



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH NOSIČE VÝMĚNNÝCH NÁSTAVEB ZA AGROTAHAČ 6 X 6

DESIGN OF CARRIER SWAP BODIES FOR AGRI TRUCK 6 X 6

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN MOLVA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Martin Molva

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

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

Návrh nosiče výměnných nástaveb za agrotahač 6 x 6

v anglickém jazyce:

Design of carrier swap bodies for agri truck 6 x 6

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh podvozku nosiče výměnných nástaveb pro agrotahač 6x6. Základní technické parametry:

- Návěs osazen třemi říditelnými nápravami o nosnosti 12 tun se vzduchovým pružením
- Pneumatiky 600/50 R22.5
- Řízené nápravy
- Brzdy jednookruhové vzduchové
- Max. rychlost 60 km/h
- Parametry podvozku:
délka cca 13 000 mm
šířka max. 2 550 mm
výška max. 4 000 mm
- Max. technická hmotnost: 38 000 kg

Cíle diplomové práce:

Technická zpráva obsahující:

- kritickou rešerši obdobných konstrukčních řešení nosiče výměnných nástaveb
- konstrukční návrh nosiče výměnných nástaveb
- funkční a rozměrové výpočty
- pevnostní výpočet rámu podvozku a další výpočty dle vedoucího DP

Výkresová dokumentace obsahující:

- celkovou sestavu nosiče
- podsestavy a výrobní výkresy dle pokynů vedoucího DP

Seznam odborné literatury:

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-30-4.

PTÁČEK, P., KAPLÁNEK, A.: Přeprava nákladu v silniční dopravě, CERN, Brno, 2002, ISBN 80-7204-257-2

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 13.11.2014



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan



Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem nosiče výměnných nástaveb za agrotahač 6x6 s maximální technickou hmotností 38000 kg a byla zpracována ve spolupráci s firmou ZDT Nové Veselí. První část práce je věnována legislativě a zejména pak popisu dostupných agrotahačů a obdobných konstrukčních řešení nejen nosičů výměnných nástaveb. V další části je popsán vlastní návrh koncepce nosiče výměnných nástaveb, na základě kterého byla na konci práce provedena pevnostní analýza. Součástí práce je také zhotovení výkresové dokumentace.

Klíčová slova

zemědělská doprava, agrotahač, nosič výměnných nástaveb, pevnostní analýza, metoda konečných prvků

Abstract

This Diploma Thesis is dedicated to a proposal of a carrier swap bodies hooked up to a agrottruck 6x6 with a maximum technical weight 38000 kg and has been worked out in corporation with ZDT Nové Veselí company. The first section of the Thesis is occupied with legislation and then especially with a description of available agrottrucks and similar constuction solutions not just of the carrier swap bodies. In the following part of the Thesis the own carrier swap bodies construction proposal has been described, based on which the stress analysis has been done in the final part of the Thesis. Also the technical drawing forms an integral part of the Thesis.

Keywords

agricultural transport, agrottruck, carrier swap bodies, stress analysis, finite element method



Bibliografická citace

MOLVA, M. *Návrh nosiče výměnných nástaveb za agrotahač 6 x 6*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 83 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D..



Čestné prohlášení

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

V Brně dne 28. května 2015

.....
Martin Molva



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval zástupcům firmy ZDT Nové Veselí, panu Bc. Miroslavu Hladkému, MBA za umožnění tvorby mé diplomové a panu Ing. Michalu Pikulovi za jeho odborné rady, připomínky, vstřícnou pomoc a čas strávený během konzultací. Taktéž děkuji panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za vedení a trpělivost během tvorby této práce.

Další poděkování patří zástupcům firmy Tridec a všem, kteří mi byli nápomocni nebo mi poskytli informace, které posloužily ke zhotovení mé diplomové práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodičům za umožnění studia na vysoké škole a za podporu během něho.

Obsah

Obsah	- 8 -
Úvod	- 11 -
1 Nákladní automobilová doprava v zemědělství	- 12 -
2 Legislativní požadavky.....	- 15 -
2.1 Nejdůležitější základní pojmy	- 15 -
2.2 Rozdělení vozidel dle kategorií	- 16 -
2.2.1 Kategorie T a C.....	- 16 -
2.2.2 Kategorie R.....	- 17 -
2.3 Spojitelnost z pohledu okamžité hmotnosti přípojného vozidla	- 17 -
2.4 Spojitelnost jízdních souprav	- 18 -
2.5 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel a jejich rozdělení na nápravy -	18 -
2.6 Největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav.....	- 20 -
3 Zemědělský agrotahač	- 21 -
3.1 Myšlenka agrotahače	- 21 -
3.1.1 Homologace do kategorie motorových vozidel skupiny T	- 21 -
3.1.2 Charakteristické konstrukční prvky a výhody agrotahače	- 22 -
3.2 Dostupné agrotahače na trhu	- 23 -
3.2.1 Agrotahač Tatra Phoenix T158 6x6.....	- 23 -
3.2.2 Agrotahač Mercedes-Benz Actros 1846 4x4	- 26 -
3.2.3 Agrotahač Mercedes Benz Arocs 2043 AS 4x4 – Agro Mover	- 27 -
3.2.4 A-mag MFT 60 LoF	- 28 -
4 Zemědělské návěsy s královským čepem.....	- 30 -
4.1 Nosiče výměnných nástaveb	- 30 -
4.1.1 Podvozek Umikov NP2 + nástavba Bergmann HTW 65	- 30 -
4.1.2 Podvozek Multibody 45 + nástavba Romill Mamut 60.....	- 31 -
4.2 Jednoučelové návěsy	- 33 -
4.2.1 Krampe Bandit SB 30/60.....	- 33 -
4.2.2 Krampe KS 900 GS	- 34 -
4.2.3 Joskin Silo-Space.....	- 35 -



4.2.4	Fliegl ASS 398.....	- 36 -
4.2.5	TrailKing Rolled Side Super Hi-Lite Ag.....	- 36 -
4.2.6	ZVVZ Domex 30.....	- 37 -
5	Konstrukční návrh nosiče výměnných nástaveb	- 38 -
5.1	Rám podvozku.....	- 38 -
5.1.1	Popis konstrukce	- 38 -
5.1.2	Volba polotovarů	- 39 -
5.2	Nápravy	- 40 -
5.3	Odpružení náprav	- 41 -
5.4	Řízení náprav.....	- 42 -
5.4.1	Princip činnosti hydraulického řízení Tridec HS.....	- 42 -
5.4.2	Hlavní části hydraulického řízení Tridec HS.....	- 43 -
5.4.3	Konkrétní volba systému řízení	- 44 -
5.5	Pneumatiky	- 45 -
5.6	Brzdová soustava.....	- 47 -
5.7	Ostatní prvky, které jsou součástí podvozku nosiče.....	- 48 -
5.7.1	Návěsová podpěra.....	- 49 -
5.7.2	Systém připevnění nástavby k nosiči.....	- 49 -
5.7.3	Ochranné zařízení proti podjetí.....	- 49 -
6	Rozbor sil působících na návěs	- 50 -
6.1	Statická poloha a přímá jízda vpřed	- 50 -
6.2	Brzdění	- 50 -
6.3	Akcelerace	- 51 -
6.4	Průjezd zatáčkou.....	- 51 -
6.5	Odstavený návěs.....	- 52 -
7	Výpočet mezních stavů únosnosti	- 53 -
8	Pevnostní výpočet navržené konstrukce nosiče	- 54 -
8.1	Určení polohy těžiště vůči podvozku	- 54 -
8.2	Popis tvorby MKP modelu	- 55 -
8.2.1	Použité prvky	- 56 -



