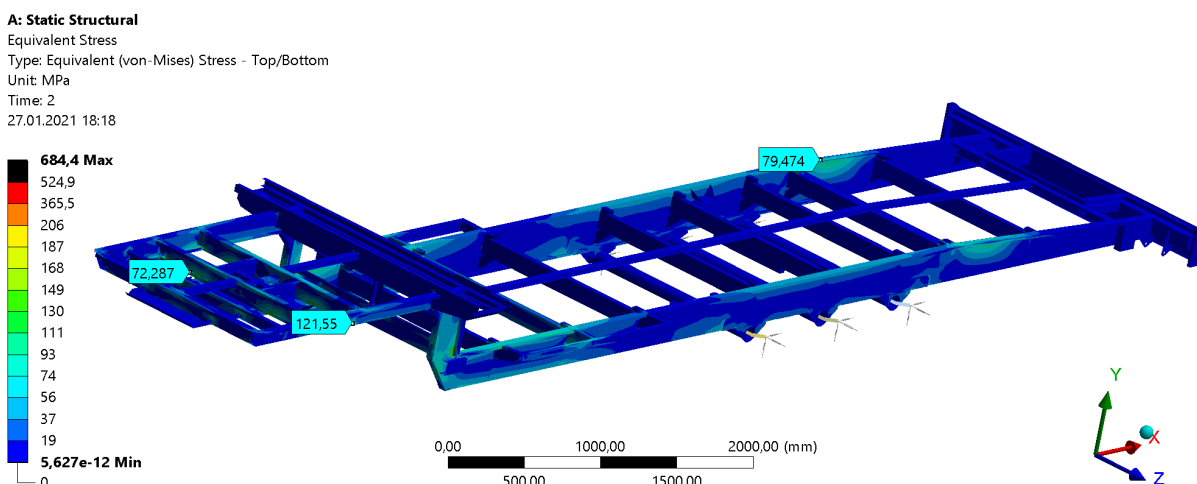
V přechodu (obr. 39) mezi ložnými plochami napětí nepřekročí hodnotu více jak 150 MPa. Toto napětí vzniká v ostrém rohu v jedné z výztuh. Na horním podélném nosníku se napětí pohybuje v rozmezí 74–130 MPa. Tento zatěžovací stav je **vyhovující**.



Obr. 39 Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na přechod mezi ložnými plochami, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 369,7 MPa, legenda: 0 – 369,7 MPa.

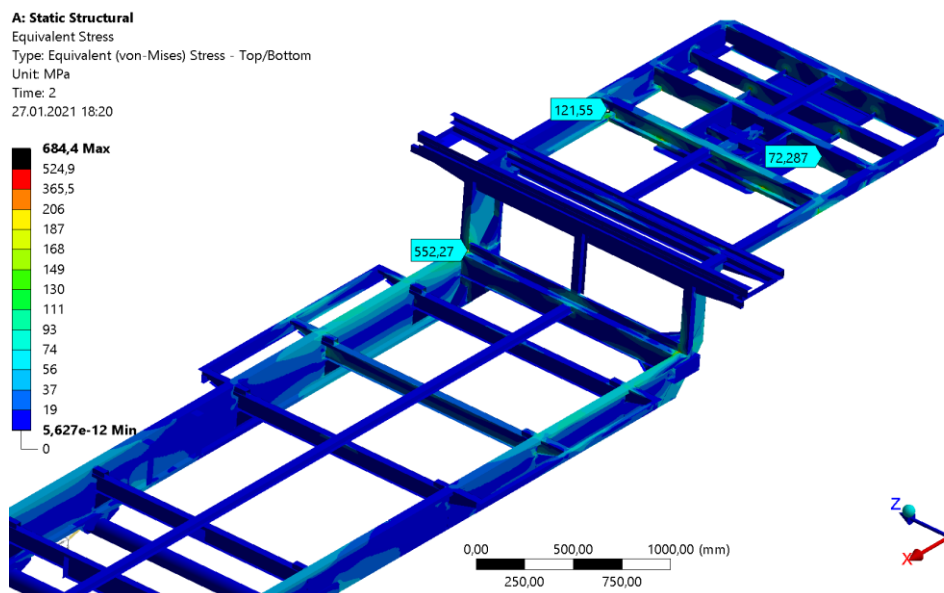
### 8.1.5 BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM

Tato prakticky nouzová situace (obr. 40) se v běžném provozu vyskytuje velmi zřídka a navíc dochází k zablokování kol, čímž nejde ovládat brzdný účinek. Napětí se vyskytuje v přední části dolní ložné plochy a v přechodu mezi ložnými plochami. Maximální napětí se opět nachází v bodě, kde se stýká podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy a vertikální podélný nosník. Jelikož se toto napětí nachází v bodě a v okolí tohoto bodu je napětí v rozmezí 93–149 MPa, lze posoudit toto napětí jako špičkové.



Obr. 40 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 684,4 MPa, legenda: 0 – 684,4 MPa.

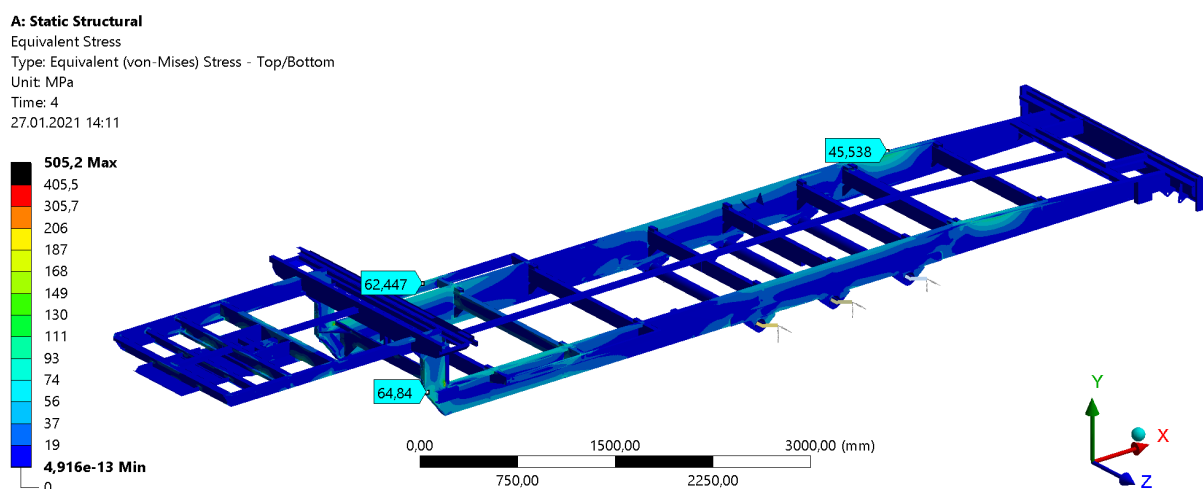
Hodnota napětí (obr. 41) 552,3 MPa se nachází v blízkém okolí maximálního napětí. Jak bylo zmíněno výše, jedná se o špičkové napětí. Napětí v příčnicích v okolí návěsového čepu se pohybuje v rozmezí 56–130 MPa. Napětí na spodních pásnicích horních podélných nosníků se pohybuje v rozmezí 160–216 MPa. Tento zatěžovací stav je nutné posoudit jako **nevyhovující**.



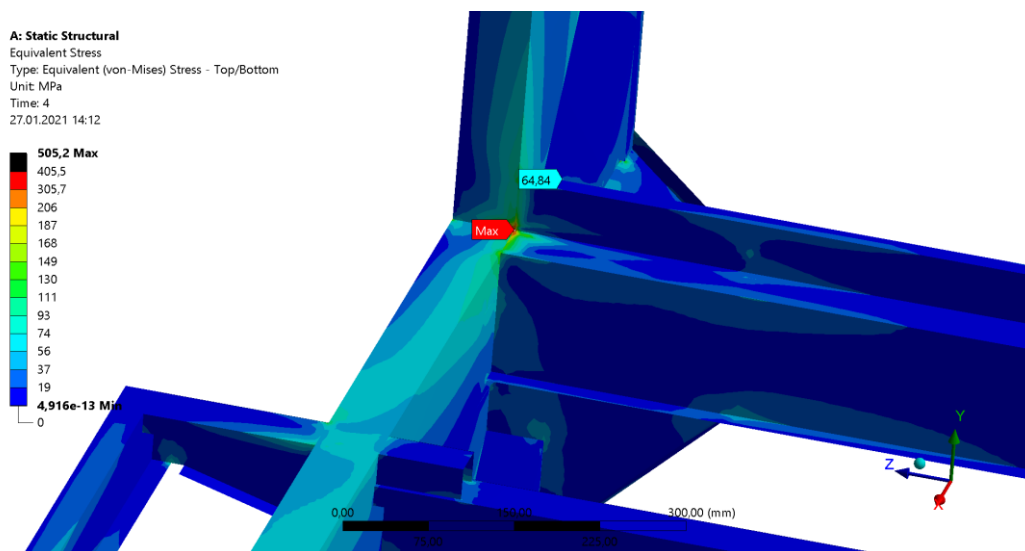
Obr. 41 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na přechod mezi ložnými plochami, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 684,4 MPa, legenda: 0–684,4 MPa.

### 8.1.6 BRZDĚNÍ TAŽNÝM VOZIDLEM

Dalším výjimečným zatěžovacím stavem (obr. 42) je brzdění tažným vozidlem. V této situaci je návěs zatížen svislým tíhovým zrychlením a podélným brzděním zrychlením. Maximální napětí se nachází opět v bodě, kde se stýká podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy a vertikální podélný nosník. Hodnota toho maximálního napětí (obr. 43) činí 505,2 MPa, rovněž se jedná o špičkové napětí. Napětí se vyskytuje v přední části ložné plochy, zde je největší adekvátní napětí až 93–149 MPa. Ve střední části ložné plochy nad nápravami se napětí pohybuje v rozmezí 37–74 MPa. A v místě ukotvení zadních kol přepravovaného motorového vozidla je napětí v rozmezí 37–93 MPa. Tento zatěžovací stav je posouzen jako **vyhovující**.



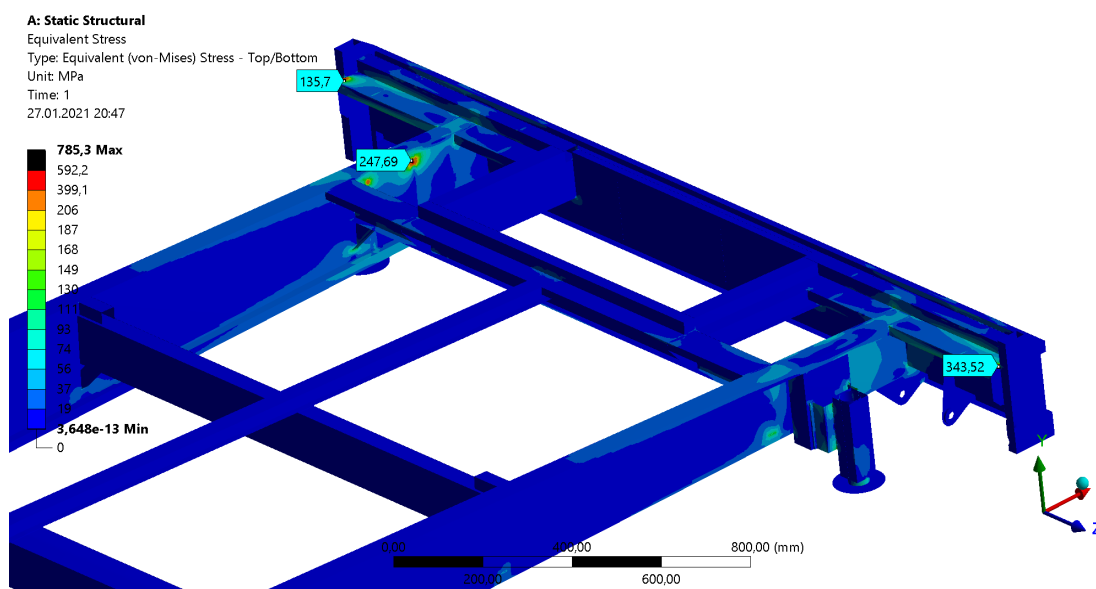
Obr. 42 Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 505,2 MPa, legenda: 0 – 505,2 MPa.



Obr. 43 Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na maximální napětí, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 505,2 MPa, legenda: 0–505,2 MPa.

### 8.1.7 NAKLÁDKA

Při nakládce (obr. 44) je na návěs aplikováno pouze tíhové zrychlení. Jak bylo výše zmíněno, tento zatěžovací stav nastává až tehdy, když jsou zadní kola přepravovaného motorového vozidla na zadním korytě, protože od výrobce nebyly poskytnuty výkresy ani konstrukční řešení nájezdů. V tomto stavu vzniká maximální napětí 785,3 MPa, ale jedná se o špičkové napětí, které vzniká v ostrém rohu mezi nájezdovým L profilem a bočním uzavřeným obdélníkovým profilem zadního koryta. Dalším špičkovým napětím je napětí 247,69 MPa (obr. 44), jedná se o napětí, které se vyskytuje v ostrém rohu napojení držáku pro přichycení opěrné nohy a podélného nosníku. Na blízkém okolí tohoto bodu je napětí v rozmezí 130–168 MPa. Napětí 343,52 MPa je rovněž špičkové. Toto napětí se vyskytuje v ostrém rohu napojení střednice mezi držákem podélného profilu a bočním uzavřeným obdélníkovým profilem zadního koryta. Zatěžovací stav je posouzen jako **vyhovující**.



Obr. 44 Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na zadní koryto, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 785,3 MPa, legenda: 0–785,3 MPa.

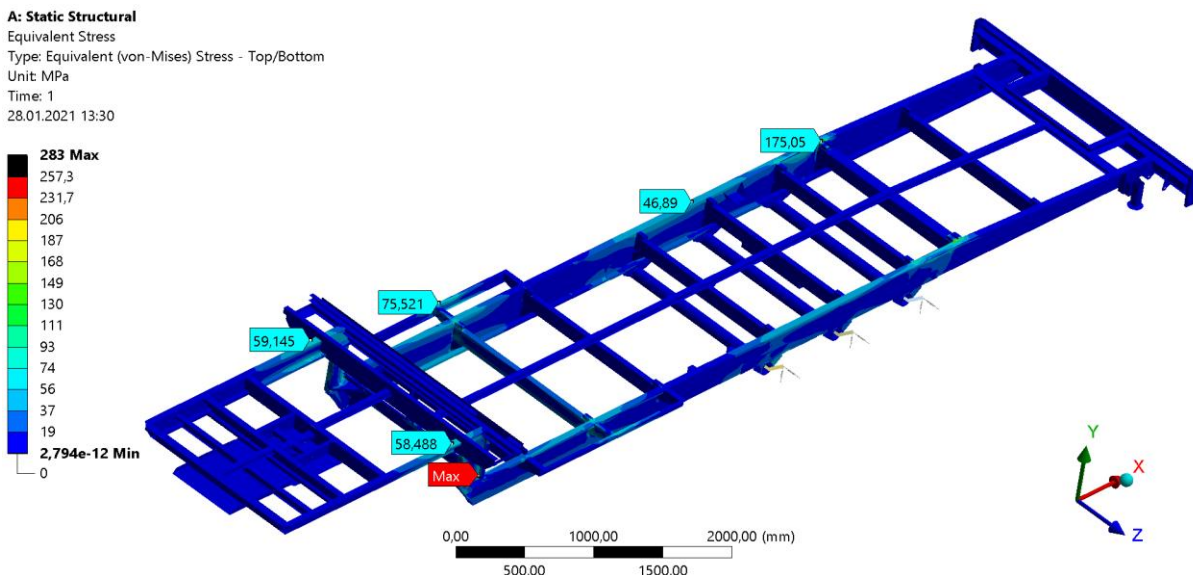


## 8.2 ZATÍŽENÍ NÁKLADNÍM MOTOROVÝM VOZIDLEM N2

Tato podkapitola se věnuje výsledkům pevnostní kontroly pro druhé kontrolované nákladní motorové vozidlo, jehož maximální hmotnost činí 4000 kg. Při zatížení tímto nákladním motorovým vozidlem lze očekávat, že vzniklá napětí budou vyšší než v prvním případě.

### 8.2.1 STÁNÍ, PŘÍMÁ JÍZDA

V tomto případě (obr. 45) je návěs zatížen pouze tíhovým zrychlením. Napětí je rozloženo symetricky vůči podélné ose a nejvíce se koncentruje na podélných nosnících dolní ložné plochy. V místě ukotvení zadních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla vzniká napětí pohybující se okolo 111–168 MPa. Napětí 175,05 MPa lze posoudit jako špičkové. Ve střední části podélných nosníků se napětí pohybuje v rozmezí 37–74 MPa. V oblasti ukotvení předních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla je napětí 56–93 MPa. Maximální napětí se vyskytuje v bodě, kde se stýká podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy, vertikální podélný nosník. Toto maximální napětí má hodnotu 283 MPa a lze jej považovat za špičkové, protože se vyskytuje v bodě. Tento zatěžovací stav lze posoudit jako **vyhovující**.

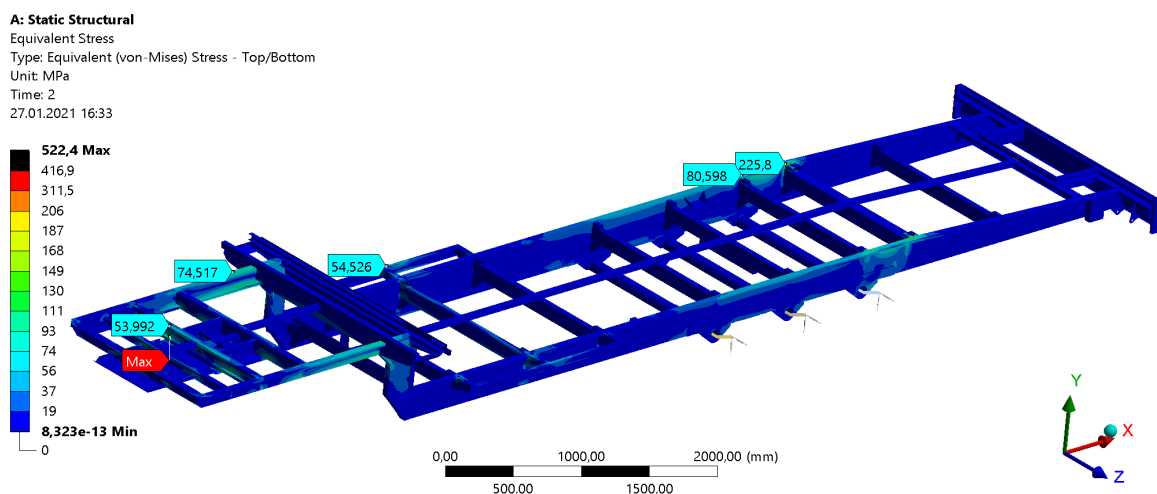


Obr. 45 Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 283 MPa, legenda: 0–283 MPa.

### 8.2.2 AKCELERACE

Během akcelerace (obr. 46) je návěs zatížen tíhovým zrychlením ve svislém směru a akceleračním zrychlením v podélném směru. Napětí je rozloženo symetricky vůči podélné ose. Napětí se koncentruje spíše v zadní části dolní ložné plochy. V místě přechodu na zešíkmenou dolní ložnou plochu se vyskytuje napětí 225,8 MPa. Toto napětí lze posoudit jako špičkové, jelikož se vyskytuje na hraně výztuhy tohoto přechodu. V okolí této hrany je adekvátní napětí v průměru okolo 110–135 MPa. V místě ukotvení předních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla je napětí v rozmezí 56–74 MPa. Maximální napětí vzniká v ostrém rohu napojení střednice mezi příčnickem a plechem pro navařovací díl od návěsového čepu. Toto maximální napětí (obr. 46) má hodnotu 522,4 MPa a lze jej posoudit jako špičkové.