8.3	Nahrazení konstrukčních celků	- 57 -
8.3.1	Nahrazení uložení nástavby	- 57 -
8.3.2	Nahrazení návěsové podpěry	- 57 -
8.3.3	Nahrazení otočného nápravového rámu a odpružení náprav	- 58 -
8.3.4	Nahrazení připojení nosiče nástaveb k tahači	- 61 -
8.3.5	Zobrazení výpočtového modelu včetně náhrad konstrukčních celků ...	- 62 -
8.4	Zatěžovací stavy - okrajové podmínky	- 62 -
8.4.1	Statická poloha a přímá jízda vpřed	- 62 -
8.4.2	Brzdění	- 63 -
8.4.3	Akcelerace	- 63 -
8.4.4	Průjezd zatáčkou	- 63 -
8.4.5	Odstavený návěs	- 63 -
8.5	Výsledky a popis MKP analýzy jednotlivých zatěžovacích stavů	- 63 -
8.5.1	Statická poloha a přímá jízda vpřed	- 64 -
8.5.2	Brzdění	- 65 -
8.5.3	Akcelerace	- 67 -
8.5.4	Průjezd zatáčkou	- 68 -
8.5.5	Odstavený návěs	- 70 -
	Závěr	- 71 -
	Použité informační zdroje	- 72 -
	Seznam použitých zkratk a symbolů	- 75 -
	Seznam příloh	- 76 -
	Seznam samostatných příloh	- 76 -

Úvod

Podoba zemědělské přepravy doznala v poslední době poměrně značných změn. Tyto změny jsou způsobeny zejména novodobými trendy, které jsou v současné chvíli v zemědělské produkci využívány. Řadíme sem zejména vzrůstající počet staveb bioplynových stanic (dále jen „BPS“) nebo centralizaci ustájeného dobytka či jednotlivých středisek samotných podniků. Tím vzniká potřeba přepravy velkého objemu materiálu při co nejnižších celkových nákladech na dopravu. Dále je nutné dosažení co nejvyšší výkonnosti např. sklizňových linek.

Tato diplomová práce, která je tvořena ve spolupráci s firmou ZDT Nové Veselí, je zaměřena zejména na provedení konstrukčního návrhu třinápravového nosiče výměnných nástaveb spolu s provedením pevnostního výpočtu navržené koncepce. Nosiče výměnných nástaveb jsou poměrně dlouho známé z traktorové dopravy. Tento systém je charakteristický tím, že na jeden speciální podvozek, tzv. nosič výměnných nástaveb, lze umístit různé druhy nástaveb, které jsou vhodné pro přepravu různých druhů zemědělských komodit nebo jiných materiálů. Správným využitím tohoto systému lze docílit zejména úspory finančních nákladů, které by jinak byly vynaloženy na nákup jednoúčelových strojů. Navrhovaný nosič výměnných nástaveb se od stávajících řešení, primárně určených do agregace s traktory, liší hlavně svým provedením v podobě sedlového návěsu s královským čepem. Lze konstatovat, že vývoj těchto strojů je reakcí na vznik speciálních nákladních automobilů, tzv. agrotahačů, pro které jsou primárně určeny. Konstrukce jak agrotahačů, tak samotných návěsů, je doplněna o konstrukční prvky, které umožňují pohyb stroje v různě členitých a náročných podmínkách. Ačkoliv je nosič nástaveb určen zejména pro tažení agrotahači, počítá se i s možností spojení s pomocným vozíkem (tzv. podvozek dolly), díky němuž lze sedlový návěs připojit i za klasický traktor. Momentálně se setkáváme s dvojicí výměnných nástaveb. V první řadě je to velkoobjemová nástavba pro převoz hmot s nízkou měrnou hmotností a dále cisternová nástavba pro převoz materiálů kapalného skupenství. Jiné podoby nástaveb je možné zhotovit na základě specifických požadavků zákazníka.

V současnosti je vývoj a výroba těchto speciálních nosičů nástaveb charakteristická výhradně pro oblast České republiky. V zahraničí, zejména ve Spolkové republice Německo, se setkáváme s velice podobnými stroji, avšak ty jsou koncipovány jako jednoúčelové stroje bez možnosti výměny nástaveb.

1 Nákladní automobilová doprava v zemědělství

Využití nákladních automobilů, a to nejen v českém zemědělství, má poměrně dlouhou historii a tradici. V zemědělských provozech můžeme spatřit různé druhy nákladních automobilů, které jsou využívány jak pro vnitřní dopravu směřující z pole nejčastěji do podniku, tak pro vnější dopravu, která zabezpečuje materiálové toky směřující mimo zemědělský podnik. Svým charakterem a podmínkami se pak mimopodniková doprava značně přibližuje veřejné silniční dopravě.

V zemědělské dopravě se setkáváme jednak s klasickými nákladními automobily, které jsou známé z běžné silniční dopravy a jednak s nákladními automobily, které jsou konstruovány jako nosiče výměnných nástaveb či hákové nosiče kontejnerových nástaveb. Mezi tyto výměnné nástavby zahrnujeme vanovou a valníkovou vícestranně sklápěnou nástavbu, dále velkoobjemovou nástavbu pro převoz objemných hmot jako je siláž, senáž nebo řezaná sláma, cisternovou nástavbu, nástavbu pro aplikaci tuhých statkových hnojiv a případně nástavbu pro aplikaci minerálních hnojiv. Tyto stroje jsou pak často doplněny terénními pneumatikami pro snadnější pohyb stroje ve ztížených podmínkách. Dobře známé a dodnes hojně používané jsou např.: Tatra 815 Agro, Škoda Liaz 706 MTSP 27 Agro (Obr. 1.1) nebo jeho následovník Škoda Liaz 151.280 Agro. Tyto stroje jsou taktéž běžně používány v kombinaci s přívěsy na delší mimopodnikové přepravní vzdálenosti.



Obr. 1.1 Škoda Liaz 706 MTSP 27 Agro při sklizni travní senáže

I přes své stáří jsou stále důležitou součástí strojového parku mnoha podniků. Zemědělci tyto stroje začínají obměňovat novými nákladními automobily, lze však konstatovat, že v posledních letech byla nákladní automobilová doprava v široké míře nahrazována

soupravami traktorů s návěsy nebo přívěsy. Je to zejména z důvodu nižších přepravních vzdáleností v rámci vnitropodnikové dopravy, kde adekvátní traktorová souprava dokáže snadno nahradit nákladní automobily. Dalším faktem je ochrana půdního porostu, pro který má nákladní automobil i s běžnými zemědělskými úpravami často devastační následky. Z toho důvodu se dnes začínáme setkávat se speciálními stroji, které jsou vyvíjeny účelně do nejtěžších polních podmínek. Vhodným příkladem je čtyřnápravový speciál Tatra Phoenix T158 8x8 v konfiguraci náprav 1+3 (Obr. 1.2) pro co nejlepší rozložení hmotnosti nákladu, který byl vyvinut společností Tatra Trucks pro Rolnickou společnost Lesonice. Tento zemědělský speciál je vybaven třemi říditelnými nápravami – konkrétně první a dvěma posledními. To vede k co nejmenšímu poloměru otáčení a dále také k co nejšetrnějšímu chování k půdnímu porostu, po kterém se stroj pohybuje. Co nejnižší tlak na podložku zajišťují flotační pneumatiky a jejich centrální dohušťování. Pneumatiky jsou voleny v rozměrech 500/60 R22,5 na říditelných nápravách a na druhé (neříditelné) nápravě o rozměru 600/50 R22,5. Všechny nápravy jsou pak vybaveny redukcemi v kolech. Na tento speciál byla osazena nástavba pro aplikaci mletého vápence od společnosti Agroservis Morava. Takto vyvinutý nákladní automobil pro těžké polní podmínky může představovat budoucnost této kategorie dopravních prostředků v zemědělství.



Obr. 1.2 Tatra Phoenix T158 v konfiguraci náprav 1+3 při aplikaci mletého vápence [10]

Dalším typem nákladních automobilů využívaných v zemědělství jsou tahače sedlových návěsů. Jedná se o klasickou soupravu uzpůsobenou pro silniční provoz na dlouhé přepravní vzdálenosti. Tyto soupravy se využívají zejména při dělené dopravě, aby se zamezilo jejich vniknutí na pole. Souprava tedy čeká na okraji pole, kde je do něho následně přeložena sklízená plodina a to buď samotným sklízecím strojem, nebo jinou soupravou, umožňující přeložení sklízené plodiny, přičemž je tato souprava vhodně vybavena pro provoz v polních podmínkách. Tímto způsobem funguje například sklizeň obilovin, řepky, zrnové

kukuřice, cukrové řepy nebo brambor. Obdobně, jak již bylo uvedeno v odstavci výše, se i v této kategorii začínáme setkávat se speciálními stroji, již zmíněnými agrotahači, navrženými primárně pro zemědělské potřeby. V zahraničí toto téma není až tak nové, avšak v českých podmínkách se tato myšlenka začala rozvíjet před několika málo lety. Stejně jako agrotahače se postupně začínají vyvíjet i speciálně navržené sedlové návěsy určené pro tyto stroje, přičemž jsou přizpůsobeny pro provoz v nejtěžších podmínkách. Myšlenka agrotahače souvisí zejména s požadavky na nárůst přepravovaného objemu a rychlost přepravy při zachování nejvyšších nároků na zamezení utužování a devastaci hospodářských ploch, po kterých se stroj pohybuje. Podobně, jako již u zmíněného speciálu Tatra v konfiguraci náprav 1+3, se i zde poměrně značně angažuje kopřivnická Tatra, která vyvinula speciální agrotahač Tatra Phoenix T158 v provedení 6x6 (Obr. 1.3). Zajímavostí je, že tento agrotahač je homologován jako traktor, spadá tedy do kategorie motorových vozidel skupiny T. Detailní popis nejen agrotahače, ale i variant sedlových návěsů pro zemědělské účely bude rozebrán v následujících kapitolách.



Obr. 1.3 Agrotahač Tatra Phoenix T158 6x6 + podvozek Umikov NP2 s nástavbou Bergmann HTW 65 při sklizni travní senáže

2 Legislativní požadavky

Hned na úvod je důležité poznamenat, že počátkem 1. ledna 2015 vešla v platnost nová vyhláška č. 341/2014 Sb. *o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích* [4], která nahrazuje vyhlášku č. 341/2002 Sb. [5], dále pak ruší vyhlášky 100/2003 Sb.; 197/2006 Sb.; 388/2008 Sb.; 283/2009 Sb.; 216/2010 Sb.; 182/2011 Sb.; 315/2012 Sb.; 302/2013 Sb. Tato nová vyhláška přesněji definuje a upravuje některé nesrovnalosti po vzoru evropské legislativy. S ohledem na zařazení agrotahače do kategorie motorových vozidel skupiny T a na § 35 nové vyhlášky č. 341/2014 Sb., která již jasně definuje možnost tvorby jízdní soupravy vozidel kategorie T pouze s vozidly kategorie R, se budeme věnovat pouze kategorii T a R a předpokládat, že navrhovaný sedlový návěs bude spadat do kategorie přípojných vozidel traktorových, tedy R. Kategorie S, kam spadají i pracovní stroje přípojně, nás pro řešení dané problematiky nezajímá. Pokud by bylo zapotřebí tažení nákladním automobilem zařazeným v kategorii N, musel by být navrhovaný návěs dle zmíněného § 35 zařazen do kategorie přípojných vozidel skupiny O. Samotná otázka možnosti homologace agrotahače do kategorie motorových vozidel skupiny T bude popsána v následující kapitole 3.

2.1 Nejdůležitější základní pojmy

Pro účely vyhlášky č. 341/2014 Sb. se rozumí: [4]

- a) **tažným vozidlem** motorové vozidlo spojené s přípojným vozidlem,
- b) **jízdní soupravou** spojení tažného vozidla s jedním nebo s více přípojnými vozidly,
- c) **výměnnou nástavbou** samostatný technický celek, který je se základním vozidlem (nosičem výměnných nástaveb) v rozebíratelném spojení,
- d) **identifikačním číslem vozidla** určitý počet znaků, čísel a písmen, které jsou specifické pro dané vozidlo, jeho skladba a použití je stanovena příslušnými předpisy Evropské unie,
- e) **největší povolenou hmotností** největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích v České republice,
- f) **největší povolenou hmotností na nápravu** největší hmotnost na nápravu, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích v České republice,
- g) **maximální technicky přípustnou hmotností na nápravu** hmotnost odpovídající největšímu technicky přípustnému statickému svislému zatížení, kterým působí náprava vozidla na povrch vozovky,
- h) **maximální technicky přípustnou hmotností naloženého vozidla** (dále jen „největší technicky přípustná hmotnost“) 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,

- i) **maximální technicky přípustnou hmotností naložené jízdní soupravy** (dále jen „největší technicky přípustná hmotnost 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,
- j) **okamžitou hmotností vozidla nebo jízdní soupravy** hmotnost zjištěná v určitém okamžiku při jejich provozu na pozemních komunikacích,
- k) **hmotností v provozním stavu**
 - 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 vybavení, i hmotnost karosérie, kabiny, spojovacího zařízení a náhradního kola, jakož i náradí,
 - v případě přípojného vozidla: Hmotnost vozidla, včetně paliva a kapalin, vybaveného standardním vybavením podle specifikací výrobce, a jsou-li součástí vybavení, i hmotnost karosérie, dalšího spojovacího zařízení a náhradního kola a náradí.

2.2 Rozdělení vozidel dle kategorií

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, omezíme se pouze na kategorii motorových vozidel skupiny T, která zahrnuje také skupinu C. Tím se dostáváme k pro nás důležitější kategorii R.

2.2.1 Kategorie T a C

Traktorem je každé motorové kolové nebo pásové zemědělské nebo lesnické vozidlo s nejméně dvěma nápravami a s maximální konstrukční rychlostí nejméně $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, jehož hlavní funkcí je vyvíjet tažnou sílu a které bylo speciálně konstruováno k tažení, tlačení, nesení a pohonu určitých výměnných zařízení konstruovaných k vykonávání zemědělských nebo lesnických prací nebo k tažení zemědělských nebo lesnických přípojných vozidel. Může být přizpůsobeno k tomu, aby při zemědělských nebo lesnických pracích neslo náklad nebo může být vybaveno sedadly pro spolujezdcu. [4]

Detailní popis těchto kategorií je uveden v příloze č. 2 vyhlášky č. 341/2014 Sb. [4]

- **Kolové traktory kategorie T:**

Kolové traktory kategorie T jsou dále členěny do kategorií T1 až T5

- **Pásové traktory kategorie C:**

Pásové traktory jsou poháněny a řízeny nekonečnými pásy a jejich kategorie C1 až C5 jsou definovány analogicky ke kategoriím T1 až T5.