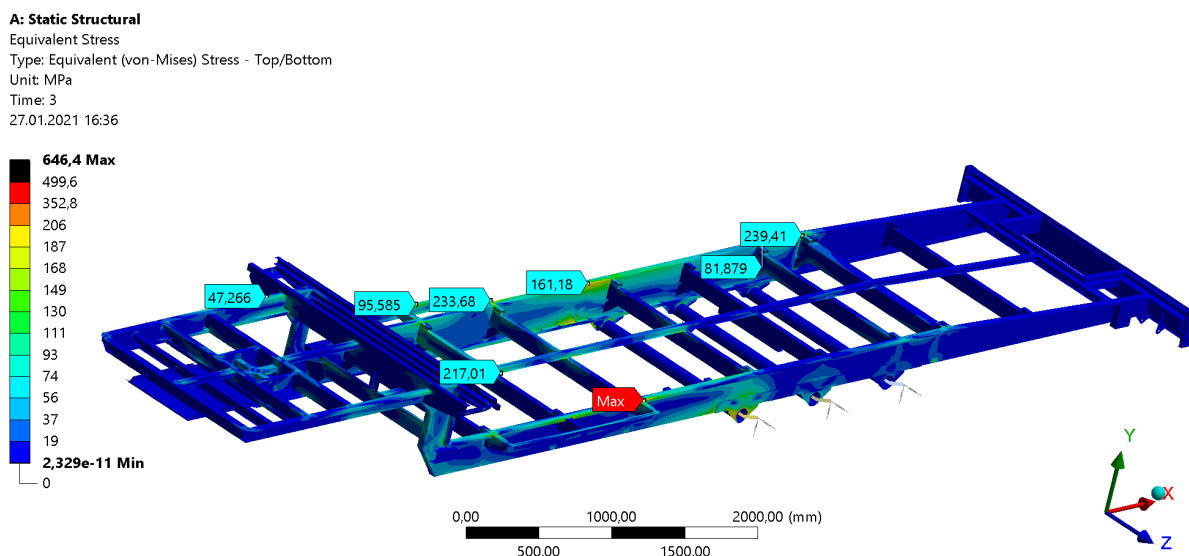
Napětí na horních podélných nosnících se pohybuje v rozmezí 56–111 MPa. Tento zatěžovací stav lze vyhodnotit jako **vyhovující**.



Obr. 46 Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 522,4 MPa, legenda: 0 – 522,4 MPa.

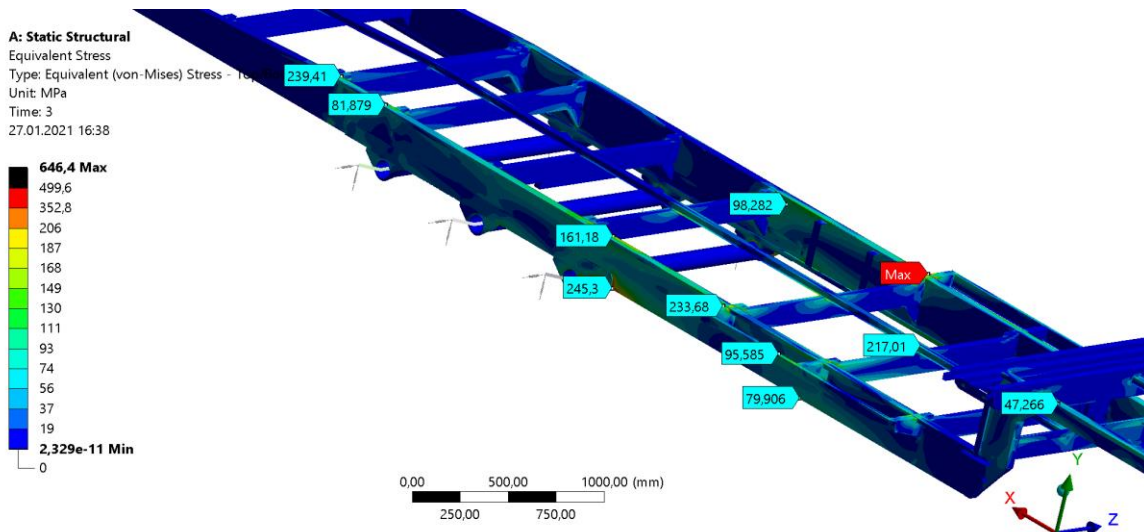
### 8.2.3 PRŮJEZD ZATÁČKOU

Stejně jako u prvního zatěžovacího nákladního motorového vozidla dochází i u tohoto ke vzniku výrazné napjatosti na nosném rámu. Při tomto zatěžovacím stavu (obr. 47) je přetěžována jedna strana nosného rámu. Znovu je simulována levotočivá zatáčka. V místě přechodu na zešíkmenou ložnou plochu vzniká napětí 239,4 MPa, toto napětí nelze považovat jako špičkové, protože v jeho okolí nabývá napětí vyšších hodnot než je návrhová pevnost 206 MPa. Dalším problémovým místem je napojení krajních příčných konzol na podélný nosník, zde se vyskytuje napětí 646,6 MPa, ale toto napětí lze považovat jako špičkové, protože v blízkosti tohoto bodu je napětí 111–168 MPa. V místě spojení příčnicků s prostředním profilem pro kotvení podlahy se koncentruje napětí v rozmezí 210–230 MPa, proto bude muset být tato oblast následně konstrukčně upravena.



Obr. 47 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 646,6 MPa, legenda: 0–646,6 MPa.

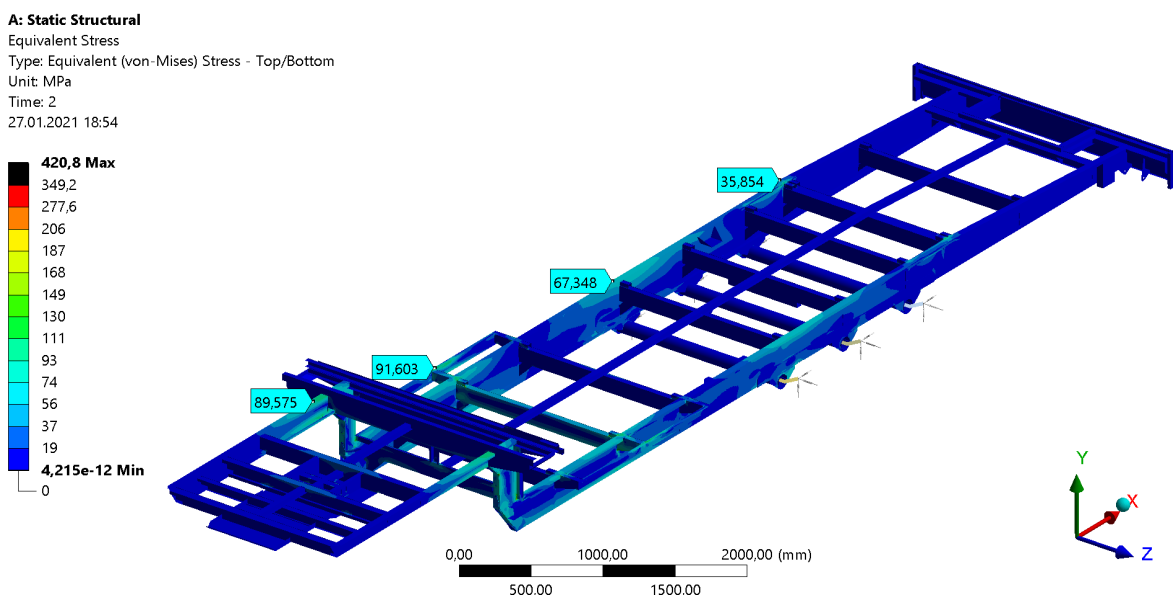
Stejně jako v prvním případě i zde dochází v místě vyztužení podélného nosníku k překročení návrhové pevnosti 206 MPa. V oblasti přední nápravy (obr. 48) a tohoto vyztužení se napětí pohybuje okolo 245–258 MPa. Tento stav je nutné posoudit jako **nevyhovující**.



Obr. 48 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2): pohled na podélný nosník, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 646,4 MPa, legenda: 0 – 646,4 MPa.

#### 8.2.4 VYROVNANÉ BRZDĚNÍ

Při tomto zatěžovacím stavu (obr. 49) se napětí koncentruje v přední části dolní ložné plochy, v přechodu mezi ložnými plochami a na horní ložné ploše u vedení navijáku. Maximální napětí 420,8 MPa vzniká v bodě, kde se stýká hlavní podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy a vertikální podélný nosník. Toto napětí lze posoudit jako špičkové. Na vertikálním podélném nosníku se vyskytuje napětí v rozmezí 93–149 MPa. Na pásových výztuhách v ostrém rohu, které jsou navařeny na trojúhelníkových výztuhách, vzniká špičkové napětí 220 MPa, ale v blízkém okolí se napětí pohybuje v rozmezí 130–168 MPa. Rozložení napětí při tomto zatěžovacím stavu je symetrické vůči podélné ose. Situaci je možné posoudit jako **vyhovující**.

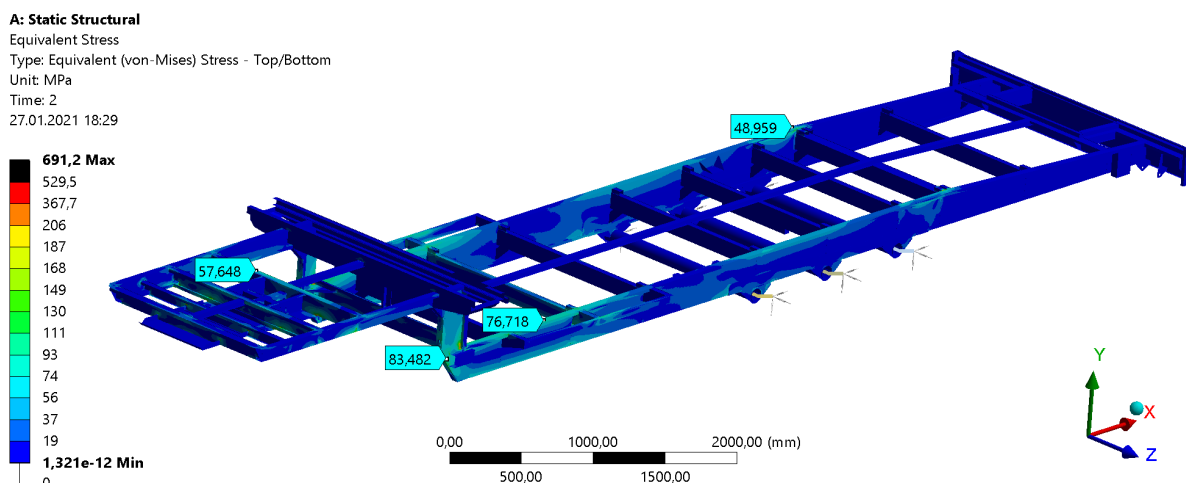


Obr. 49 Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 420,8 MPa, legenda: 0–420,8 MPa.



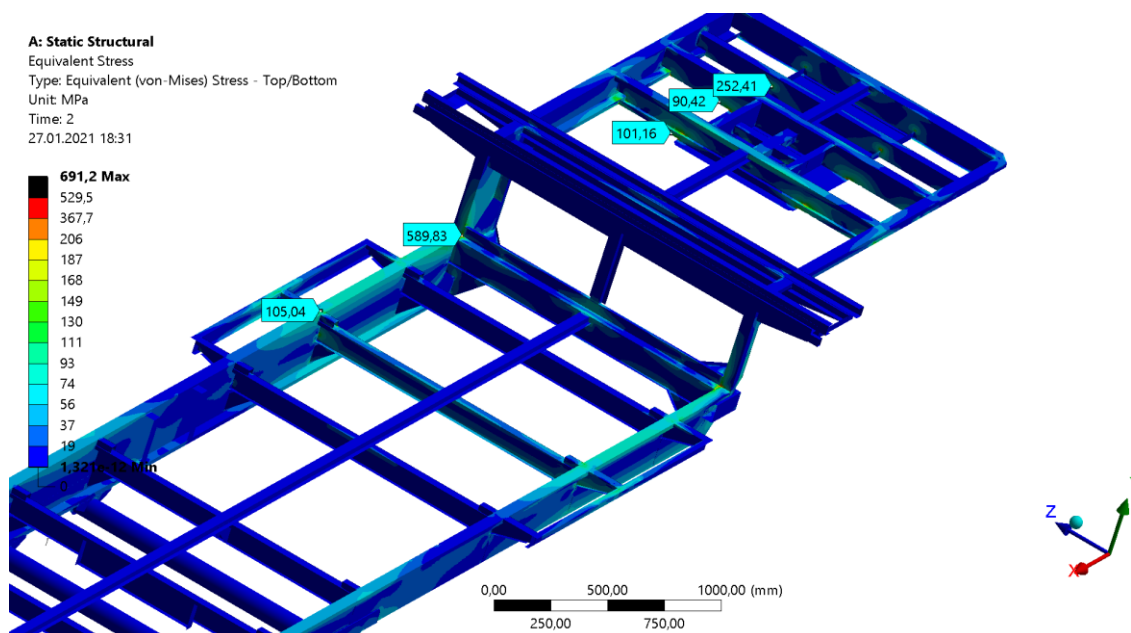
## 8.2.5 BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM

Během tohoto zatěžovacího stavu (obr. 50) se koncentruje napětí především v přední části dolní ložné plochy. Na rozdíl od předchozího zatěžovacího stavu vzniká značná napjatost i v okolí návěsového čepu. Napětí v přední části dolní ložné plochy se pohybuje v rozmezí 93–130 MPa. V oblasti ukotvení zadních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla je napětí v rozsahu 37–74 MPa. Maximální napětí 691,2 MPa vzniká v bodě, kde se stýká hlavní podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy a vertikální podélný nosník. Toto napětí lze posoudit jako špičkové.



Obr. 50 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 691,2 MPa, legenda: 0–691,2 MPa.

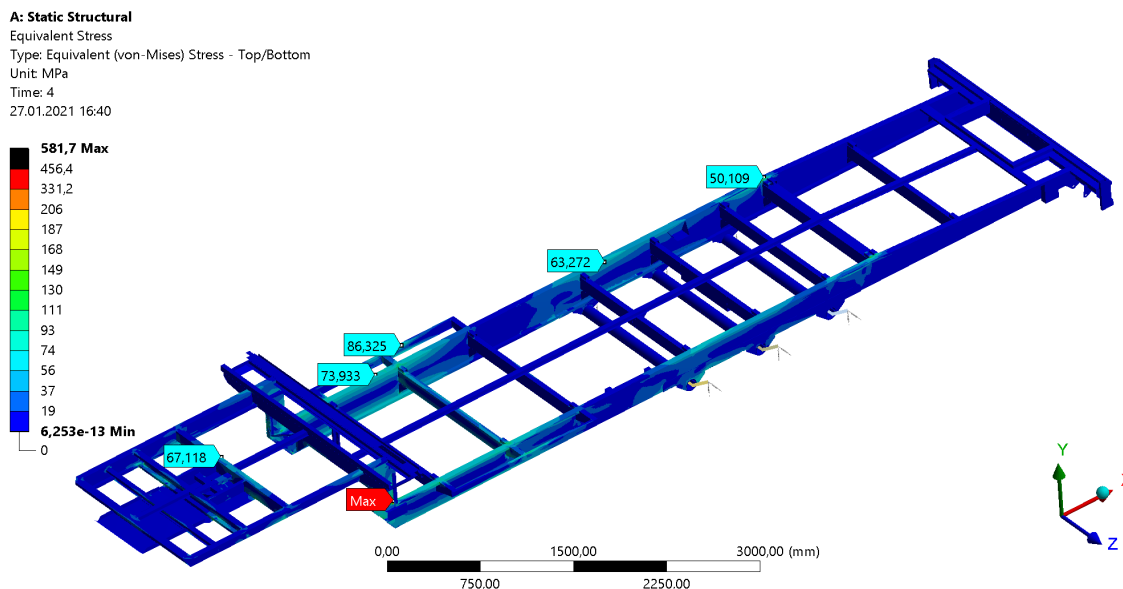
V okolí návěsového čepu vzniká několik špičkových napětí (obr. 51). Napětí 252,41 MPa mezi příčnickem a plechem lze posoudit jako špičkové, jelikož na blízkém okolí toho ostrého rohu je napětí v rozmezí 111–149 MPa. Napětí na spodních pásnicích horních podélných nosníků se pohybuje v rozmezí 130–226 MPa. Tento zatěžovací stav je nutné posoudit jako **nevyhovující**.



Obr. 51 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2): detail na oblast návěsového čepu, průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 691,2 MPa, legenda: 0 – 691,2 MPa.

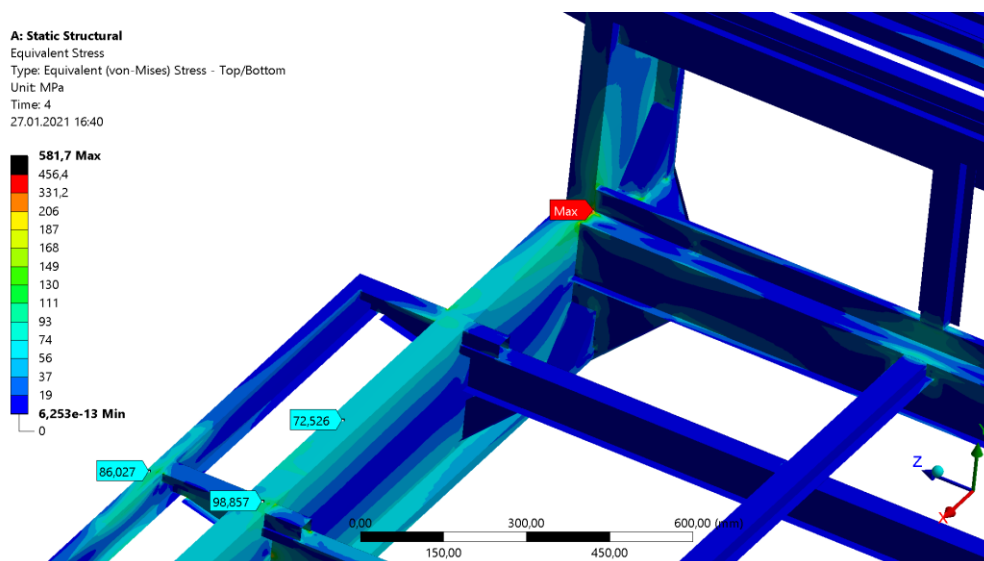
### 8.2.6 BRZDĚNÍ TAŽNÝM VOZIDLEM

Při zatěžovacím stavu brzdění tažným vozidlem (obr. 52), který se v běžném provozu vyskytuje ojediněle, se napětí koncentruje v přední části dolní ložné plochy, oblasti návěsového čepu, střední části podélného nosníku a oblasti ukotvení zadních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla. Maximální napětí opět vzniká v bodě, kde se stýká hlavní podélný nosník, přední koryto dolní ložné plochy, vertikální podélný nosník. Toto napětí 581,7 MPa lze posoudit jako špičkové.



Obr. 52 Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 581,7 MPa, legenda: 0–581,7 MPa.