2.2.2 Kategorie R

Přípojným vozidlem je každé zemědělské nebo lesnické přípojně vozidlo určené hlavně k nesení nákladu a konstruované k tomu, aby bylo taženo traktorem pro zemědělské nebo lesnické účely. Přípojná vozidla, u nichž je část jejich naložené hmotnosti nesena tažným vozidlem, spadají do této kategorie. Každé vozidlo připojené k traktoru a zahrnující nástroj se musí považovat za zemědělské nebo lesnické přípojně vozidlo, pokud je poměr celkové technicky přípustné hmotnosti k nenaložené hmotnosti tohoto vozidla roven 3,0 nebo větší a pokud nebylo vozidlo konstruováno ke zpracování materiálů. [4]

Kategorie R1: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 1 500 kg.

Kategorie R2: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 3 500 kg.

Kategorie R3: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 21 000 kg.

Kategorie R4: přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 21 000 kg.

Podle konstrukční rychlosti se označuje každá kategorie přípojně vozidla ještě uprostřed písmenem „a“ nebo „b“ (Ra1, Rb1, atd.):

- „a“ platí pro přípojná vozidla s maximální konstrukční rychlostí rovnou $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nebo nižší,

- „b“ platí pro přípojná vozidla s maximální konstrukční rychlostí vyšší než $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. [4]

2.3 Spojitelnost z pohledu okamžité hmotnosti přípojně vozidla

- a) Okamžitá hmotnost přípojně vozidla nebo přípojných vozidel smí být u jízdních souprav s nejvyšší konstrukční rychlostí do $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nejvýše 2,5násobek okamžité hmotnosti tažného vozidla. U jízdní soupravy traktoru a traktorového návěsu se okamžitou hmotností každého z vozidel jízdní soupravy rozumí součet hmotností připadajících na jednotlivé nápravy traktoru, respektive návěsu. Podíl hmotnosti připadající na nápravy traktorového návěsu nesmí převyšovat největší povolenou hmotnost přípojně vozidla uvedenou v technickém průkazu traktoru. [4]
- b) Okamžitá hmotnost přípojně vozidla nebo přípojných vozidel smí být u jízdních souprav s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nejvýše 1,5násobek okamžité hmotnosti tažného vozidla. [4]
- c) Okamžitá hmotnost jízdní soupravy nesmí být větší než největší povolená hmotnost jízdní soupravy stanovená při schválení technické způsobilosti tažného vozidla. [4]

- d) Prostřední vozidlo jízdní soupravy musí mít vyšší nebo stejnou okamžitou hmotnost, jakou má poslední vozidlo jízdní soupravy. Kombinace pomocného vozíku ve spojení s návěsem se pro tyto účely pokládá za jedno vozidlo. Pomocným vozíkem pro výše uvedené účely se rozumí jedno nebo vícenápravové přípojně vozidlo kategorie O nebo R svojí konstrukcí určené k připojení návěsu příslušné kategorie za použití točnice pro připojení návěsového čepu. Pomocný vozík jako samostatné vozidlo musí plnit požadavky na příslušnou kategorii přípojně vozidla. [4]

2.4 Spojitelnost jízdních souprav

- a) Pro spojování vozidel do jízdních souprav platí:
Za vozidla kategorií T a C lze připojit pouze vozidla kategorie R, pokud není v § 34 odst. 6 stanoveno jinak. [4]
- b) Vozidla kategorií R a S, která nejsou vybavena brzdovým zařízením a vozidla kategorií R a S, která jsou vybavena nájezdovou brzdovou soustavou, mohou být zapojována jen za tažná vozidla, jejichž provozní hmotnost je shodná nebo vyšší než okamžitá hmotnost připojovaného vozidla, pokud nebylo při schválení technické způsobilosti tažného vozidla stanoveno jinak, u vozidel výše uvedených kategorií s největší povolenou hmotností nad 3 t zapojených do jízdní soupravy s tahačem musí být kromě toho účinek parkovací brzdy tahače prokazatelně schopen ubrzdít jízdní soupravu tahače s tímto vozidlem na svahu 12 %. [4]
- c) Zapojení vozidel do jízdních souprav, s výjimkou tažení přívěsů kategorií O1 a O2 s nájezdovou brzdou s ohledem na ABS je možné dle [4] v těchto kombinacích:
- tažné vozidlo s ABS a přípojně vozidlo s ABS,
 - tažné vozidlo bez ABS a přípojně vozidlo bez ABS,
 - tažné vozidlo bez ABS a přípojně vozidlo s ABS za podmínky, že tažné vozidlo je vybaveno zařízením umožňujícím napájet a kontrolovat bezchybnou funkci ABS přípojně vozidla.

2.5 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel a jejich rozdělení na nápravy

Vzhledem k tomu, že je práce věnována návěsovému přípojně vozidlu, budeme se věnovat pouze detailům týkajícím se dané problematiky.

1) Největší povolené hmotnosti na nápravu vozidla nesmí překročit:

Tab. 2.1 Největší povolené hmotnosti na nápravu v závislosti na rozvoru [4]

Náprava	Největší povolená hmotnost na nápravu
a) U jednotlivé nápravy	10,00 t
b) U dvojnápravy přípojných vozidel součet zatížení obou náprav dvojnápravy nesmí překročit při jejím dílčím rozvoru: - méně než 1,0 m, - od 1,0 m a méně než 1,3 m, - od 1,3 m a méně než 1,8 m.	11,00 t 16,00 t 18,00 t
c) Dvojnápravou podle písmene c) a d) se rozumí dvě za sebou umístěné nápravy, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny méně než 1,8 m.	
d) U trojnápravy přípojných vozidel součet zatížení tří náprav trojnápravy nesmí překročit při jejich větším z dílčích rozvorů jednotlivých náprav: - do 1,3 m včetně, - nad 1,3 m do 1,4 m včetně, - nad 1,4 m do 1,8 m včetně, - trojnápravou přípojných vozidel se rozumí tři za sebou umístěné nápravy, jejichž součet dílčích rozvorů činí nejvýše 3,6 m.	21,00 t 24,00 t 27,00 t
e) Hmotnost připadající na jednu nápravu dvojnápravy a trojnápravy přípojných vozidel nesmí překročit 10 t. Nad hodnotu 1,8 m resp. 3,6 m je náprava (nápravy) považována za samostatnou.	

2) Největší povolená hmotnost silničních vozidel nesmí překročit:

Tab. 2.2 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel [4]

Druh vozidla	Největší povolená hmotnost
a) U přívěsů se dvěma nápravami	18,00 t
b) U přívěsů se třemi nápravami	24,00 t
c) U přívěsů se čtyřmi a více nápravami	32,00 t
d) U jízdních souprav	48,00 t

Pozn.: U traktorových návěsů může být největší povolená hmotnost vyšší než hmotnosti stanovené u přívěsů uvedené v tabulce 2.2 písm. a), b) a c) v závislosti na počtu náprav o hmotnost připadající na spojovací zařízení v závislosti na typu tohoto spojovacího zařízení a jeho povoleném zatížení. U sedlových návěsů s královským čepem se největší povolená



hmotnost stanovuje nápravovými tlaky uvedenými v tabulce 2.1 písm. b), c), d) a e), přičemž ji lze navýšit o zatížení připadající na spojovací zařízení s ohledem na jeho povolené zatížení.

2.6 Největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav

Obdobně jako v předchozí kapitole se zaměříme pouze na nejdůležitější údaje, které se týkají probírané tematiky. Dle [4] sem řadíme:

- a) největší povolená šířka
 - vozidel kategorií M, N, O, R, T a C.....2,55 m
- b) největší povolená výška
 - vozidel, včetně sběračů tramvají a trolejbusů v nejnižší pracovní poloze.....4,00 m
 - jízdní soupravy tahače s návěsem.....4,00 m + 2% výšky
- c) největší povolená délka
 - jízdní soupravy tahače s návěsem.....16,50 m
 - jízdní soupravy se dvěma přívěsy nebo kombinací návěsu a jednoho přívěsu....18,00 m

3 Zemědělský agrotahač

Na první pohled by se mohlo zdát, že agrotahač je pouze obyčejný nákladní automobil vybavený standardní dvoupalcovou točnicí, určený pro silniční dopravu, který je osazen flotačními pneumatikami pro provoz v náročnějších podmínkách. Ačkoliv se takové stroje vyskytují, v našem případě však hovoříme o zcela unikátním stroji, který se vyznačuje různými specifiky, která v této kapitole budou popsána. Jsou to tedy specifické konstrukční části, kterými se tento stroj liší od běžného nákladního automobilu. Některé konstrukční části následně dovolují homologovat tento stroj jako traktor-nosič nářadí. Maximální rychlost je omezena nejčastěji na 60-65 km·h⁻¹. Je to zejména z důvodu rychlostních indexů pneumatik pro zemědělský provoz a zamezení vjezdu stroje na dálnici.

3.1 Myšlenka agrotahače

Zemědělský agrotahač svým charakterem a konstrukčním provedením spojuje výhody komfortu a rychlosti přepravy standardního nákladního automobilu a výhody traktoru, za které lze primárně považovat dobrou průchodnost terénem ve ztížených podmínkách a nízký měrný tlak na půdní strukturu. Tyto speciální stroje vznikají zejména z důvodu stoupajících nároků na rychlost a efektivitu zemědělské přepravy, která je způsobena například nárůstem počtu staveb BPS, atp. Své uplatnění tedy nachází zejména u poskytovatelů zemědělských služeb a u podniků s vysokou hodnotou celkové rozlohy hospodářských ploch. V obou případech je kladen značný zřetel na rychlost a také ekonomičnost přepravy a to např. při zásobování BPS či dopravě tekutých statkových hnojiv k aplikačním cisternám nebo samochoďným aplikátorům.

3.1.1 Homologace do kategorie motorových vozidel skupiny T

Jak již bylo řečeno, agrotahač spadá do kategorie motorových vozidel skupiny T, konkrétně traktor-nosič nástaveb. Do konce roku 2014, kdy ještě platila vyhláška č. 341/2002 Sb. [5], byl agrotahač zařazen do kategorie T1 za předpokladu splnění čl. 14 přílohy č. 3 zmíněné vyhlášky, který povoluje maximální konstrukční rychlost stroje převyšující 40 km·h⁻¹. Od počátku roku 2015 však přichází v platnost nová vyhláška č. 341/2014 Sb. [4], která nahrazuje vyhlášku uvedenou v úvodu odstavce. Tato vyhláška nově zahrnuje kategorii T5, která je určena kolovým traktorům s maximální konstrukční rychlostí vyšší než 40 km·h⁻¹. Aby bylo možné homologovat agrotahač jako traktor, je nutné dodržet „Technické požadavky na vozidla kategorií T a C“, které jsou uvedeny v příloze č. 6 vyhlášky č. 341/2014 Sb. Pro vozidla kategorie T a C platí směrnice EU uvedené v tabulce v čl. 5 zmíněné přílohy. Tato tabulka platných směrnic přímo koresponduje s údaji uvedenými ve směrnici 2003/37/ES [6], příloze II, kapitole B “Soupis požadavků na ES schválení typu traktoru“, části I “Seznam zvláštních směrnic“. Obdobně je tomu i u přípojných vozidel kategorie R a S.

3.1.2 Charakteristické konstrukční prvky a výhody agrotahače

Podoba agrotahače je charakteristická některými konstrukčními prvky. Některé jsou nutné z důvodu splnění podmínek, aby bylo možné schválit stroj v kategorii motorových vozidel skupiny T, viz předchozí odstavec. Další používané konstrukční prvky jsou potřebné pro bezproblémový provoz v oblasti zemědělství. Mezi tyto nutné i volitelné prvky řadíme:

- nízkotlaké flotační pneumatiky pro zemědělský provoz,
- centrální hustění pneumatik,
- řízená poslední náprava v případě varianty 6x6,
- čelní upínací deska neseného nářadí včetně výstupů hydraulických okruhů,
- zadní část doplněna o konzolu etážového závěsu s hubicí, včetně kulových závěsů K-80 a K50, dále obsahuje výstupy hydraulických okruhů zásuvku pro připojení elektroinstalace přípojného vozidla a spojkové hlavice pro připojení brzd přípojného vozidla (Obr. 3.1),
- ochranný rám kabiny stroje se strukturou ROPS/ FOPS,
- vývodový hřídel,
- kamera sledující pracovní prostor,
- pracovní osvětlení atd.



Obr. 3.1 Zadní část vozidla doplněná o spojovací prvky

Zapojení agrotahače do zemědělské dopravy s sebou nese spoustu výhod, které lze zahrnout do dvou skupin:

- 1) Výhody plynoucí z konstrukčního provedení stroje:
 - rychlost a efektivita,
 - dobrá prostupnost ve ztížených podmínkách,
 - šetrnost a nízký měrný tlak na půdu,
 - předpoklad nižší spotřeby v porovnání s ekvivalentní traktorovou soupravou,
 - komfort obsluhy stroje,
 - vysoká přepravní kapacita přepravované komodity,
 - možnost zapojení agrotahače i do lehčích polních prací atd.

- 2) Výhody plynoucí z homologace stroje do kategorie motorových vozidel skupiny T:
 - postačí řidičské oprávnění skupiny T,
 - netřeba profesní průkaz,
 - netřeba použití tachografu,
 - neplatí se silniční daň ani mýto,
 - nízké zákonné pojištění,
 - možnost využití dotační politiky,
 - možnost využití tzv. zelené nafty,
 - návštěvy STK každé 4 roky – platí pro ČR.