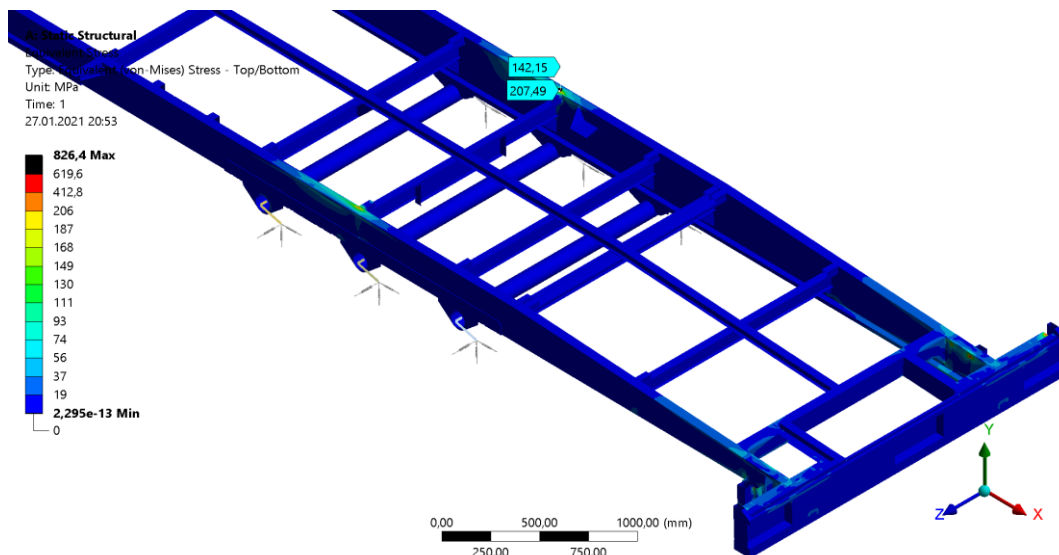
Napětí se koncentruje v přední části dolní ložné plochy (obr. 53), kde dosahuje hodnot 56–111 MPa. Toto napětí se vyskytuje v místě ukotvení předních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla. Další oblastí, kde dochází ke koncentraci napětí, je oblast přechodu mezi ložnými plochami, zde se napětí pohybuje v rozsahu 93–168 MPa. Tento zatěžovací stav je možné posoudit jako **vyhovující**.



Obr. 53 Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N2): pohled na přechod mezi ložnými plochami, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 581,7 MPa, legenda: 0 – 581,7 MPa.

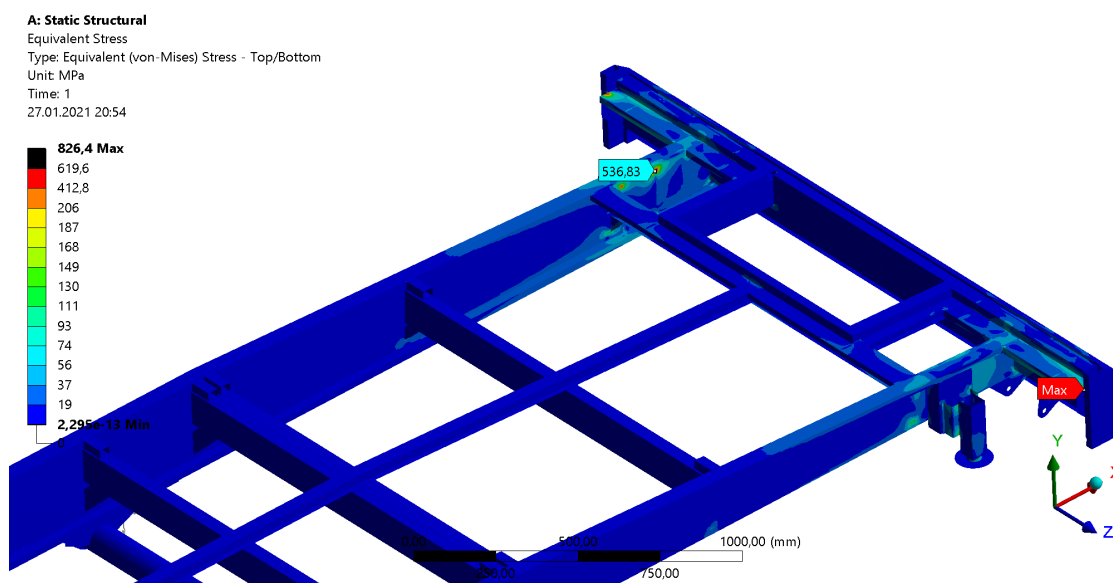
## 8.2.7 NAKLÁDKA

Při nakládání (obr. 54) je na návěs aplikováno pouze tíhové zrychlení. Napětí vzniká v oblasti předních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla. Toto napětí dosahuje hodnoty 207,49 MPa. Jelikož je toto napětí v místě hrany napojení střednice a na jeho nejbližším okolí se pohybuje napětí v rozmezí 130–160 MPa, je možné toto napětí posoudit jako špičkové.



Obr. 54 Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 826,4 MPa, legenda: 0–826,4 MPa.

Dále se napětí koncentruje v oblasti zadního koryta a držáku zadních opěrných noh. Maximální napětí na obr. 55 lze posoudit jako špičkové, protože se vyskytuje v ostrém rohu. Napětí 536,83 MPa lze posoudit jako špičkové, jelikož se vyskytuje v ostrém rohu napojení držáku opěrných noh na podélný nosník. Napětí v blízkém okolí tohoto ostrého rohu se pohybuje v rozmezí 111–160 MPa. Tento zatěžovací stav je možné posoudit jako **vyhovující**.



Obr. 55 Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N2): pohled na zadní koryto, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 826,4 MPa, legenda: 0 – 826,4 MPa.

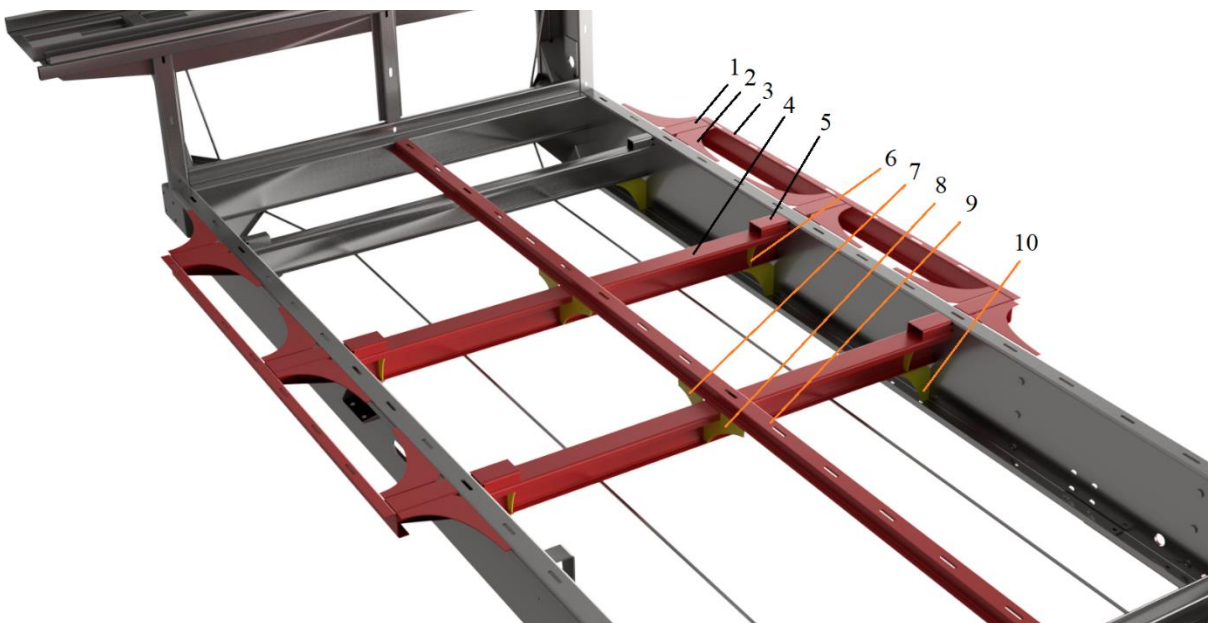
## 9 NÁVRH ÚPRAV

Následujícím úkolem diplomové práce je provést návrh možných úprav, které by vedly ke snížení napětí v nevyhovujících zatěžovacích stavech. Z předešlé kapitoly bylo zjištěno, že čtyři zatěžovací stavy byly vyhodnoceny jako nevyhovující – průjezd zatáčkou pro nákladní motorové vozidlo N1, průjezd zatáčkou pro nákladní motorové vozidlo N2, brzdění pouze návěsem pro nákladní motorové vozidlo N1 a N2. Při těchto zatěžovacích stavech bylo zjištěno, že je nutné konstrukčně upravit některé součásti, kde dochází k překročení návrhové pevnosti oceli se zahrnutým dynamickým součinitelem.

Po konzultaci v zadavatelské firmě bylo doporučeno, že by se neměly příliš měnit celkové rozměry a tloušťky materiálu hlavních podélných nosníků, ale spíše tato problematická místa vyřešit pomocí vhodných výztuh.

### 9.1 NAVRŽENÉ ÚPRAVY OBLASTI Č. 1

Prvním problematickým místem na nosném rámu je oblast kotvení předních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla. Při nevyhovujících zatěžovacích stavech se na krajních příčných konzolách pohybovalo napětí v rozmezí 187–235 MPa. V této oblasti (obr. 56) jsou upravované a přidávané díly pro lepší přehlednost znázorněny červenou a žlutou barvou. Prvním krokem je rozšíření krajních příčných konzol (1), což vede ke snížení napjatosti, ale ne k takovému snížení, že by se napětí pohybovalo pod hodnotou návrhové pevnosti oceli. Dalším krokem je přidání výztuh (2) o tloušťce 3 mm z materiálu S355J0. Díky těmto úpravám dojde k ideálnímu rozložení napětí po těchto výztuhách. Dalším upraveným dílem je krajní profil pro kotvení podlahy (3), kterému je upravena délka v návaznosti na rozšíření konzol (1). Na obrázku 56 jsou červené příčníky (4) rozšířeny, aby došlo ke zvětšení styčné plochy mezi podlahovou lamelou a příčníkem. Materiál a tloušťka materiálu zůstanou zachovány.



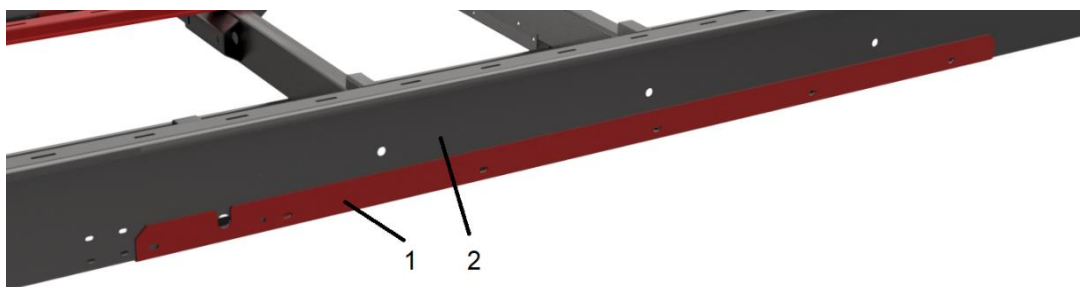
Obr. 56 Upravené díly (červeně) dolní ložné plochy: 1 – krajní příčná konzola, 2 – výztuha, 3 – krajní profil pro kotvení podlahy, 4 – příčník, 5 – výztuha podlahy, 6 – výztuha příčníku, 7,8 – výztuhy středového profilu pro kotvení podlahy, 9 – středový profil pro kotvení podlahy, 10 – upravené výztuhy.

Výztuhy podlahy (5) jsou rozšířeny a prodlouženy, při zachování typu materiálu a jeho tloušťky. Mezi těmito výztuhami a příčným docházelo k výraznému překročení návrhové pevnosti oceli, tudíž do těchto upravených příčníků je vložena výztuha (6) z materiálu S355J0 o tloušťce 3 mm. Další problémovou oblastí se v nevyhovujících zatěžovacích stavech jeví oblast mezi příčnými a středovým profilem pro kotvení podlahy (9). Původní byl vyroben z plechu tloušťky 2 mm a materiálu S235JR, po provedení pevnostní analýzy, kde docházelo k napětí 210–235 MPa, je tloušťka posílena na 3 mm a materiál vyměněn za S355J0. Materiál a jeho tloušťka materiálu je změněna u všech těchto středových profilů na dolní ložné ploše. Další úpravou je přidání výztuh (7 a 8), aby bylo napětí přeneseno na příčníky. Po těchto úpravách dojde k výraznému snížení napětí v těchto středových profilech.

Poslední úpravou došlo ke změně trojúhelníkových výztuh příčných nosníků na výztuhy s hyperbolickým tvarem (10). Materiál a tloušťka materiálu jsou zachovány. Tato změna proběhla pouze kvůli tomu, aby bylo napětí přenášeno na spodní pásnice podélných nosníků.

## 9.2 NAVRŽENÁ ÚPRAVA OBLASTI Č. 2

Z hlediska pevnostní analýzy je dalším problémem i oblast střední části podélného nosníku (obr. 57) v okolí náprav. Při zatěžovacím stavu akcelerace byla více zatěžována zadní část středního podélného nosníku a při průjezdu zatáčkou byla přetěžována část podélného nosníku v místě začátku konzoly první nápravy. Zde byla původní plechová výztuha (1) pouze v určité části. Po pevnostní kontrole je provedena úprava této plechové výztuhy (1) tak, že se nachází po celé délce střední části podélného nosníku (2). Výztuha je vyrobena z plechu tloušťky 4 mm a materiálu S355J0.



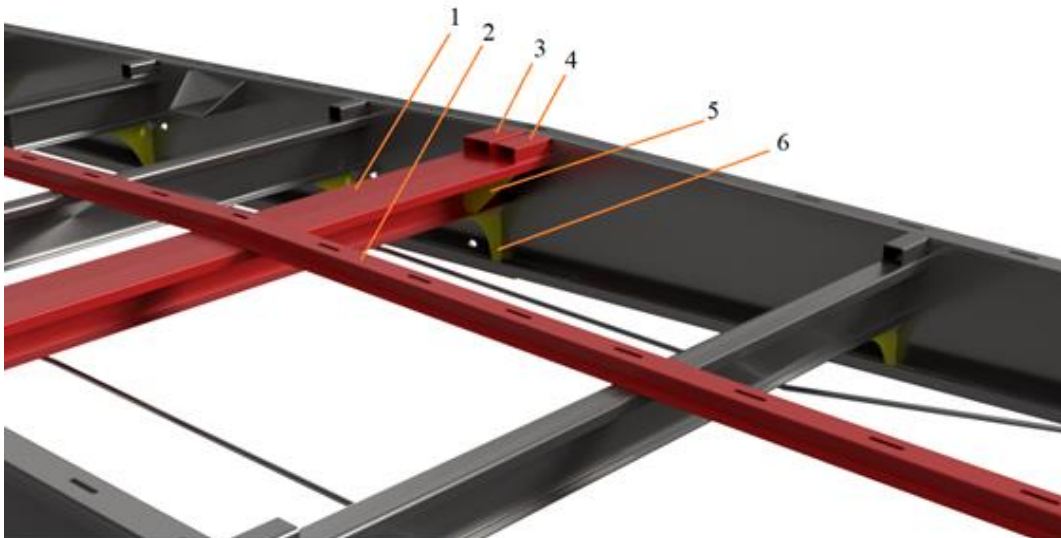
Obr. 57 Upravená výztuha (1) ve střední části podélného nosníku (2).

## 9.3 NAVRŽENÉ ÚPRAVY OBLASTI Č. 3

Další upravenou oblastí (obr. 58) je oblast přechodu na zešíkmenou ložnou plochu. V blízké oblasti tohoto přechodu dochází ke kotvení zadních kol přepravovaných nákladních motorových vozidel. V zatěžovacích stavech zde dochází k významné napjatosti. Jako první díl je upraven příčník (1) – dojde k jeho rozšíření, přičemž materiál a jeho tloušťka zůstanou zachovány. Dále je upraven středový profil pro kotvení podlahy (2), u kterého je materiál změněn na S355J0 s tloušťkou 3 mm. Výztuhy podlahy (3 a 4) musí být rozšířeny a prodlouženy v závislosti na rozšíření příčnicku. Jsou vyrobeny z materiálu S355J0 o tloušťce 3 mm. V místě konce těchto výztuh podlahy docházelo ke značné napjatosti horních ploch příčnicku, proto jsou do příčnicku vloženy výztuhy (5). Tímto krokem dochází k lepšímu rozložení napětí. Výztuhy (5) jsou vyrobeny z materiálu S355J0 o tloušťce 3 mm.



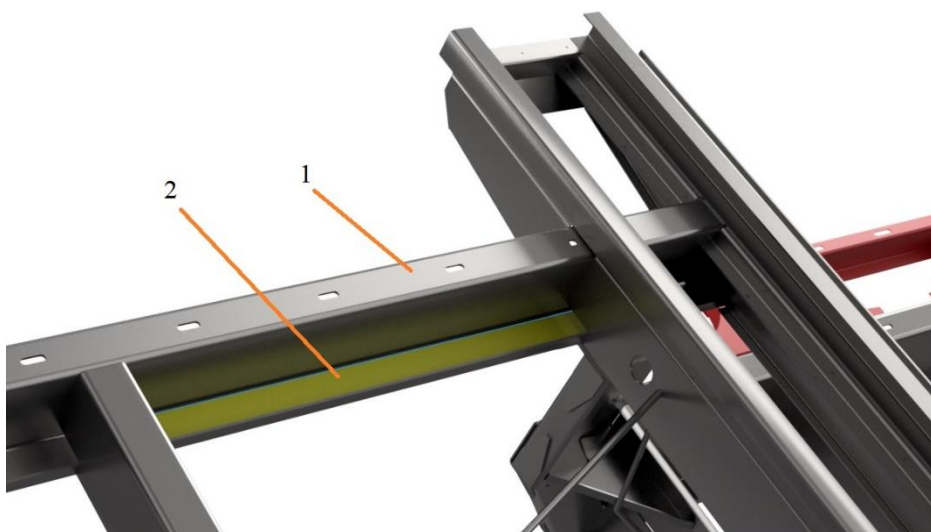
Poslední úpravou je změna trojúhelníkových výztuh na výztuhy s hyperbolickým tvarem (6). Materiál i tloušťka těchto dílů zůstávají zachovány.



Obr. 58 Upravené a přidané díly v místě přechodu dolní ložné plochy: 1 – příčník, 2 – středový profil pro kotvení podlahy, 3, 4 – výztuha podlahy, 5 – výztuha příčníku, 6 – trojúhelníková výztuha.

#### 9.4 NAVRŽENÁ ÚPRAVA OBLASTI Č. 4

Poslední upravená oblast (obr. 59) je oblast horních podélných nosníků. Při zatěžovacím stavu brzdění pouze návěsem pro nákladní motorové vozidlo N1 a N2 se napětí na horních podélných nosnících vyskytuje na spodních pásnicích. Toto napětí je v rozmezí 160–226 MPa, proto je nutné tuto oblast upravit. Na spodní pásnice je přidán pás plechu z materiálu S355J0 o tloušťce 4 mm.



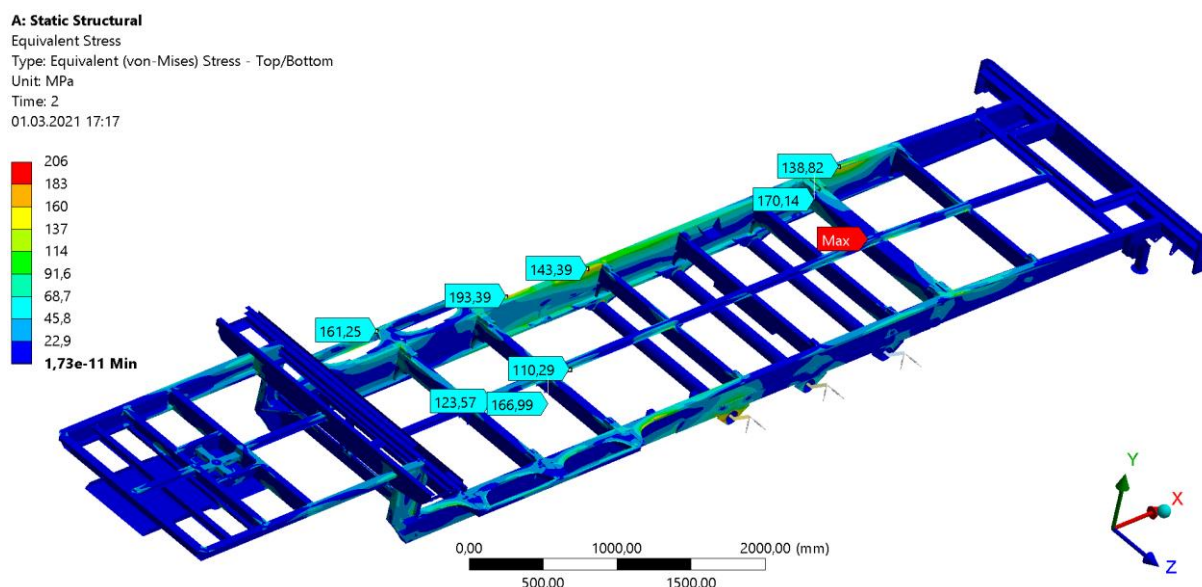
Obr. 59 Vložený pás plechu (2) do horního podélného nosníku (1).