3.2 Dostupné agrotahače na trhu

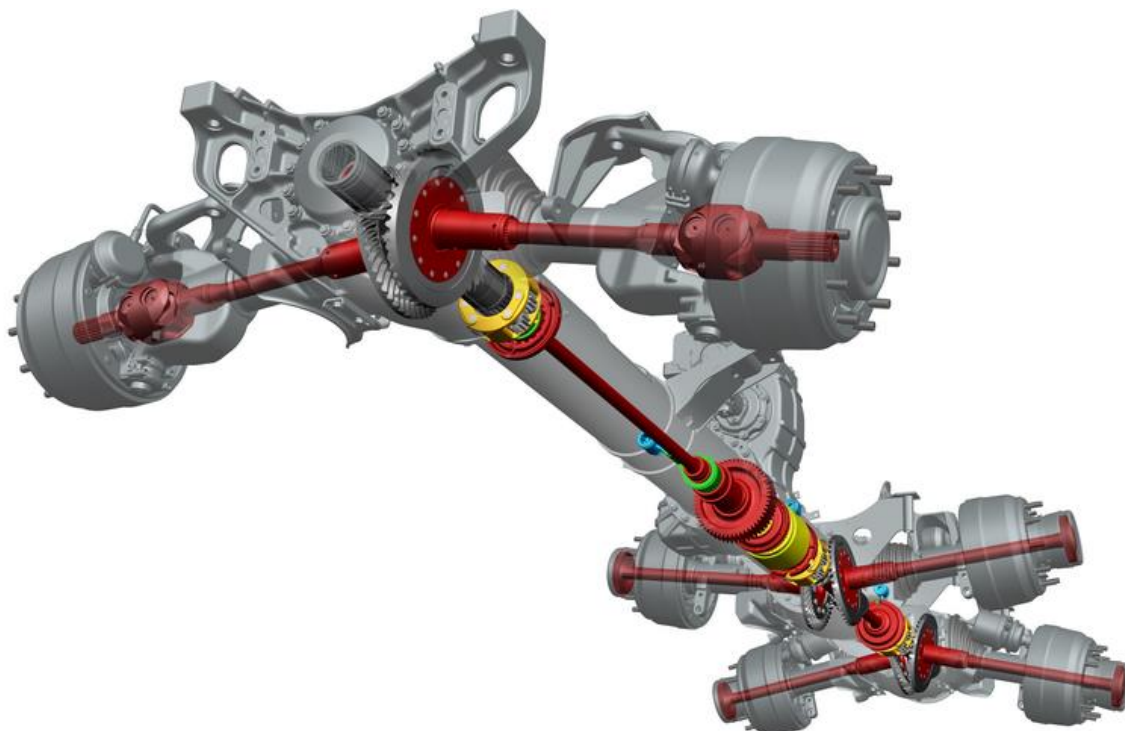
V současné době se setkáváme s několika dostupnými produkty na trhu se zemědělskou dopravní technikou vyvíjenou speciálně pro zemědělské potřeby. Postupně jsme se dostali od dnes již tradičního a značně univerzálního Unimogu od firmy Mercedes Benz, přes tahač JCB Fastrac, až ke speciálně navrženým agrotahačům. V českých podmínkách je nejznámější novinka vyvinutá v kopřivnické Tatře, konkrétně již zmíněný agrotahač Tatra Phoenix. Dále se můžeme setkat s německými stroji Mercedes Benz nebo Man.

3.2.1 Agrotahač Tatra Phoenix T158 6x6

Agrotahač Tatra Phoenix T158 6x6 (Obr 1.3), též zvaný jako „tatraktor“, byl vyvinut na základě požadavků Rolnické společnosti Lesonice v kopřivnické automobilce Tatra Trucks. S ohledem na tyto požadavky vznikly tři prototypy, dva registrované jako traktory a třetí zůstal v kategorii N-nákladní automobil. Samotný koncept byl představen v průběhu roku 2012 a do této chvíle bylo několik agrotahačů Tatra dodáno koncovým zákazníkům.

Tatraktor využívá osvědčené podvozkové koncepce Tatra s centrální nosnou rourou a výkyvnými polonápravami (Obr 3.2), včetně mezinápravových a osových diferenciálů. Přední náprava je odpružena vzduchovými vlnovci, které jsou doplněny o teleskopické

tlumiče a stabilizátor. Zadní náprava je taktéž odpružena vzduchovými vlnovci v kombinaci s vinutými pružinami. Jedná se o lehkou variantu kombinovaného odpružení Tatra, tzv. King Frame. Prostřední náprava je doplněna o stabilizátor a poslední náprava je na přání říditelná s elektrohydraulickým ovládním do $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Všechny nápravy jsou vybaveny kolovými redukcemi pro zvýšení průchodnosti těžkým terénem. [32]



Obr. 3.2 Jedinečná podvozková koncepce Tatra s centrální nosnou rourou a výkyvnými polonápravami [33]

Modelová řada Phoenix byla vyvinuta ve spolupráci s výrobcem nákladních automobilů DAF Trucks, která je dceřinou společností obchodní společnosti Paccar. To má za následek použití některých sdílených prvků, které nejsou produkcí samotné Tatry. V tomto případě mluvíme o kabině Daf a zejména o použitém hnacím agregátu, konkrétně Paccar MX (Tab. 3.1), který je dodáván ve třech výkonových konfiguracích. Jedná se o vodou chlazený vznětový šestiválec o objemu 12,9 litru, splňující emisní normu Euro 5 s využitím systému selektivní katalytické redukce SCR vstříkovaním kapaliny AdBlue. Vzhledem k nástupu a povinnosti dodržování emisní normy Euro 6 pro členské státy EU byla na přelomu roku 2014 a 2015 představena omlazená modelová řada Phoenix s motorem Paccar MX-11 a MX-13 o objemu 11, respektive 13 litrů. Do konce roku 2015 byla získána homologace pro výrobu 50 kusů tohoto speciálů v malé sérii ve specifikaci Euro 5. Následně se počítá s nástupem sériové výroby v provedení Euro 6. [32]

Tab. 3.1 Výkonové parametry jednotlivých konfigurací motoru PACCAR MX [32]

PACCAR MX	Výkon [kW] ¹⁾	Točivý moment [Nm] ²⁾
MX 265	265	1775
MX 300	300	2000
MX 340	340	3000

Pozn.: ¹⁾ při jmenovitých otáčkách 1500-1900 ot/min

²⁾ při jmenovitých otáčkách 1000-1410 ot/min

Na hnací agregát Paccar MX navazuje převodovka, ve standardu manuální šestnáctistupňová ZF 16S 2530. Na přání je dodávána automatizovaná převodovka ZF 16S 2630 AS-Tronic, taktéž šestnáctistupňová nebo je možné zvolit automatizovanou šestistupňovou převodovku Allison 4500. Přebodovky ZF se dodávají v kombinaci s jednokotoučovou spojkou ZF Sachs a převodovka Allison je dodávána včetně hydrodynamického měniče. Dále je v hnacím traktu zařazena dvoustupňová přídatná převodovka Tatra 2.30 TRK řaditelná za klidu. Převod se díky ní volí buď pro silniční provoz (též označováno jako „zajíc“) nebo pro polní provoz („želva“). [32]

K přenosu hnací síly na podložku jsou v základní konfiguraci voleny pneumatiky o rozměru 445/65 R22,5 na všech nápravách. Vzhledem k častému pohybu v polních podmínkách je dle [32] doporučeno volit pneumatiky o rozměrech ve spolupráci s centrálním hustěním pneumatik:

- přední náprava: 500/60 R22,5,
- zadní nápravy: 600/50 R22,5.

- Hmotnosti (pro pneumatiky 445/65 R22,5): [32]

- provozní: 11,15 t,
 - přední náprava: 6,65 t,
 - zadní náprava: 2x2,25 t,
- celková hmotnost vozidla: 25,00 t,
- maximální technicky přípustná hmotnost soupravy 75,00 t,
- zatížení točnice 16,50 t.

Rychlost stroje je elektronicky omezena na 65 km·h⁻¹. Agrotahač Phoenix je standardně vybaven dvoupalcovou točnicí s jednoduchými výstupy hydrauliky a propojovacími kabely pro připojení návěsu (vzduch, elektro). Dále je možné jak přední, tak zadní část stroje přizpůsobit pro nesení nebo tažení přípojných zařízení. Veškeré informace a možné konfigurace stroje jsou uvedeny v dokumentaci [32].