## 10 VÝSLEDKY PEVNOSTNÍ KONTROLY PO ÚPRAVÁCH

Nezbytnou částí diplomové práce je opětovně provedení pevnostní analýzy po úpravách na nosném rámu. Tyto úpravy by měly vést ke snížení napjatosti v nevyhovujících místech. Pevnostní kontrola bude provedena pro zatěžovací stav průjezd zatáčkou a to jak pro nákladní motorové vozidlo N1, tak nákladní motorové vozidlo N2. Jako poslední je simulováno brzdění pouze návěsem a to jak pro nákladní motorové vozidlo N1, tak nákladní motorové vozidlo N2. Obrázky ve větší velikosti zobrazení jsou uvedeny v přílohách (PŘÍLOHA 17–20).

### 10.1 PRŮJEZD ZATÁČKOU (NÁKLADNÍ MOTOROVÉ VOZIDLO N1)

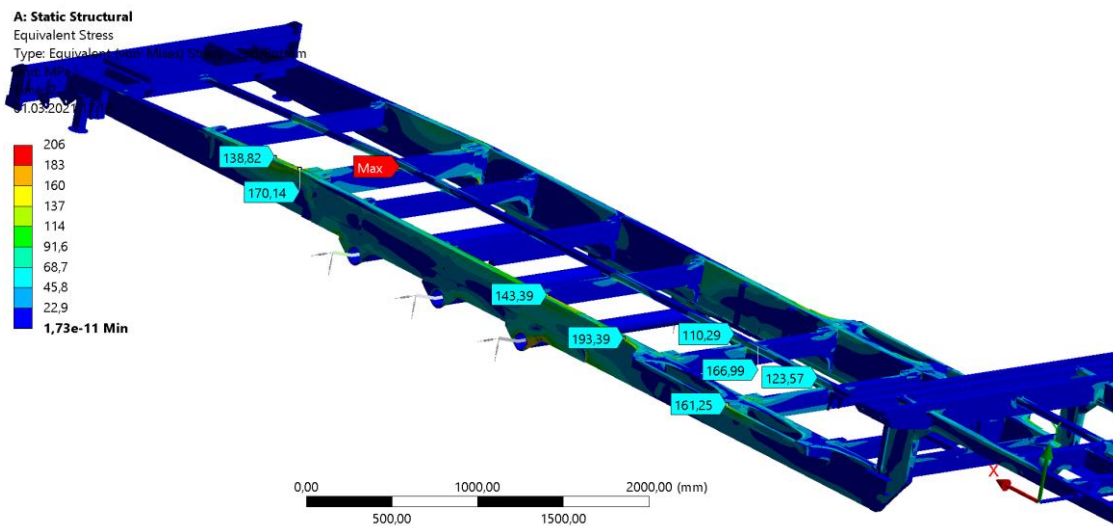
Při tomto zatěžovacím stavu působí na nosný rám návěsu tíhové zrychlení ve svislém směru a příčné zrychlení. Je simulována levotočivá zatáčka. Při tomto zatěžovacím stavu (obr. 60) dochází k přetěžování jedné strany nosného rámu. Napětí, které vzniká v místě ukotvení zadních kol přepravovaného motorového vozidla, se pohybuje v rozmezí 93–149 MPa. Napětí 170,14 MPa lze posoudit jako špičkové, protože se nachází na hraně napojení výztuhy na podélník. Maximální napětí vzniká v ostrém rohu napojení středového profilu pro kotvení podlahy a příčnicku. I toto napětí lze posoudit jako špičkové, jelikož na blízkém okolí se pohybuje napětí v rozmezí 130–160 MPa. Na středovém profilu došlo ke zlepšení hodnot napětí.



Obr. 60 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 721,2 MPa, legenda: 0–206 MPa.

Další problémovou oblastí (obr. 61) byla v původní verzi rámu oblast krajních příčných konzol – tam, kde jsou ukotvena přední kola přepravovaného motorové vozidla. Tento problém byl vyřešen rozložením napětí pomocí přidání výztuh. Zde se napětí rovněž snížilo a to na hodnoty v rozmezí 74–149 MPa. Napětí 193,39 MPa, které se nachází v ostrém rohu této výztuhy, lze považovat jako špičkové. V blízkém okolí tohoto bodu se napětí pohybuje v rozmezí 74–111 MPa.

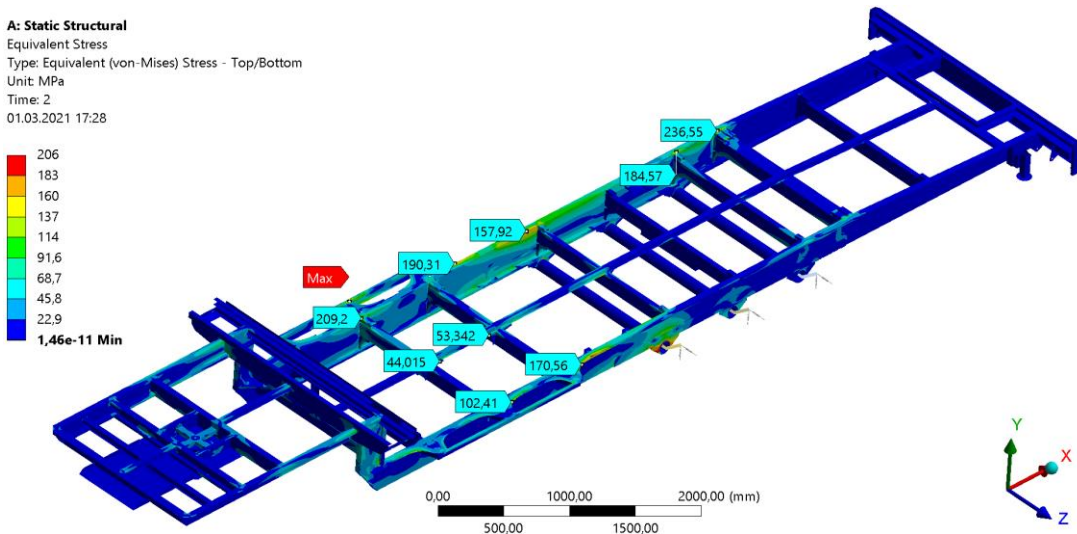
Problematickou částí byla i oblast konzoly první nápravy a nosného rámu. V původní neupravené verzi se napětí na hlavním podélném nosníku pohybovalo v rozmezí 220–248 MPa. Úpravou výztuhy podélného nosníku se napětí pohybuje v rozmezí 111–160 MPa. V ostrém rohu mezi konzolou nápravy a nosným rámem se nachází napětí, které lze posoudit jako špičkové. Vyšší než přípustné hodnoty napětí vykazovala i oblast středového profilu pro kotvení podlahy. Zde se napětí po konstrukční úpravě rovněž snížilo na hodnotu v rozmezí 111–160 MPa. Napětí 166,99 MPa lze posoudit jako špičkové, jelikož se nachází na hraně spojení středového profilu a výztuhy. Tento zatěžovací stav lze nyní posoudit jako **vyhovující**.



Obr. 61 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1): pohled na podélný nosník, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 721,2 MPa, legenda: 0–206 MPa.

## 10.2 PRŮJEZD ZATÁČKOU (NÁKLADNÍ MOTOROVÉ VOZIDLO N2)

Zatížení nákladním motorovým vozidlem N2 (obr. 62) vyvolá větší hodnoty napětí na nosném rámu návěsu. Nosný rám je zatížen stejnými podmínkami jako v předešlém případě. V oblasti ukotvení zadních kol přepravovaného vozidla se napětí pohybuje v rozmezí 111–149 MPa. Napětí 236,55 MPa a 184,57 MPa lze posoudit jako špičkové, protože v okolí těchto špičkových napětí je adekvátní napětí nižší a pohybuje se v rozmezí 114–160 MPa.



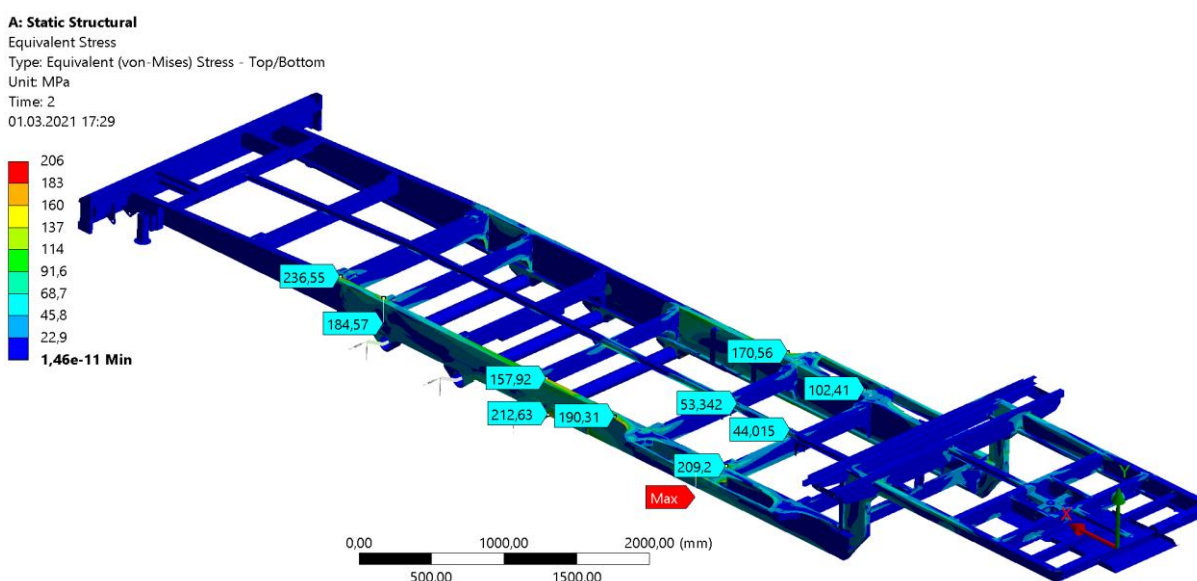
Obr. 62 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 536 MPa, legenda: 0 – 206 MPa.



V oblasti ukotvení předních kol přepravovaného vozidla, která byla konstrukčně upravena, se napětí pohybuje v rozmezí 111–160 MPa. Díky přidaným výztuhám došlo k rozložení a snížení napětí v této oblasti. Napětí 209,2 MPa a 190,31 MPa lze posoudit jako špičkové. Maximální napětí vzniká v bodě mezi bočním profilem pro kotvení podlahy a přidanou výztuhou. Toto napětí lze posoudit rovněž jako špičkové, na blízkém okolí tohoto bodu se napětí pohybuje v rozmezí 130–160 MPa.

Další částí (obr. 63), kterou bylo nutné konstrukčně upravit, je oblast konzoly první nápravy a podélného nosníku. Napětí 212,63 MPa se nachází v ostrém rohu mezi konzolou nápravy a výztuhou podélného nosníku. Toto napětí lze posoudit jako špičkové, jelikož napětí v blízkém okolí tohoto rohu se pohybuje v rozmezí 93–160 MPa.

Tento zatěžující lze posoudit nyní jako **vyhovující**.

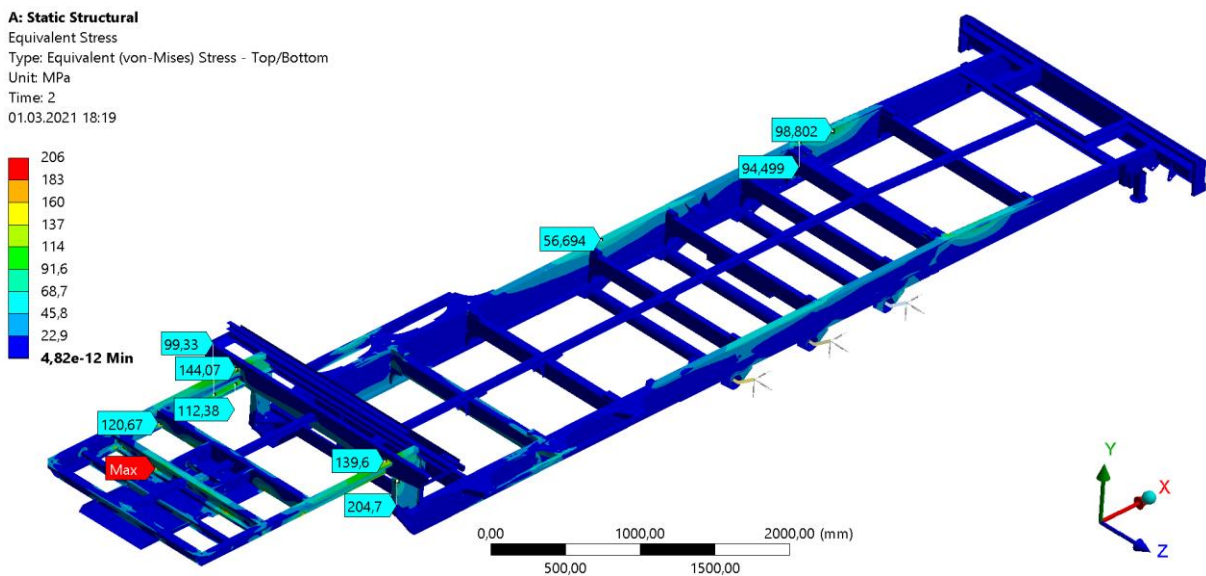


Obr. 63 Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2): pohled na podélný nosník, průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 536 MPa, legenda: 0–206 MPa.

### 10.3 BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM (NÁKLADNÍ MOTOROVÉ VOZIDLO N1)

Při tomto zatěžovacím stavu (obr. 64) se koncentruje napětí především v přední části dolní ložné plochy, vertikálním podélném nosníku, okolí návěsového čepu a na spodních pásnicích horních podélných nosníků. Napětí v přední části dolní ložné plochy se pohybuje v rozmezí 68–81 MPa. V oblasti ukotvení zadních kol přepravovaného nákladního motorového vozidla je napětí v rozsahu 91–114 MPa. Napětí 204,7 MPa lze považovat jako špičkové, jelikož se nachází v bodě výztuhy vertikálního podélného nosníku. V okolí je napětí výrazně nižší a pohybuje se v rozmezí 114–137 MPa. Po konstrukčních úpravách došlo ke snížení napětí na spodní pásnici horního podélného nosníku. Napětí na spodních pásnicích se pohybuje v rozmezí 91–144 MPa. Maximální napětí se nachází v bodě, kde se napojuje střednice plechu na příčník. Toto napětí lze opět považovat jako špičkové, protože v okolí tohoto bodu je napětí v rozsahu 91–137 MPa.

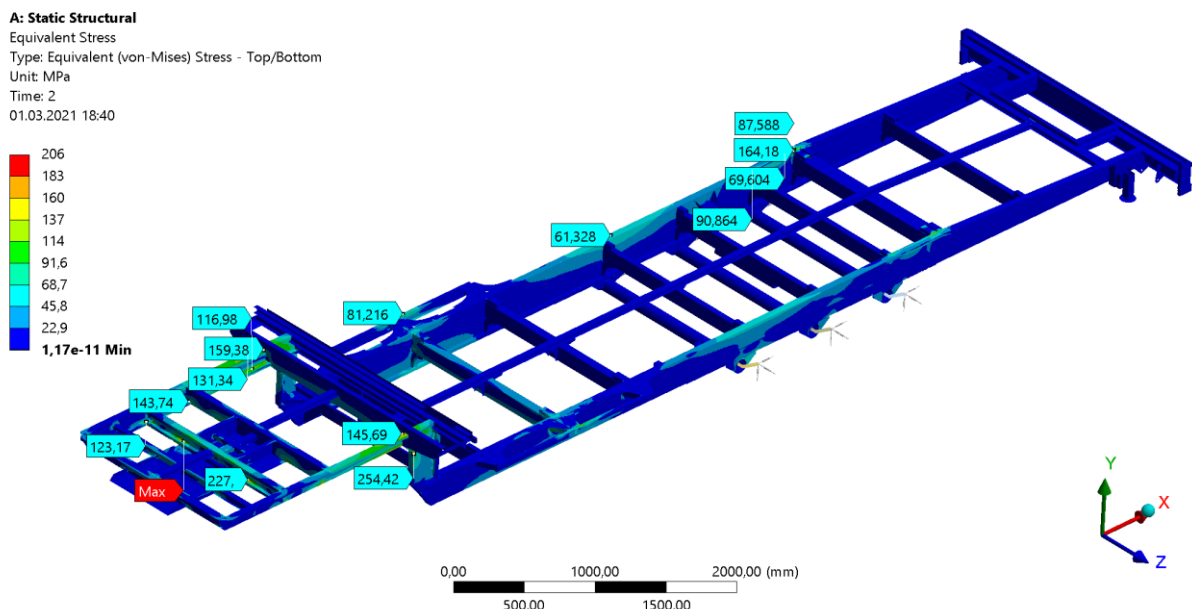
Tento zatěžovací stav je nyní možné posoudit jako **vyhovující**. Konstrukčními úpravami došlo ke snížení napjatosti v nevyhovujících místech.



Obr. 64 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1): průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 718,6 MPa, legenda: 0–206 MPa.

## 10.4 BRZDĚNÍ POUZE NÁVĚSEM (NÁKLADNÍ MOTOROVÉ VOZIDLO N2)

Při tomto zatěžovacím stavu lze předpokládat vznik vyšších napětí, které vznikají na nosném rámu. Rám je zatížen stejnými podmínkami jako v předešlém případě, jen je změněn náklad. Při tomto zatěžovací stavu (obr. 65) se napětí vyskytuje v oblasti ukotvení zadních kol přepravovaného motorového vozidla, vertikálním podélném nosníku, spodních pásnicích horních podélných nosníků a v oblasti návěsového čepu.



Obr. 65 Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2): průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 726,2 MPa, legenda: 0–206 MPa.

Napětí 164,18 MPa lze považovat jako špičkové, jelikož v blízkém okolí se napětí pohybuje v rozmezí 68–92 MPa. Ve střední části podélného nosníku vzniká napětí okolo 60 MPa.

V oblasti ukotvení předních kol přepravovaného vozidla napětí dosahuje téměř 81 MPa. Napětí 254,42 MPa lze považovat jako špičkové, jelikož se toto napětí vyskytuje v bodě. V blízkém okolí tohoto bodu je napětí výrazně nižší a to v rozsahu 92–140 MPa.

Napětí na spodních pásnicích horních podélných nosníků se po konstrukčních úpravách snížilo. Nyní je napětí v rozmezí 114–159 MPa.

Maximální napětí se vyskytuje v bodě, kde dochází k napojení plechu pod navařovací díl a jednoho z příčníků. Toto napětí je možné prohlásit za špičkové, jelikož v blízkém okolí tohoto bodu je v rozsahu 92–114 MPa. Napětí 227 MPa je možné posoudit za špičkové, jelikož se jedná stejnou situaci.