3.2.2 Agrotahač Mercedes-Benz Actros 1846 4x4

Zemědělský tahač Mercedes Benz Actros 1846 4x4 (Obr. 3.3) vychází ze sériového modelu a samotná úprava je prací německé společnosti Paul Nutzfahrzeuge, která se zabývá speciálními úpravami nejen nákladních automobilů. Speciál Actros je vybaven šestiválcovým přeplňovaným vznětovým motorem Mercedes OM 501 LA splňujícím emisní normu Euro 5 (SCR) o maximálním výkonu 335 kW/456 k. Rychlost je elektornicky omezena na 70 km·h⁻¹. [35]

Pro pohyb v těžkých podmínkách je Actros standardně dodáván s pneumatikami 16,00 R20 na přední nápravě a 650/55 R26,5 na zadní nápravu při dodržení šířky stroje 2550 mm. [35]

- Hmotnosti (pro pneumatiky 16,00 R20 a 650/55 R26,5): [35]
 - provozní: 10,20 t,
 - maximální povolená hmotnost na nápravu:
 - přední: 7,50 t,
 - zadní: 11,50 t,
 - celková hmotnost vozidla: 18,00 t,
 - zatížení točnice: 7,80 t.



Obr. 3.3 Agrotahač Mercedes-Benz Actros 1846 4x4 - Paul Nutzfahrzeuge [35]

- Konstrukční prvky, kterými je stroj vybaven nebo je možné ho dovybavit nad rámec sériové výroby, dle [35] jsou:
 - terénní pneumatiky uvedené výše,
 - konzola etážového závěsu s hubicí a spojovacími prvky K80 a K50,
 - výstupy hydraulických, vzduchových a elektro obvodů,

- vývodový hřídel na 540/1000 ot·min⁻¹ poskytující točivý moment až 3000 N·m,
- ISO Bus terminál,
- řízení hydrauliky s Load Sensing regulací pomocí joysticku přímo z kabiny,
- kamera sledující pracovní prostor,
- pracovní osvětlení,
- možnost dovybavení trojbodovým závěsným systémem pro nesenou techniku s maximálním zatížením 6 t.

3.2.3 Agrotahač Mercedes Benz Arocs 2043 AS 4x4 – Agro Mover

Dalším počinem firmy Paul Nutzfahrzeuge je tzv. Agro Mover (Obr. 3.4), který spočívá na podvozku Mercedesu Benz Arocs 2043 AS 4x4. Agro Mover je dodáván ve dvou rychlostních variantách, konkrétně s omezením do 60 km·h⁻¹ nebo do 80 km·h⁻¹. V prvním případě postačí řidičské oprávnění skupiny T, v druhém případě je třeba C/ C+E. Agrotahač je vybaven šestiválcovým hnacím agregátem Mercedes OM 470 o objemu 10,7 litru a výkonu 315 kW/428k. Na motor, který splňuje nejpřísnější emisní normu Euro 6, navazuje plně automatická převodovka Powershift 3. [29]

Pojezdová kola jsou opatřena flotačními pneumatikami o rozměrech 445/65 R22,5 na přední nápravě a 600/50 R22,5 na zadní nápravě s ohledem na dodržení maximální šířky vozidla 2550 mm. [29]



Obr. 3.4 Agrotahač Mercedes Benz Arocs 2043 AS 4x4 - Agro Mover - Paul Nutzfahrzeuge GmbH [29]

- Hmotnosti (pro pneumatiky 445/65 R22,5 a 600/50 R22,5): [29]
 - provozní: 10,20 t,
 - maximální povolená hmotnost na nápravu:
 - přední: 8,00 t,
 - zadní: 10,40 t,
 - celková hmotnost vozidla: 18,00 t,
 - zatížení točnice: 8,50 t.
- Konstrukční prvky, kterými je stroj vybaven nebo je možné ho dovybavit nad rámec sériové výroby, dle [29] jsou:
 - terénní pneumatiky uvedené výše,
 - konzola etážového závěsu s hubicí a spojovacími prvky K80 a K50,
 - výstupy hydraulických, vzduchových a elektro obvodů,
 - vývodový hřídel na 540/1000 ot·min⁻¹ poskytující točivý moment až 4800 N·m,
 - řízení hydrauliky s Load Sensing regulací pomocí joysticku přímo z kabiny,
 - kamera sledující pracovní prostor,
 - pracovní osvětlení,
 - možnost dovybavení trojbodovým závěsným systémem pro nesenou techniku s maximálním zatížením 7 t.

3.2.4 A-mag MFT 60 LoF

Jedná se o univerzální stroj upravený německou firmou Amag AG, k jehož základu posloužil nákladní automobil Man TGS 18.540 4x4 H BLS, přičemž číslovka 540 v názvu stroje znamená maximální výkon šestiválcového motoru Man D26 udaný v koňských silách. Lze však na základě požadavků zákazníka zvolit i slabší konfiguraci s výkonem 400, 440 nebo 480 koňských sil. Motor Man D26 se zdvihovým objemem 12,4 litru, by měl v současné době splňovat emisní normu Euro 6. A-mag MFT 60 LoF (Obr. 3.5) je registrován v kategorii motorových vozidel skupiny T a jeho maximální rychlost je omezena na 60 km·h⁻¹. Vyrábí se však i varianta MFT 90 high speed a MFT 10 recycler s maximální rychlostí 90, respektive 10 km·h⁻¹ pro nasazení do nejtěžších podmínek. [11]

Pojezdová kola, která jsou opatřena flotačními pneumatikami, lze volit např. v rozměrech 580/65 R 22,5 na přední nápravě a 750/45 R 26,5 na zadní nápravě. Ke změně tlaku v pneumatikách slouží systém centrálního hustění pneumatik. [11]

- Konstrukční prvky, kterými je stroj vybaven nebo je možné ho dovybavit nad rámec sériové výroby, dle [11] jsou:
 - terénní pneumatiky včetně centrálního hustění uvedené výše,
 - konzola etážového závěsu s hubicí a spojovacími prvky K80 a K50,
 - výstupy hydraulických (vpředu i vzadu), vzduchových a elektro obvodů,

- vývodový hřídel na 540/1000 ot·min⁻¹,
- řízení hydrauliky s Load Sensing regulací,
- pracovní osvětlení,
- možnost dovybavení trojbodovým závěsným systémem pro nesenou techniku vpředu i vzadu,
- standardní dvoupalcovou točnici lze zaměnit za kulový závěs K150.

Na závěr je třeba zmínit, že tahač Man řady TGS je poměrně oblíbený u německých společností zabývajících se úpravami vozidel pro speciální účely. Dalšími úpravci zabývajících se přeměnou nejen modelu TGS, jsou firmy Stapel a Toni Maurer. Man TGS pak nese pracovní označení „Agrotruck“ [31], respektive „Agro Schlepper“ [34] (Obr. 4.6). Vzhledem k tomu, že provedené úpravy oběma firmami jsou velice podobné popisovanému modelu A-mag, nebudou modely vyvíjené zmiňovanými firmami dále rozebírány.