Po konstrukčních úpravách lze tento zatěžovací stav prohlásit za **vyhovující**.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu návěsu pro přepravu motorových vozidel na pozemních komunikacích s ohledem na zadané základní technické parametry. Samozřejmostí při tvorbě návrhu bylo i dodržení veškerých aktuálních legislativních požadavků. Nedílnou součástí vývoje návěsu bylo provedení pevnostní analýzy nosného rámu pomocí metody konečných prvků a jeho následná úprava. Práce byla vytvořena ve spolupráci s konstrukčním oddělením společnosti Vezeko s.r.o., která se zabývá výrobou široké škály přívěsů a návěsů, ať už standardizovaných, tak vyrobených dle individuálních potřeb zákazníků.

Úvodní kapitoly této diplomové práce se věnovaly stručné rešerši obsahující nejzákladnější informace týkající se rozdělení přepravní techniky a legislativní požadavky, které bylo nutné zohlednit při navrhování návěsu.

Pro optimální návrh řešení bylo nutné se zamyslet nad způsobem využití návěsu. Byly vybrány typy nákladních motorových vozidel, která by měla být na návěsu přepravována. Tato vozidla byla volena s jiným rozvorem tak, aby byla provedena kontrola v různých částech návěsu v pevnostní kontrole. Nákladní motorové vozidlo kategorie N2 bylo zvoleno z toho důvodu, aby byl nosný rám návěsu podroben pevnostní kontrole na mezi nejvyšší přípustné hmotnosti návěsu.

Jedna z hlavních částí práce popisovala navržené konstrukce návěsu včetně uvedených technických parametrů. V této kapitole byly postupně popsány tyto části návěsu: nosný rám, nápravy, brzdy, podlaha a další nakupované součásti. Součástí diplomové práce byla i zadaná výkresová dokumentace.

Následně byl proveden rozbor zatěžovacích stavů, které mohou vzniknout při provozu po pozemních komunikacích. Zatěžovací stavy jsou určeny na základě normy ČSN EN 12195-1. Jako zatěžovací stavy byly určeny stání/přímá jízda, akcelerace, průjezd zatáčkou, vyrovnané brzdění, brzdění pouze návěsem, brzdění tažným vozidlem. Jako poslední byl určen zatěžovací stav nakládka, při kterém dochází k najíždění motorového vozidla na návěs. Následující část byla věnována vytvoření výpočtového modelu s náhradami nákladu, náprav, pneumatik a návěsového čepu. Pevnostní kontrola proběhla pro sedm zatěžovacích stavů pro zatížení nákladním motorovým vozidlem kategorie N1 a N2.

Po provedení pevnostní analýzy byly vyhodnoceny čtyři zatěžovací stavy jako nevyhovující – průjezd zatáčkou pro obě přepravovaná nákladní motorová vozidla a brzdění pouze návěsem pro obě přepravovaná nákladní motorová vozidla. Na základě těchto nevyhovujících stavů byla původní konstrukce nosného rámu upravena a opět podrobena pevnostní analýze. Na rámu se totiž vyskytovala napětí, která překračovala dovolenou mez po zahrnutí dynamického součinitele. Na nosném rámu se po provedení úprav vyskytují stále špičková napětí, ale tato napětí vznikají v ostrých rozích a místě napojení střednicových ploch. Tato místa vznikla na nosném rámu vlivem zjednodušení výpočtového modelu. Lze předpokládat, že v těchto místech budou hodnoty napětí výrazně nižší.

Výsledkem diplomové práce je vyrobený návěs, který je způsobilý pro provoz na pozemních komunikacích a splňuje aktuální legislativní požadavky.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PTÁČEK, Petr a Aleš KAPLÁNEK. Přeprava nákladu v silniční nákladní dopravě. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-257-2.
- [2] VLK, František. Stavba motorových vozidel. 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, Dr.Sc., 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [3] VLK, František. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.
- [4] VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce. 2. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1.
- [5] NĚMEČEK, P. Karoserie a rámy motorových vozidel, TU v Liberci, [online]. [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <http://old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf>
- [6] Česká technická norma ČSN EN 12195-1: Zajišťování břemen na silničních vozidlech – Bezpečnost – Část 1: Výpočet zajišťovacích sil. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [7] Česká technická norma ČSN EN 12640: Fixace nákladu na silničních vozidlech – Vázací body na vozidlech pro přepravu zboží – Minimální požadavky a zkoušení. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [8] ČSN EN ISO 1461 (038560) A Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem na ocelové a litinové výrobky - Specifikace a zkušební metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [9] Vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, Ministerstvo dopravy a spojů, 19. prosince 2014.
- [10] Vyhláška č. 209/2018 Sb., Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. In: Sbírka zákonů.
- [11] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 458/2011 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, pokud jde o montáž jejich pneumatik, a kterým se provádí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel, jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti, 12. května 2011.
- [12] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 13 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění, 8. října 2015.
- [13] Směrnice Rady 91/226/EHS o sblížení právních předpisů členských států týkajících se systémů proti rozstříku u určitých kategorií motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, 27. března 1991.

- [14] Předpis Evropské hospodářské komise Spojených národů (EHK OSN) č. 55 – Jednotná ustanovení týkající se schvalování mechanických spojovacích konstrukčních částí jízdních souprav vozidel, 10. února 2018.
- [15] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 48 – Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci, 8. října 2016.
- [16] ČSN EN 1993-1-1. Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [17] PETRUŠKA, Jindřich. *Počítačové metody mechaniky II: MKP v inženýrských výpočtech* [online]. Vysoké učení technické v Brně [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <http://www.umt.fme.vutbr.cz/images/opory/MKP%20v%20inzenyrskych%20vypoctech/RIV.pdf>
- [18] E-mailová korespondence s Ing. Jozef Steinhübl, PhD. [online]. [cit. 2020-10-10], [steinhubl@knott.sk](mailto:steinhubl@knott.sk)
- [19] E-mailová korespondence s Ing. Jaroslav Musil. [online]. [cit. 2020-10-10], [Jaroslav.musilcs@trelleborg.com](mailto:Jaroslav.musilcs@trelleborg.com)
- [20] Kdo jsme: Žárová zinkovna. Wiegel.cz [online]. [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: [https://wiegel.cz/kdo-jsme/zarova-zinkovna/?gclid=EAIaIQobChMI7LG3nO-77AIVCtd3Ch37fQoDEAAAYASAAEgI\\_F\\_D\\_BwE](https://wiegel.cz/kdo-jsme/zarova-zinkovna/?gclid=EAIaIQobChMI7LG3nO-77AIVCtd3Ch37fQoDEAAAYASAAEgI_F_D_BwE)
- [21] Žárové zinkování: Rozdíl mezi žárovým a galvanickým zinkováním. Eurometal.cz [online]. [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.eurometal.cz/magazin/rozdil-mezi-zarovym-a-galvanickym-zinkovanim-detail-60>
- [22] Točna plato s nájezdy 10000 kg. Vezeko.cz [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.vezeko.cz/cs/privesy-a-nastavby/2363-tocna-plato-s-najezdy-10000-kg>
- [23] TrSP 25.25. Lohr [online]. 2020-10-10 [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: [https://lohr.fr/lohr-automotive/trsp-25-25/#prettyphoto\[group-724\]/1/](https://lohr.fr/lohr-automotive/trsp-25-25/#prettyphoto[group-724]/1/)
- [24] Imola. Vezeko.cz [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.vezeko.cz/cs/privesy-a-nastavby/1993-imola>
- [25] Návěs pro přepravu automobilů, autotransporter fur minisattelzug 8500 kg. Truck1.cz [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.truck1.cz/navesy/navesy-na-prepravu-automobilu/autotransporter-fur-minisattelzug-8500-kg-a4571739.html>
- [26] Nový návěs na přepravu automobilů Vega Trailer 3 Axle Promax. Truck1.cz [online]. [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.truck1.cz/navesy/navesy-na-prepravu-automobilu/vega-trailer-3-axle-promax-a4841251.html>
- [27] Naše technika. Vemax.cz [online]. 2020-10-10 [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <http://www.vemax.cz/odtahova-sluzba/nase-technika/>

- [28] MARKET COMMERCIAL SHEETS: IVECO BODY BUILDERS > COMMERCIAL SHEETS > 1120 > ZZ006 > ZZ154 > 4X2 > FURGONE. Ibb.iveco.com [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [http://ibb.iveco.com/Commercial%20Sheets/Forms/ViewDocuments.aspx?Paged=TRUE&p\\_SortBehavior=0&p\\_SortOrder=&p\\_FileLeafRef=35S16%2dV%2dP%5fEN%2epdf&p\\_ID=19724&RootFolder=%2fCommercial%20Sheets%2f1120%2fZZ006%2fZZ154%2f4x2%2fFURGONE&PageFirstRow=31&&View={3149E0F6-EEE4-40B2-AEE4-470AC97B2642}](http://ibb.iveco.com/Commercial%20Sheets/Forms/ViewDocuments.aspx?Paged=TRUE&p_SortBehavior=0&p_SortOrder=&p_FileLeafRef=35S16%2dV%2dP%5fEN%2epdf&p_ID=19724&RootFolder=%2fCommercial%20Sheets%2f1120%2fZZ006%2fZZ154%2f4x2%2fFURGONE&PageFirstRow=31&&View={3149E0F6-EEE4-40B2-AEE4-470AC97B2642})
- [29] MARKET COMMERCIAL SHEETS: IVECO BODY BUILDERS > COMMERCIAL SHEETS > 1120 > ZZ006 > ZZ154 > 4X2 > FURGONE. Ibb.iveco.com [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: [http://ibb.iveco.com/Commercial%20Sheets/1120%2FZZ006%2FZZ154%2F4x2%2FFURGONE%2f40C15-V\\_EN.pdf](http://ibb.iveco.com/Commercial%20Sheets/1120%2FZZ006%2FZZ154%2F4x2%2FFURGONE%2f40C15-V_EN.pdf)
- [30] Užitékové vozy Crafter: Technické informace. Volkswagenprestavy.cz [online]. [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: <https://www.volkswagenprestavy.cz/technicke-informace/crafter/>
- [31] Product: KZ 1008 – 1012, KZ 1410 – 1412. Jost-world.com [online]. [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <https://www.jost-world-catalogues.com/en/jost-truck-trailer/king-pins/kz-1008-1012-kz-1410-1412.html>
- [32] King pin. Jost-world.com [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: <https://www.jost-world-kataloge.de/en/jost-truck-trailer/king-pins/general-information.html>
- [33] Světlo zadní s trojúhelníkem - LED, blinkr žárovka - levé. Vezeko.cz [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: [https://www.vezeko.cz/cs/nahradni-dily/2533-svetlo-zadni-s-trojuhelnikem-led-blinkr-zarovka-leve?cat\\_id=272](https://www.vezeko.cz/cs/nahradni-dily/2533-svetlo-zadni-s-trojuhelnikem-led-blinkr-zarovka-leve?cat_id=272)
- [34] Světlo poziční LED oranžové 12/24V 0.5J. Vezeko.cz [online]. [cit. 2020-10-29]. Dostupné z: [https://www.vezeko.cz/cs/nahradni-dily/2246-svetlo-pozicni-led-oranzove-12-24v-0-5j?cat\\_id=273](https://www.vezeko.cz/cs/nahradni-dily/2246-svetlo-pozicni-led-oranzove-12-24v-0-5j?cat_id=273)
- [35] Nelegovaná ocel obvyklých vlastností vhodná ke svařování pro ocelové konstrukce. Techportal.cz [online]. [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: [https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR\\_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a\\_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLT\\_peBZxsdEl75N8MGgz73w](https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLT_peBZxsdEl75N8MGgz73w)
- [36] ČSN 11523 – konstrukční ocel. Czferrosteel.cz [online]. [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11523.pdf>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ABS	[-]	Anti – lock Brake System
$a_{x,AKC}$	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení pro zatěžovací stav akcelerace
$a_{x,N}$	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení pro zatěžovací stav brzdění pouze návěsem
$a_{x,TV}$	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení pro zatěžovací stav brzdění pouze tažným vozidlem
$a_{x,VB}$	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení pro zatěžovací stav vyrovnané brzdění
$a_{z,ZAT}$	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení pro zatěžovací stav průjezd zatáčkou
$c_t$	$[N \cdot m \cdot rad^{-1}]$	torzní tuhost celé nápravy
$c_{x,VPŘED}$	[-]	koeficient zrychlení podélně vpřed
$c_{x,VZAD}$	[-]	koeficient zrychlení podélně vzad
$c_y$	[-]	koeficient zrychlení příčně
EBS	[-]	Electronic Brake System
$f_{D,S235JR}$	[MPa]	hodnota dovoleného napětí zahrnující dynamický součinitel
$f_{D,S355J0}$	[MPa]	hodnota dovoleného napětí zahrnující dynamický součinitel
$F_{KOLA,N}$	[N]	reakce na zatížení v kolech návěsu
$F_{NVCEP}$	[N]	reakce na zatížení v návěsovém čepu
$F_T$	[N]	tíhová síla působící v těžiště stroje
$F_P$	[N]	tíhová síla působící ve středu osy přední nápravy vozidla
$F_{x,N}$	[N]	podélná síla působící na návěsový čep při brzdění pouze návěsem
$f_{yd,S235JR}$	[MPa]	hodnota návrhové pevnosti materiálu S235JR
$f_{yd,S355J0}$	[MPa]	hodnota návrhové pevnosti materiálu S355J0
$g$	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
$G_N$	[N]	zatížení od vlastní tíhy návěsu
$G_{PD}$	[N]	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na přední nápravu
$G_{ZD}$	[N]	zatížení od vlastní tíhy motorového vozidla na zadní nápravu



$k_D$	[-]	dynamický součinitel
$k_P$	$[N \cdot mm^{-1}]$	tuhost pneumatik
LED	[-]	Light – Emitting Diode
$m_{KOLA,N}$	[kg]	únosnost pneumatik
$m_{NVCEP}$	[kg]	svislé statické zatížení v návěsovém čepu
$m_{MAX,JS}$	[kg]	maximální přípustná hmotnost jízdní soupravy
$m_{MAX,TV}$	[kg]	maximální přípustná hmotnost tažného vozidla
$m_{MIN,TV}$	[kg]	minimální přípustná hmotnost tažného vozidla
$m_{MV}$	[kg]	hmotnost motorového vozidla
$m_N$	[kg]	hmotnost návěsu v těžišti návěsu
$m_P$	[kg]	hmotnost přepravovaného vozidla na přední nápravu
$m_{PD}$	[kg]	hmotnost přepravovaného vozidla na přední nápravu
$m_{Pmax}$	[kg]	maximální nosnost pneumatik
$M_{TOR}$	$[N \cdot m]$	torzní moment pružných elementů jedné strany nápravy
$m_Z$	[kg]	hmotnost přepravovaného vozidla na zadní nápravu
$m_{ZD}$	[kg]	hmotnost přepravovaného vozidla na zadní nápravu
$P$	[kN]	setrvačná síla z maximálního užitečného zatížení
$R_{e,S235JR}$	[MPa]	hodnota dolní meze kluzu materiálu S235JR
$R_{e,S355J0}$	[MPa]	hodnota dolní meze kluzu materiálu S355J0
$x$	[mm]	rozvor náprav motorového vozidla
$x_{KT}$	[-]	počet kotvících třmenů
$x_T$	[mm]	podélná vzdálenost těžiště vozidla od osy zadní nápravy
$y_T$	[mm]	podélná vzdálenost těžiště vozidla od osy zadní nápravy
$\gamma_M$	[-]	součinitel spolehlivosti materiálu
$\delta$	[°]	úhel natočení ramene nápravy
$\Delta R_P$	[mm]	rozdíl statického nezatíženého a zatíženého poloměru pneumatik

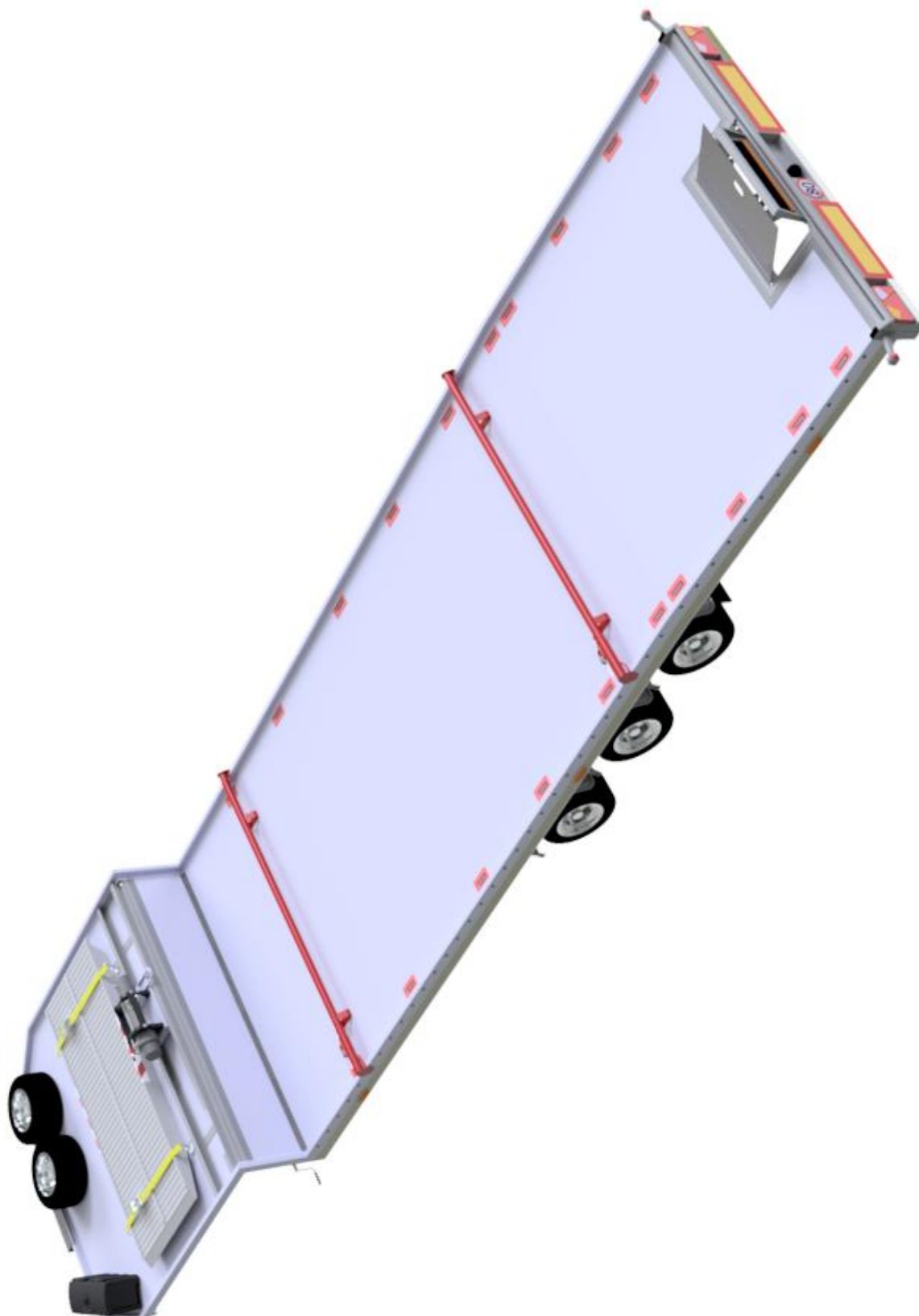
## SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA 1** Pohled na levou zadní část návěsu.
- PŘÍLOHA 2** Pohled na levou přední část návěsu.
- PŘÍLOHA 3** Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 4** Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 5** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 6** Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 7** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 8** Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 9** Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N1).
- PŘÍLOHA 10** Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 11** Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 12** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 13** Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 14** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 15** Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 16** Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N2).
- PŘÍLOHA 17** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1). Úprava.
- PŘÍLOHA 18** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2). Úprava.
- PŘÍLOHA 19** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1).  
Úprava.
- PŘÍLOHA 20** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2).  
Úprava.

## SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

- 1-VZ-SN Sestava návěsu
- 0-VZ-SR Sestava nosného rámu
- 4-K-VZ-SR Sestava nosného rámu – kusovník
- 3-VZ-10020 Zadní koryto
- 3-VZ-10086 Podélný nosník 1. část
- 4-VZ-10126-Ú Žebro vyztužení – konzole
- 3-VZ-10127-Ú Příčnick – upravený
- Knott 414011 Katalogový list nápravy

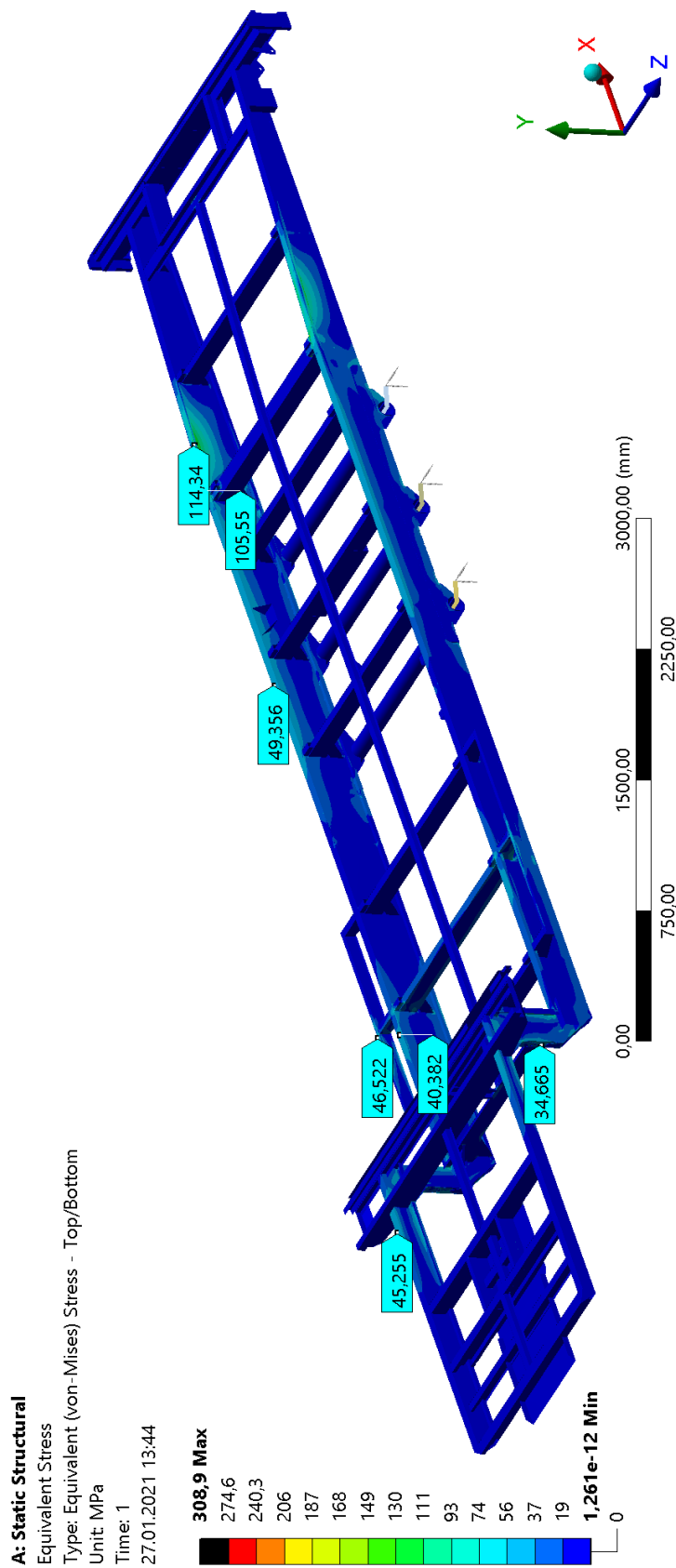
**PŘÍLOHA 1:** Pohled na levou zadní část návěsu.



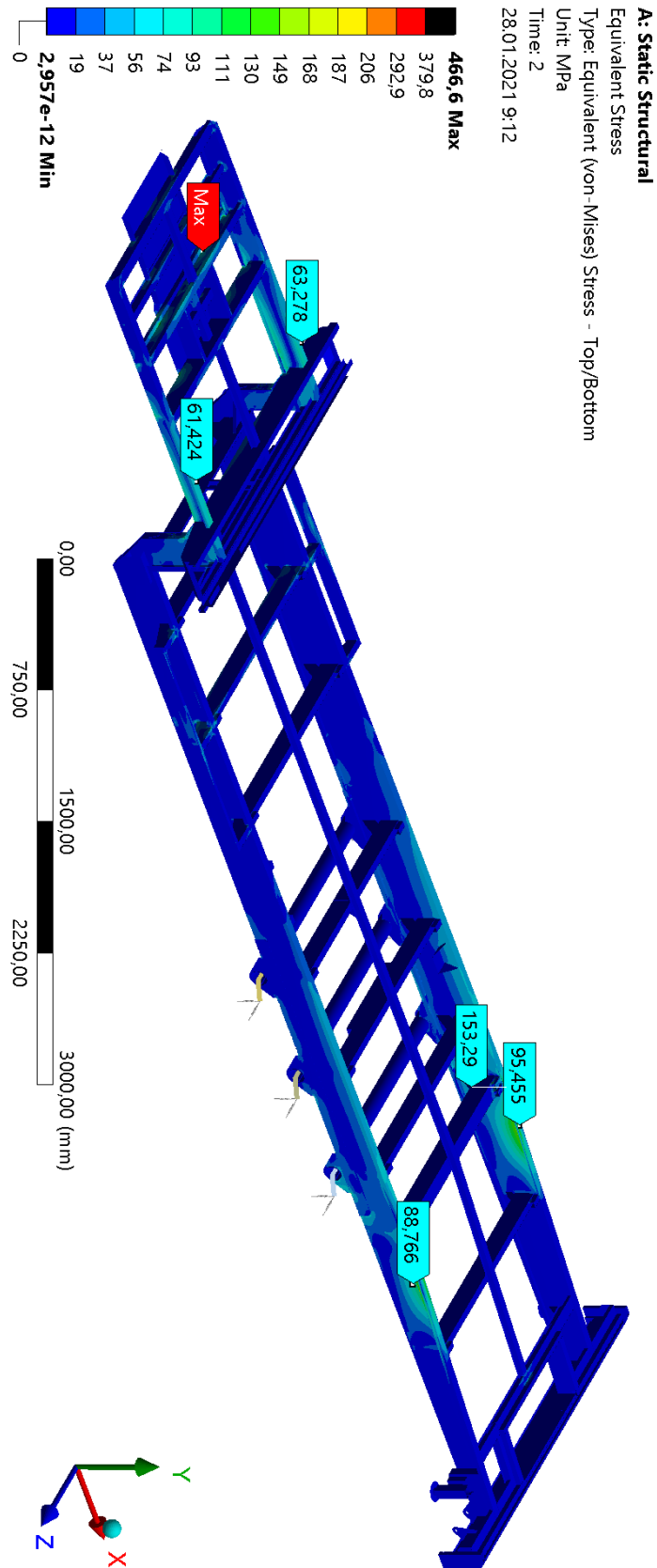
**PŘÍLOHA 2:** Pohled na levou přední část návěsu.



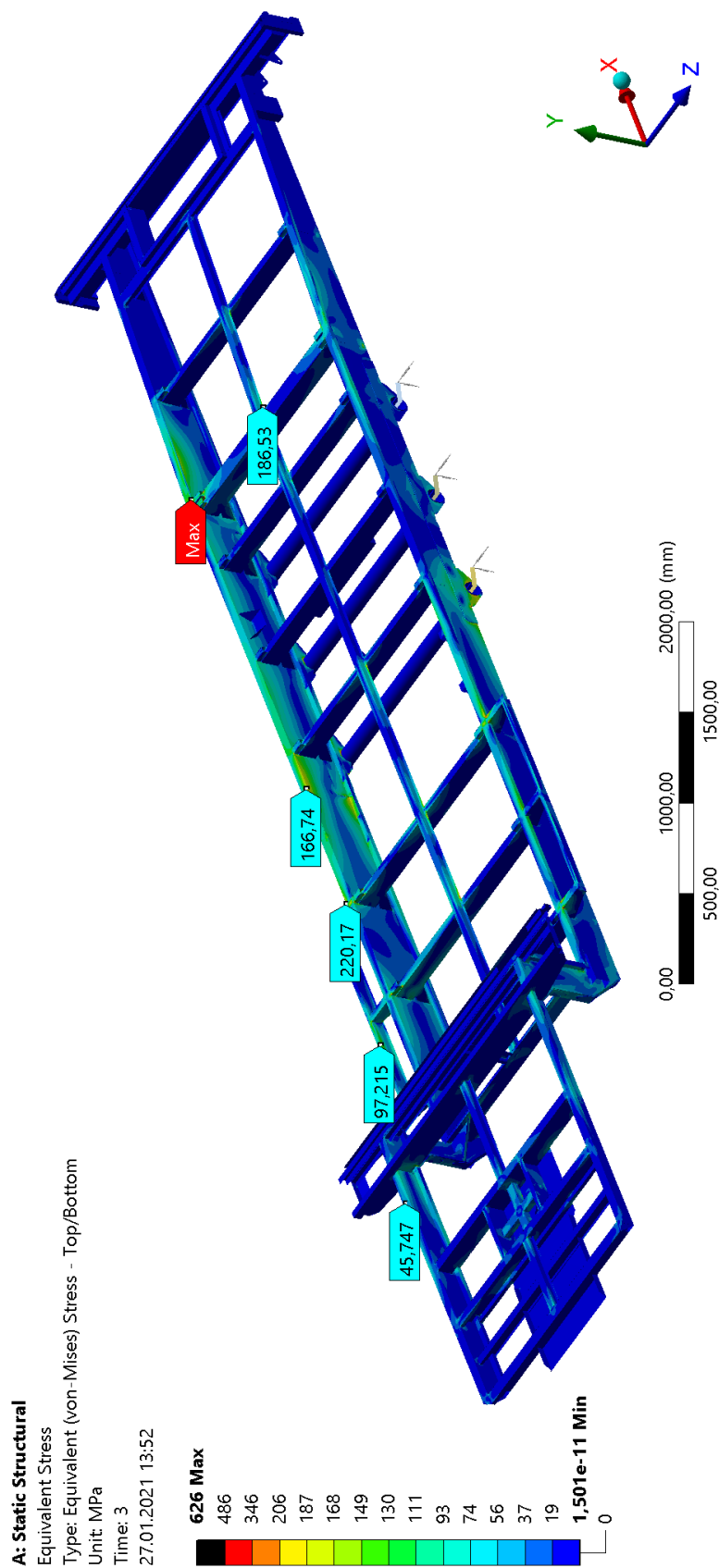
**PŘÍLOHA 3:** Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 308,9 MPa, legenda: 0–308,9 MPa.



**PŘÍLOHA 4:** Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 466,6 MPa, legenda: 0–466,6 MPa.

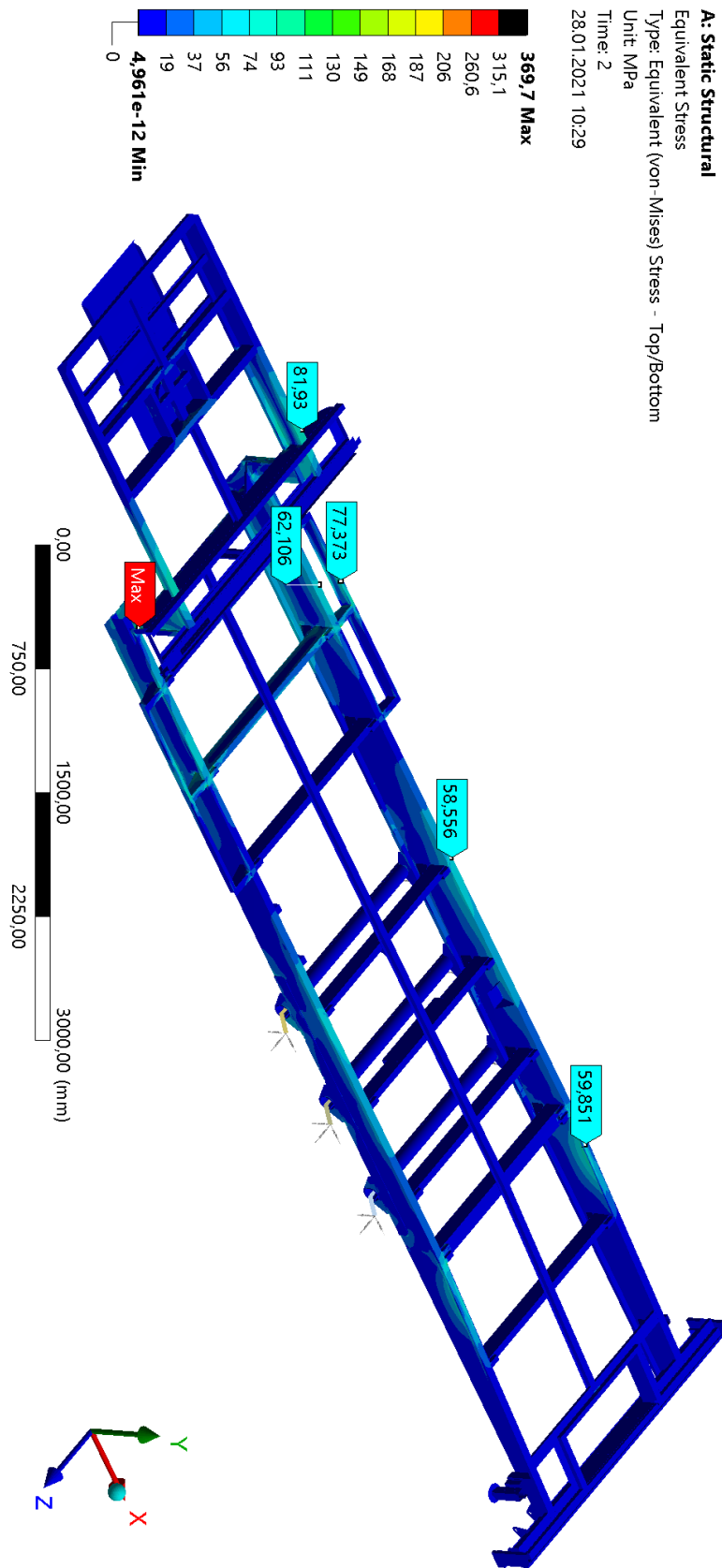


**PŘÍLOHA 5:** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 626 MPa, legenda: 0–626 MPa.

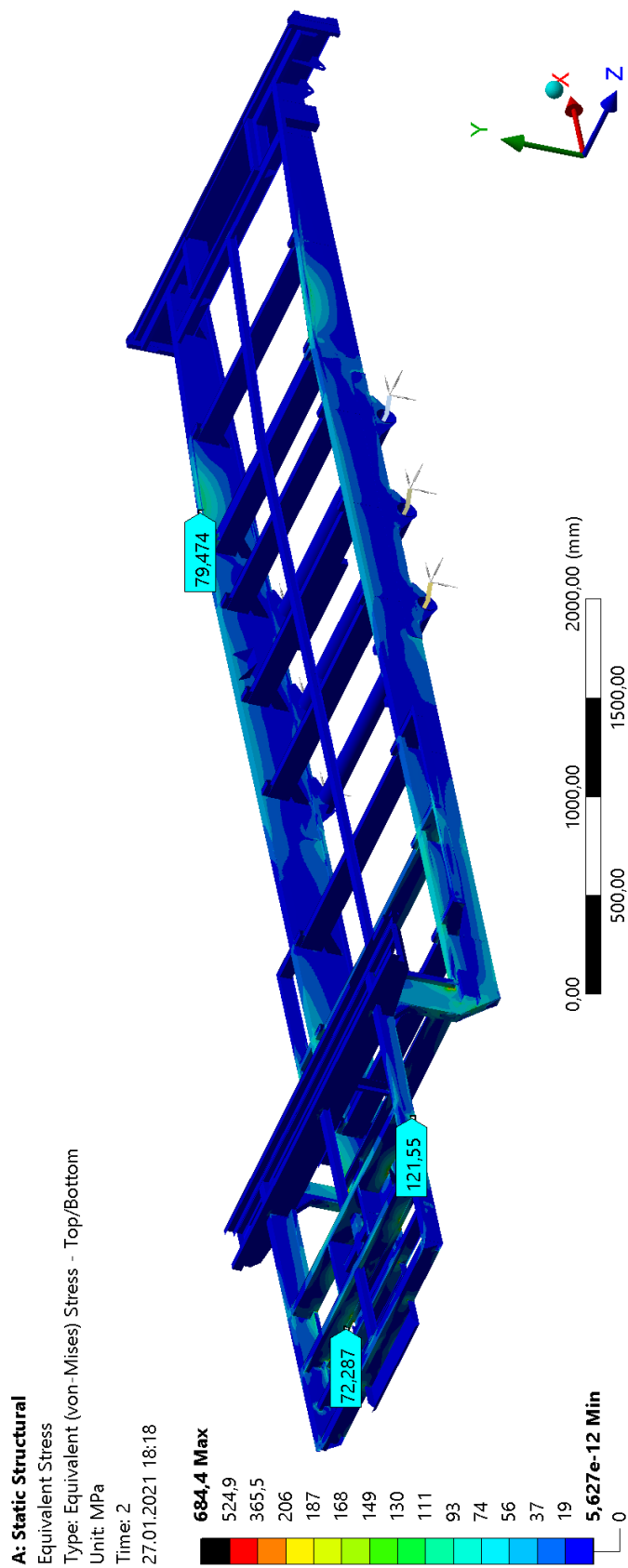




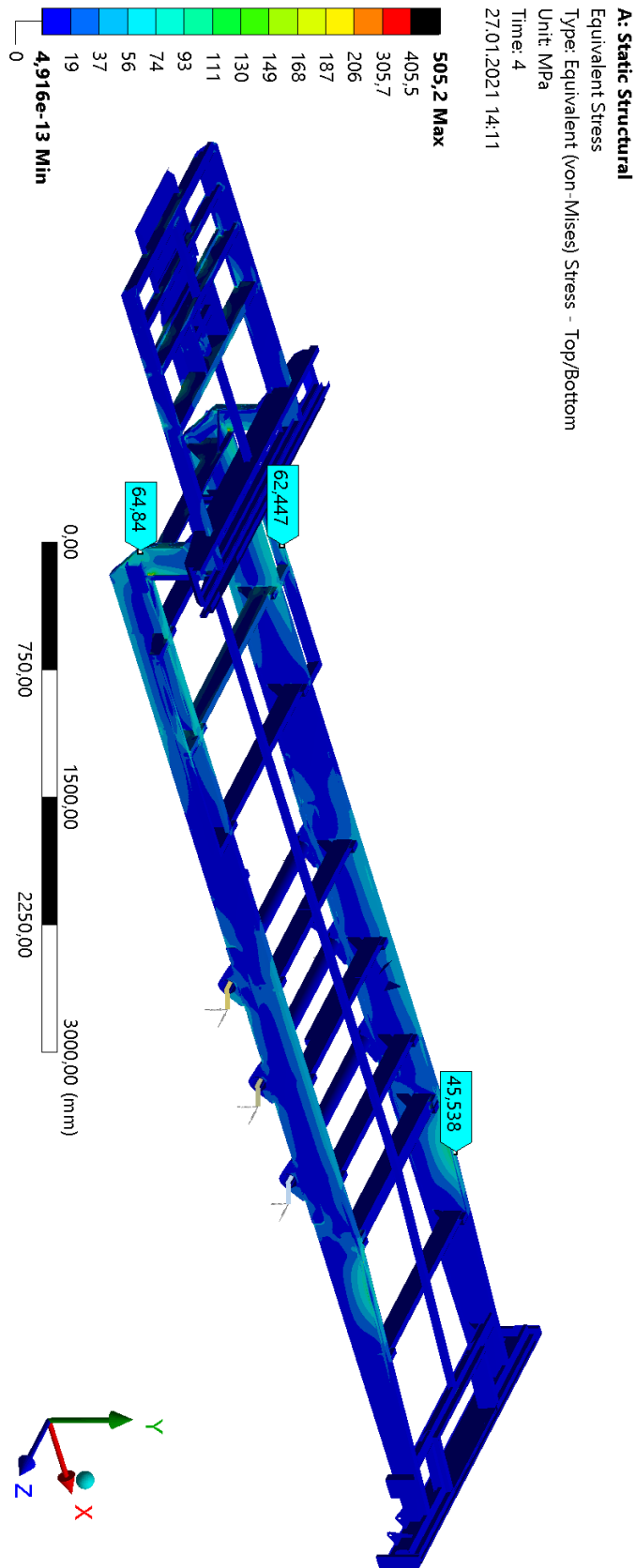
**PŘÍLOHA 6:** Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 369,7 MPa, legenda: 0–369,7 MPa.



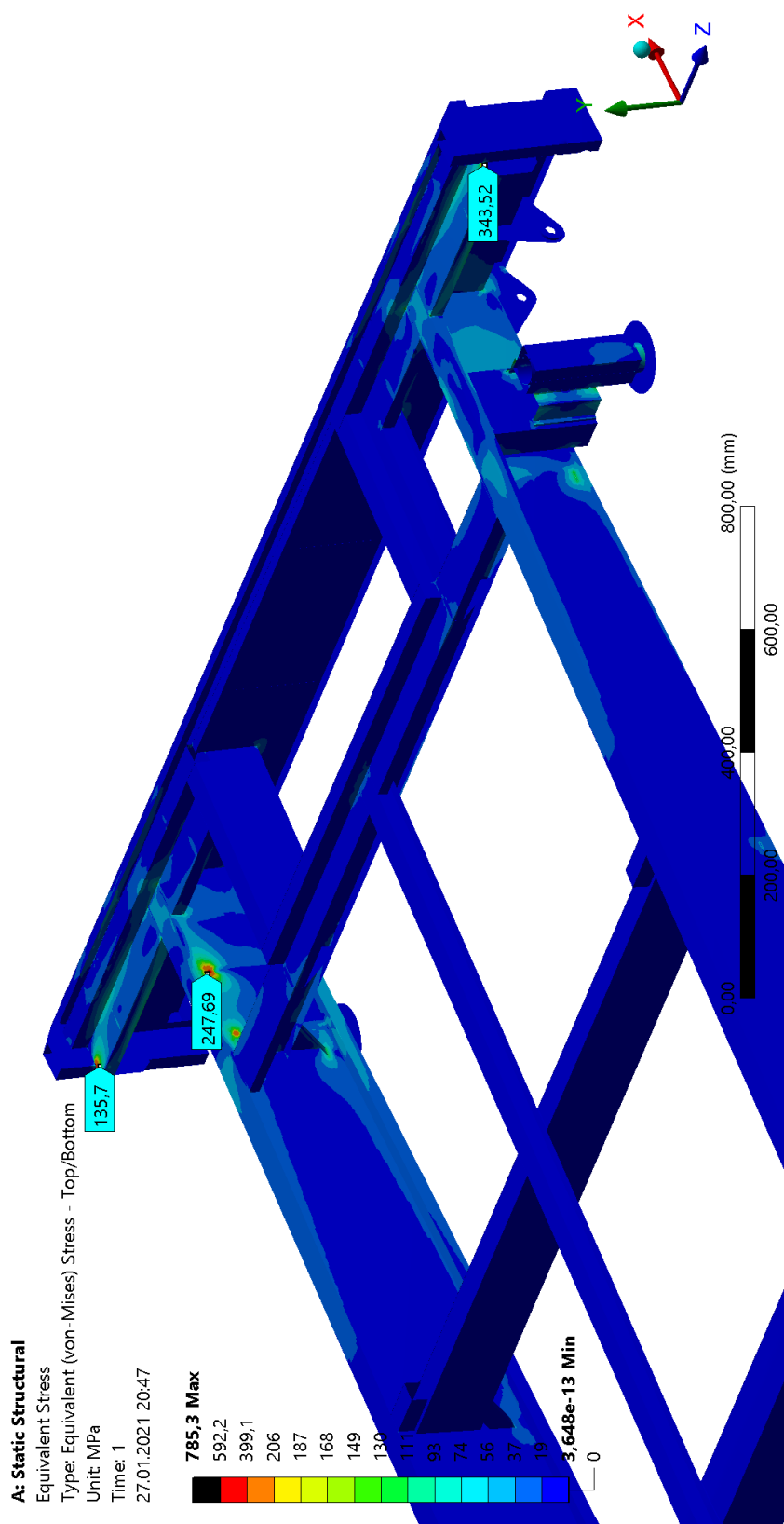
**PŘÍLOHA 7:** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 684,4 MPa, legenda: 0–684,4 MPa.



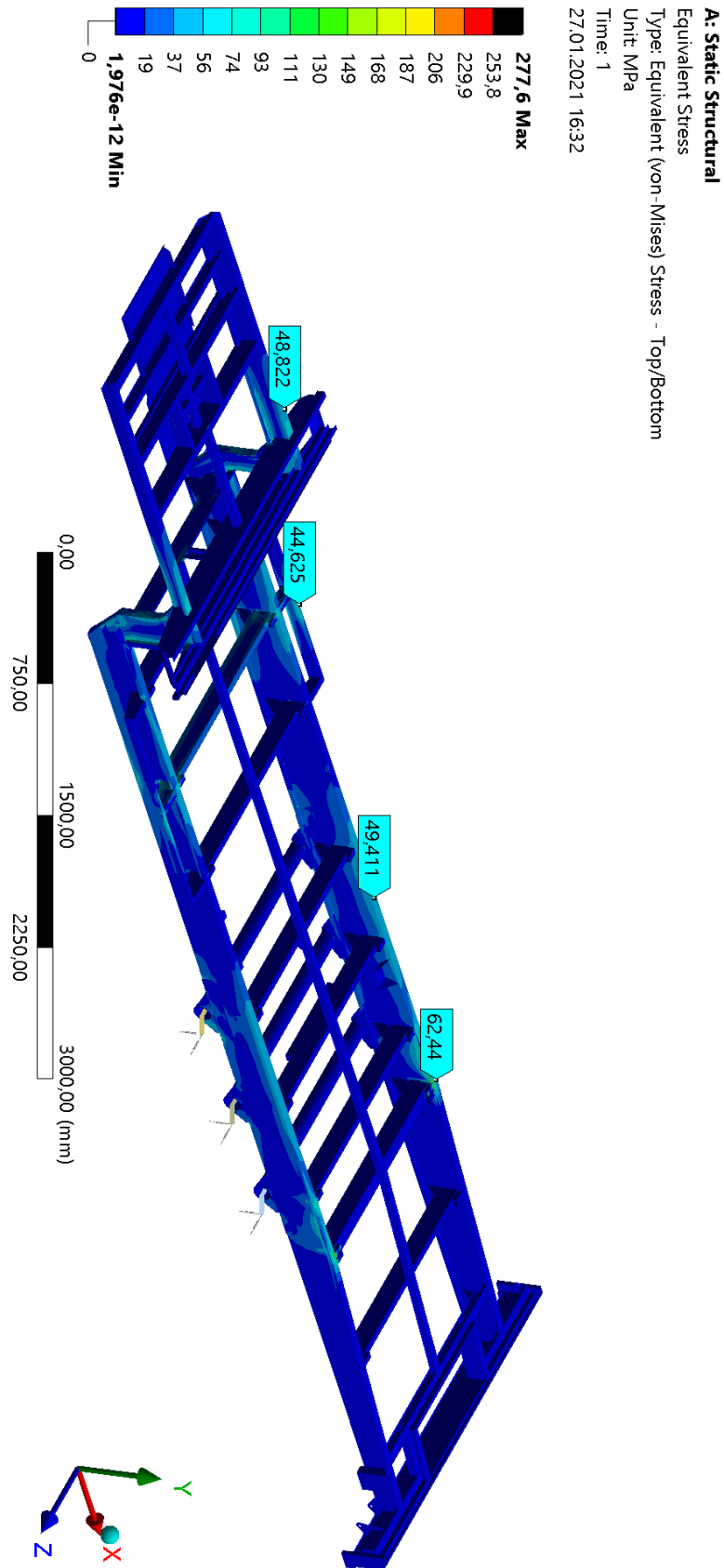
**PŘÍLOHA 8:** Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 505,2 MPa, legenda: 0–505,2 MPa.



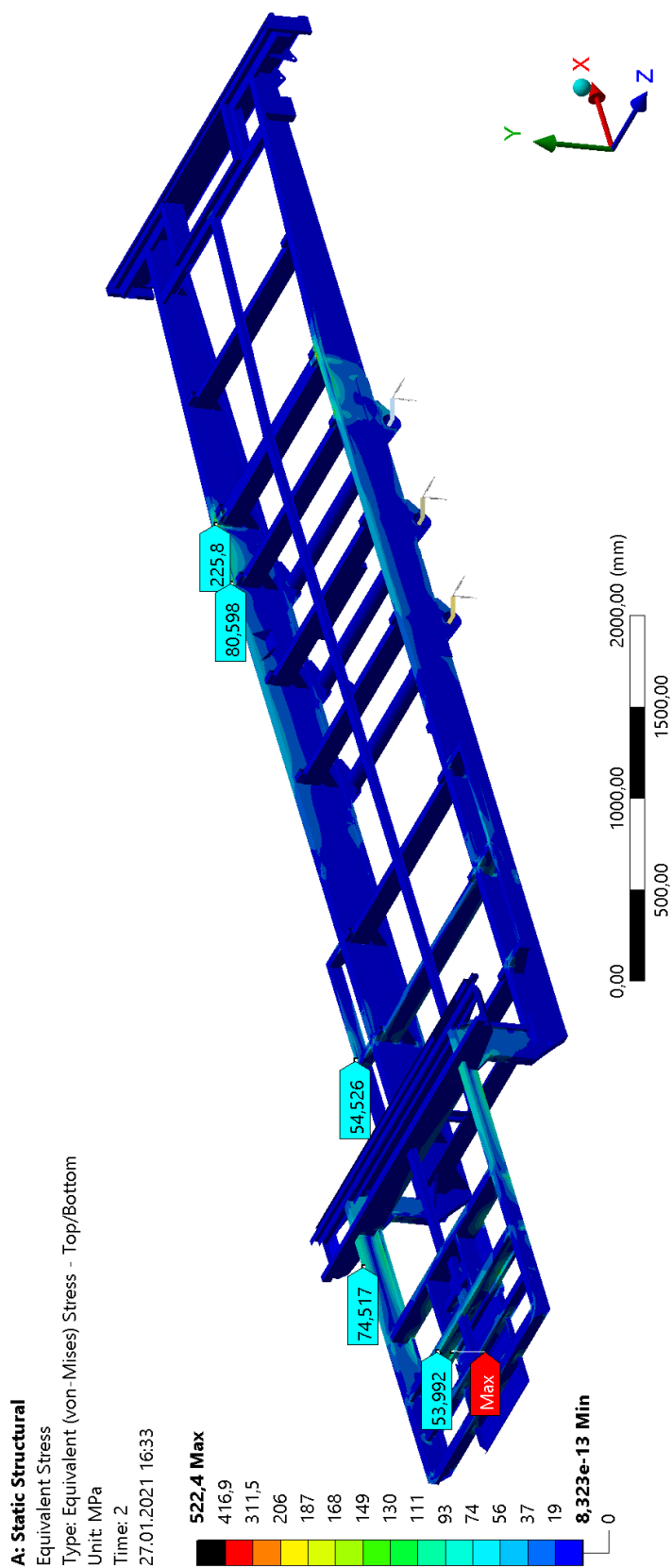
**PŘÍLOHA 9:** Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 785,3 MPa, legenda: 0–785,3 MPa.



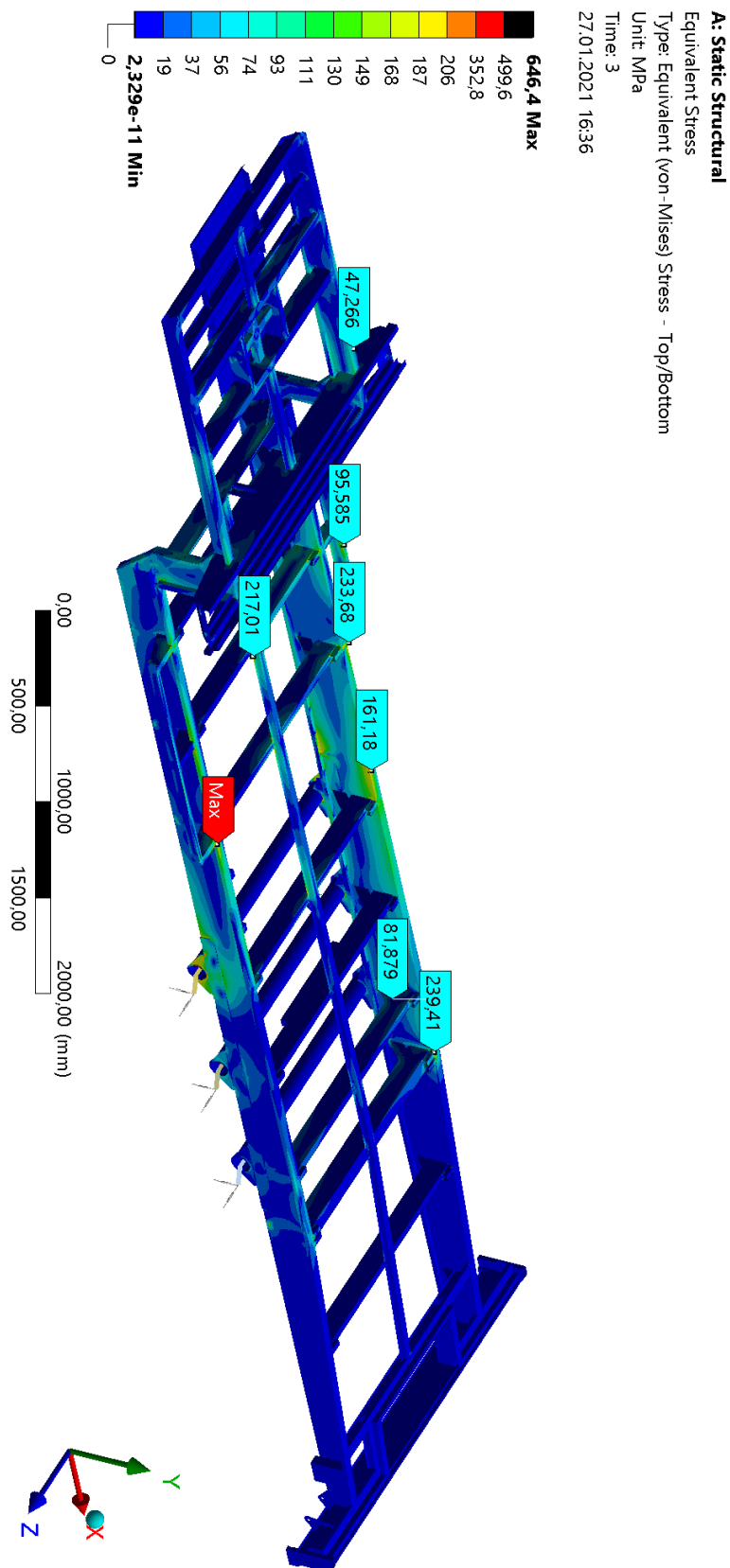
**PŘÍLOHA 10:** Zatěžovací stav stání, přímá jízda (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 277,6 MPa, legenda: 0–277,6 MPa.



**PŘÍLOHA 11:** *Zatěžovací stav akcelerace (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 522,4 MPa, legenda: 0–522,4 MPa.*

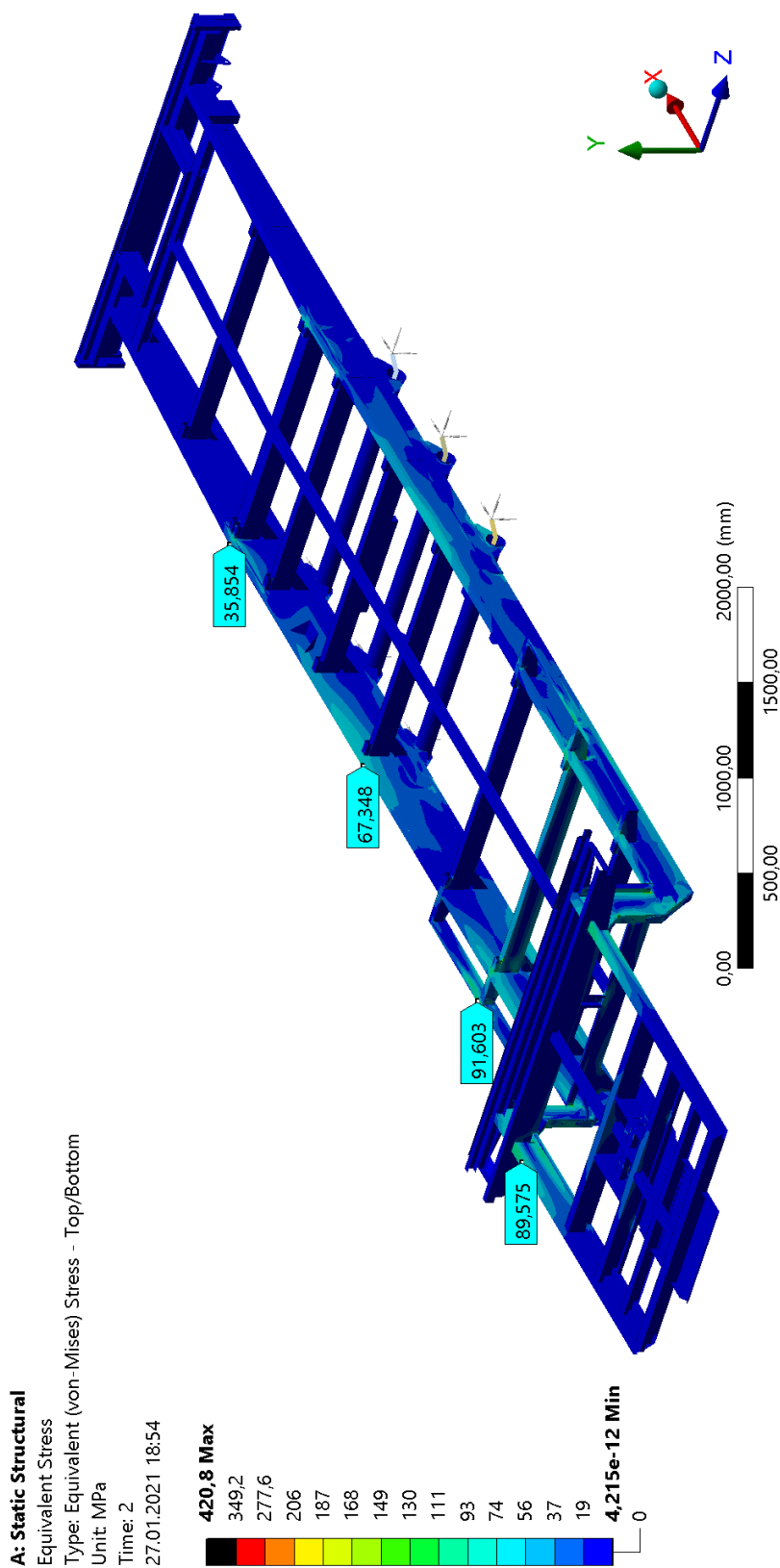


**PŘÍLOHA 12:** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 646,4 MPa, legenda: 0–646,4 MPa.

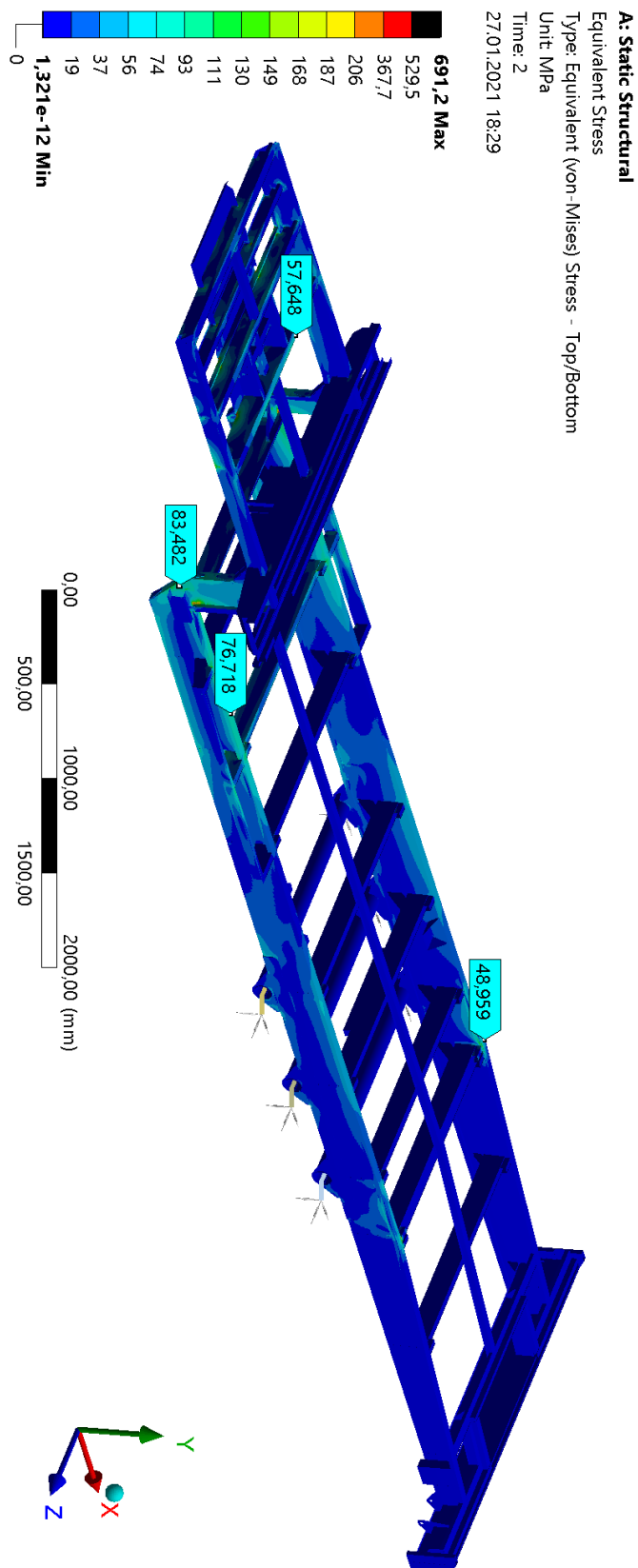




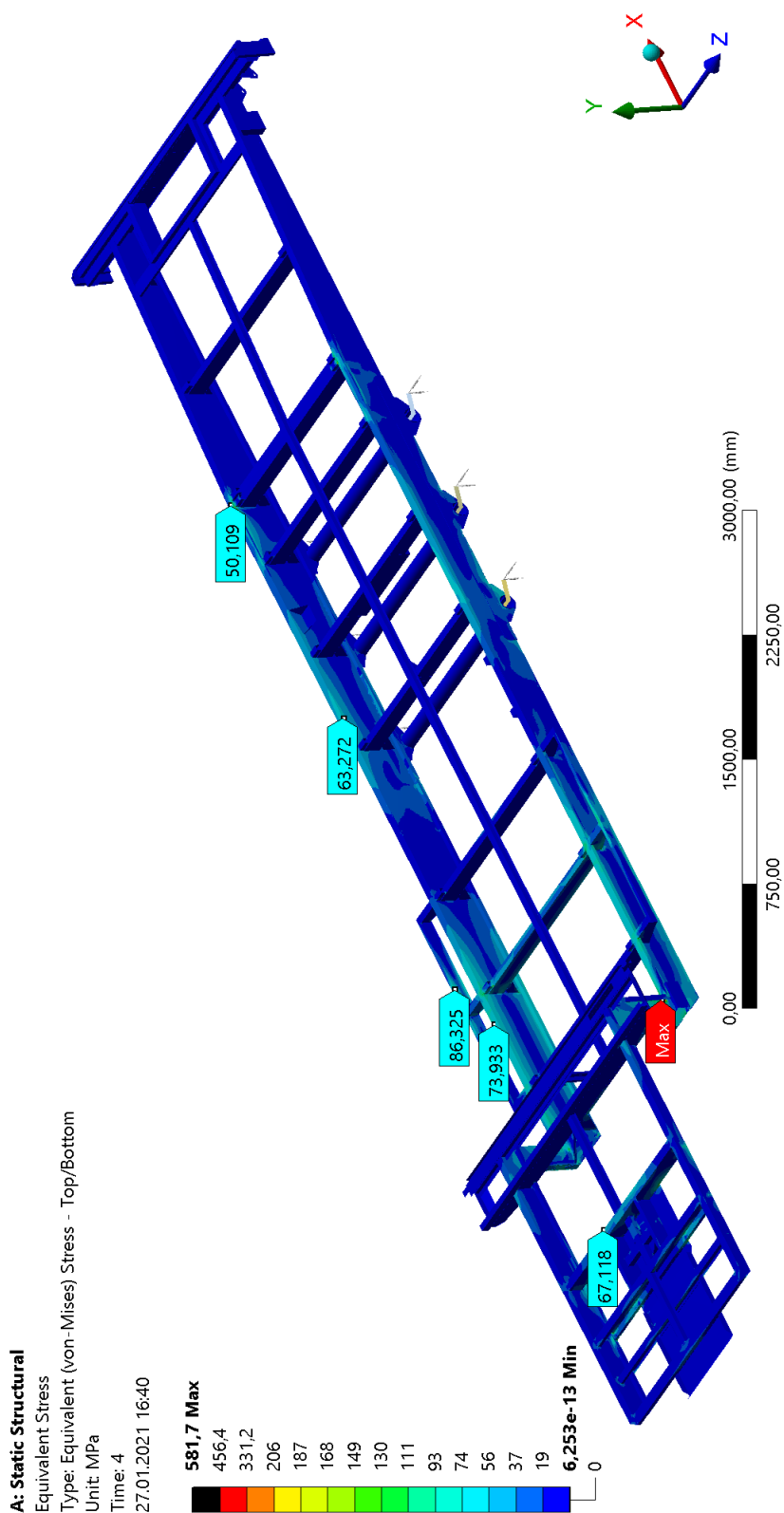
**PŘÍLOHA 13:** Zatěžovací stav vyrovnané brzdění (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 420,8 MPa, legenda: 0–420,8 MPa.



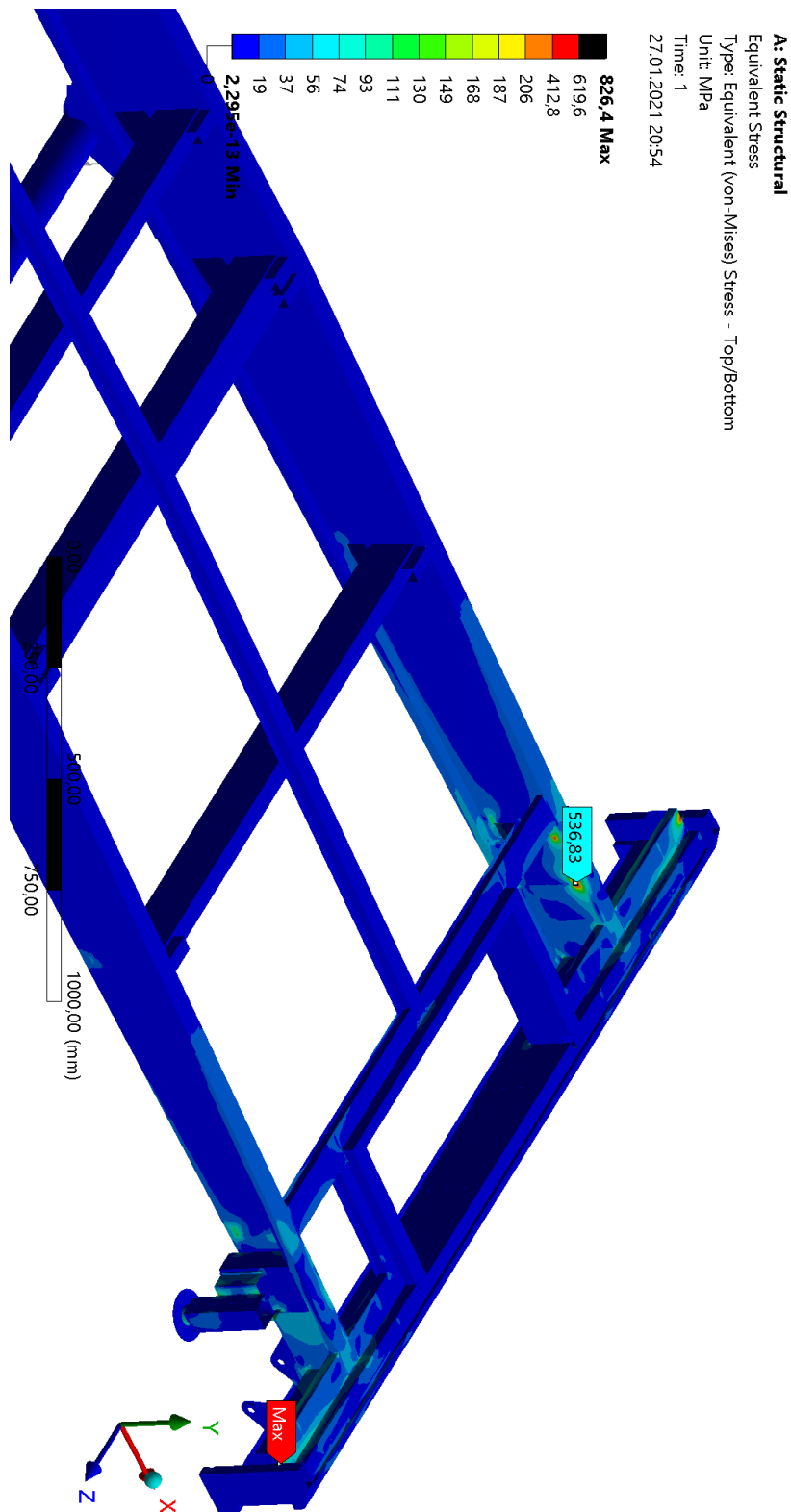
**PŘÍLOHA 14:** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMH, měřítko deformace 1:1, max. napětí 691,2 MPa, legenda: 0–691,2 MPa.



**PŘÍLOHA 15:** Zatěžovací stav brzdění tažným vozidlem (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 581,7 MPa, legenda: 0–581,7 MPa.



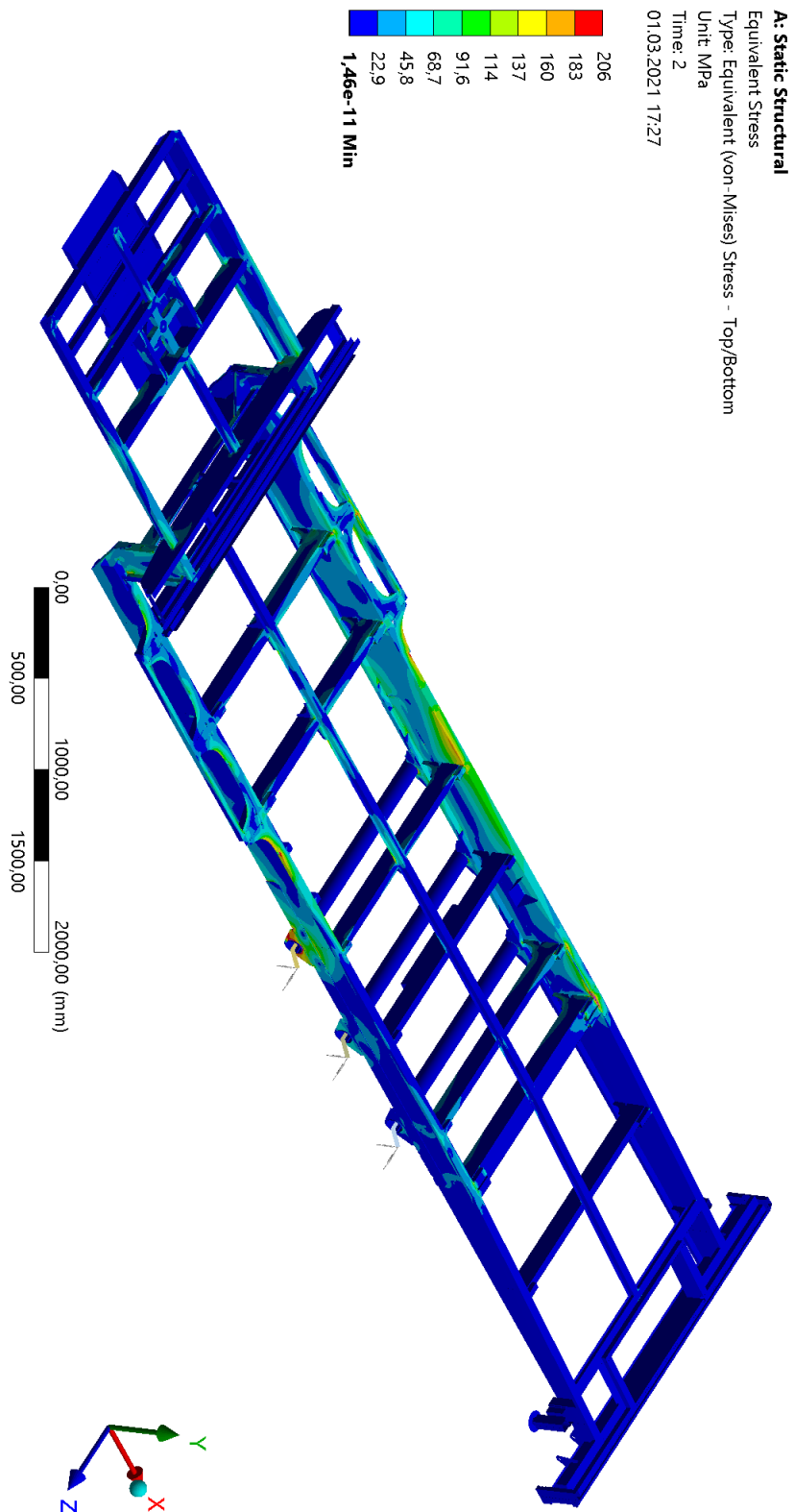
**PŘÍLOHA 16:** Zatěžovací stav nakládka (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 826,7 MPa, legenda: 0–826,7 MPa.



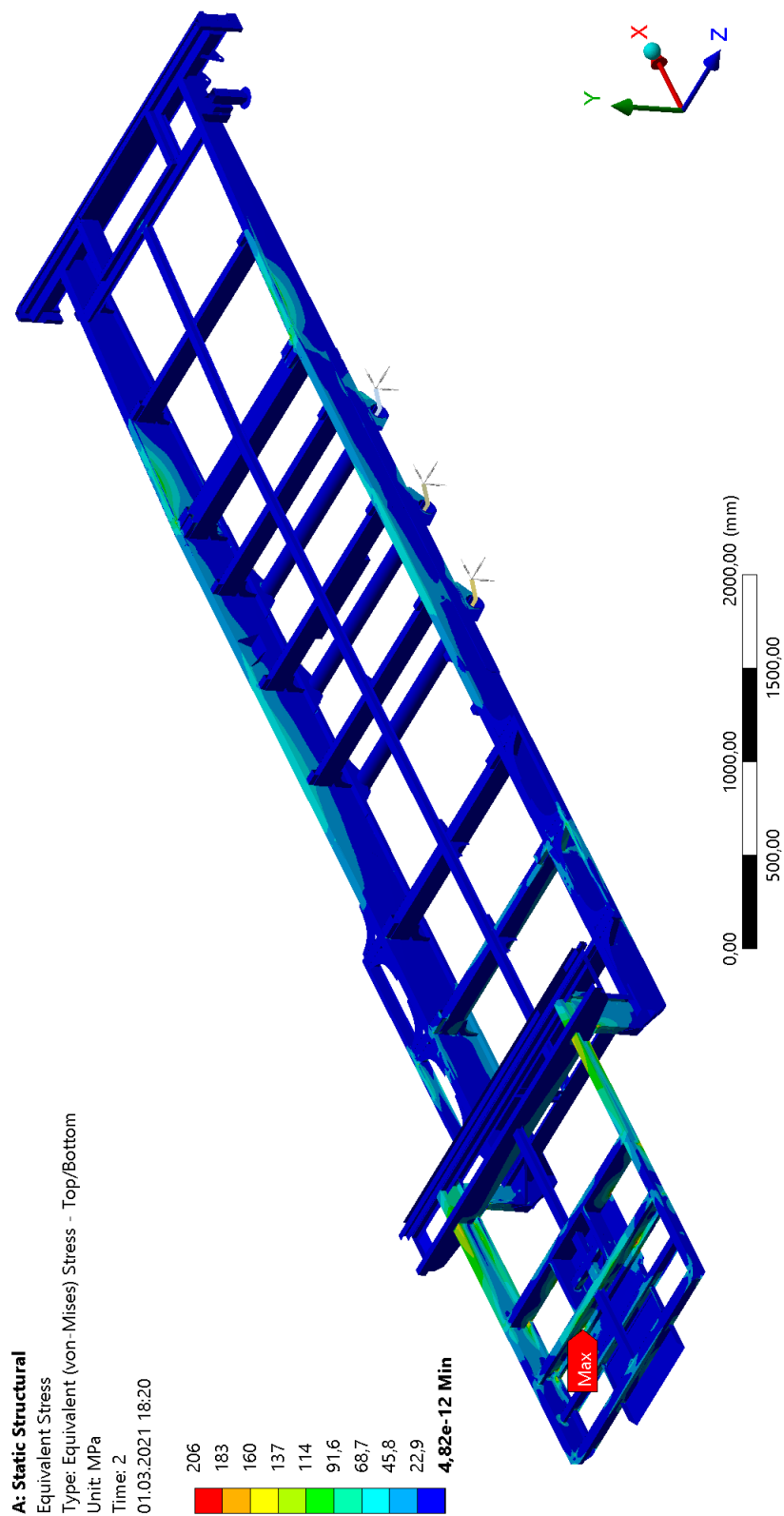
**PŘÍLOHA 17:** Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 721,2 MPa, legenda: 0–206 MPa. Úprava.



**PŘÍLOHA 18:** *Zatěžovací stav průjezd zatáčkou (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 536 MPa, legenda: 0–206 MPa. Úprava.*



**PŘÍLOHA 19:** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N1), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 718,6 MPa, legenda: 0–206 MPa. Úprava.





**PŘÍLOHA 20:** Zatěžovací stav brzdění pouze návěsem (nákladní motorové vozidlo N2), průběh napjatosti dle HMM, měřítko deformace 1:1, max. napětí 726,6 MPa, legenda: 0–206 MPa. Úprava.