Obr. 3.5 Agrotahač A-mag MFT 60 LoF [11]

4 Zemědělské návěsy s královským čepem

V současnosti se setkáváme v zemědělské dopravě s několika podobami sedlových návěsů. V první řadě se jedná o klasické kamionové návěsy ve standardním provedení. Dále se objevují tytéž návěsy, které jsou však uzpůsobeny i pro pohyb mimo pozemní komunikace. Mezi tyto úpravy řadíme zejména zemědělské pneumatiky a stále častěji se setkáváme i se systémem řízených náprav. Za tímto účelem se začali výrobci zemědělské dopravní techniky zabývat speciálně navrženými sedlovými návěsy určenými primárně pro zemědělské potřeby. Tyto návěsy pak dělíme do dvou kategorií. Jsou to nosiče výměnných nástaveb a dále pak jednoúčelové návěsy. Podoba nástaveb obou kategorií těchto návěsů vychází z koncepce nástaveb v první řadě určených zejména pro traktorové návěsy.

4.1 Nosiče výměnných nástaveb

Systém výměnných nástaveb je charakteristický jedním podvozkem, tzv. nosičem výměnných nástaveb, a několika možnými nastavbami. Každá z nástaveb má své opodstatnění a slouží pro předem určené přepravní operace. V tuto chvíli hovoříme zejména o velkoobjemové nastavbě pro převoz objemných hmot s nízkou měrnou hmotností a o cisternové nastavbě, která slouží k přepravě materiálů v kapalném skupenství. Kapacita velkoobjemových nástaveb se pohybuje okolo hodnoty 60 m³, v případě cisternové nastavby hovoříme o objemu zhruba 30 m³, často i více. Záleží ovšem na počtu náprav nosiče.

4.1.1 Podvozek Umikov NP2 + nastavba Bergmann HTW 65

Tento projekt vznikl dle požadavků firmy P & L, která se zabývá prodejem a servisem zemědělské techniky. Podvozek byl zkonstruován ve firmě Umikov CZ, která se specializuje na výrobu speciální přepravní techniky, zejména v oblasti přepravy dřeva. Na podvozek, který je koncipován jako nosič výměnných nástaveb, byla následně dodána velkoobjemová nastavba Bergmann HTW 65. Dále se počítá s možností cisternové nastavby o objemu až 34 m³, případně dalších nástaveb dle specifických požadavků koncového zákazníka. Projekt byl představen na výstavě zemědělské techniky Tech Agro 2014 a následně se zúčastnil tzv. TATRA Agro tour, kde byl podvozek Umikov spolu s nastavbou Bergmann (Obr. 4.1) v agregaci s agrotahačem Tatra Phoenix jednak testován a jednak představen možným zákazníkům v České a Slovenské republice. Testování proběhlo v různě členitém terénu za různých klimatických podmínek.

- Charakteristika podvozku Umikov NP2: [27]
 - rám podvozku tvořen otevřenými I-profilů z vysokopevnostní oceli DOMEX,
 - podvozek opatřen dvěma říditelnými nápravami BPW o nosnosti 12 t se vzduchovým odpružením,
 - nápravy opatřeny flotačními pneumatikami o rozměru 600/50 R22,5,

- systém hydraulicky řízených náprav od firmy Triddec:
 - o řízení náprav v závislosti na pohybu tahače,
 - o možné řízení náprav nezávisle na pohybu tahače,
 - o umožňuje tzv. „psí chod“ – tahač a návěs nejedou ve stejné stopě
- jednookruhový dvouhadicový brzdový systém,
- maximální rychlost $65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,
- hmotnosti:
 - o největší povolené svislé zatížení točnice: 18,00 t,
 - o maximální povolené zatížení náprav (při $65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$): $2 \times 9,25 \text{ t}$,
 - o největší povolená hmotnost: 33,50 t,
 - o největší technicky přípustná hmotnost: 36,50 t.
- Charakteristika nástavby Bergmann HTW 65: [27]
 - objem nástavby cca. 65 m^3 ,
 - kónický tvar nástavby pro snadnější vyprazdňování,
 - možnost zaplachtování zabraňující úletu materiálu během přepravy,
 - hydraulicky sklopná horní část předního čela,
 - mechanický ukazatel polohy otevření zadního čela,
 - hydraulický dvourychlostní pohon podlahového dopravníku dvojicí rotačních hydromotorů,
 - podlahový dopravník se čtyřmi řetězy s automatickým napínáním.



Obr. 4.1 Podvozek Umikov NP2 + nástavba Bergmann HTW 65

4.1.2 Podvozek Multibody 45 + nástavba Romill Mamut 60

Dalším počinem českých konstruktérů je univerzální nosič nástaveb Multibody 45 doplněný o velkoobjemovou nástavbu Romill Mamut 60 (Obr. 4.2) vyvíjený brněnskou

firmou Romill. Dále se počítá s možností doplnění o cisternovou nástavbu o objemu 30 m³. Samotný projekt byl veřejnosti představen taktéž na výstavě Tech Agro 2014. Následně bylo započato dlouhodobé testování vystavovaného prototypu v agregaci s agrotahačem Tatra Phoenix. V průběhu testování prototyp najezdil cca 18000 km, během nichž byl představen potenciálním zákazníkům, u kterých se setkal s kladnými ohlasy. V současné chvíli je vše připraveno k sériové výrobě.

- Charakteristika podvozku Multibody 45: [38]
 - konstrukce rámu podvozku tvořena otevřenými I-profilů,
 - podvozek opatřen třemi říditelnými nápravami BPW s odpružením pomocí vzduchových vaků,
 - nápravy opatřeny flotačními pneumatikami o rozměru 600/50 R22,5,
 - systém hydraulicky řízených náprav od firmy Tridac:
 - řízení náprav v závislosti na pohybu tahače,
 - možné řízení náprav nezávisle na pohybu tahače,
 - jednonápravový dvouhadicový brzdový systém,
 - maximální rychlost 80 km·h⁻¹,
 - hmotnosti:
 - největší povolené svislé zatížení točnice: 15,00 t,
 - maximální povolené zatížení náprav: 3x9,00 t,
 - největší povolená hmotnost: 42,00 t,
 - největší technicky přípustná hmotnost: 42,00 t.
 - provozní hmotnost cca: 10,90 t.



Obr. 4.2 Podvozek Multibody 45 + nástavba Romill Mamut 60 [30]

- Charakteristika nástavby Romill Mamut 60: [38]
 - objem nástavby cca 60 m³,
 - kónický tvar nástavby pro snadnější vyprazdňování,
 - hydraulicky sklopná horní část předního čela,
 - hydraulický dvourychlostní pohon podlahového dopravníku dvojicí rotačních hydromotorů,
 - podlahový dopravník se čtyřmi řetězy s automatickým napínáním.

4.2 Jednoúčelové návěsy

Jednoúčelovými návěsy nazýváme ty návěsy, které slouží pro předem určené operace a vykonávají je po celou dobu své životnosti. Nástavby s podvozky tak tvoří nerozebiratelné spojení v jeden kompaktní celek. Nejčastěji se setkáváme s návěsy s velkoobjemovými nástavbami s podlahovým dopravníkem nebo výtlačným čelem či s nástavbami cisternovými. Dva zmíněné výměnné systémy byly charakteristické pro výrobu v České republice. Při zemědělní se na jednoúčelové stroje se bavíme zejména o výrobcích zahraničních, konkrétně ze Spolkové republiky Německa nebo Nizozemska.

4.2.1 Krampe Bandit SB 30/60

Třínápravový návěs Bandit SB 30/60 (Obr. 4.3) s gumovou rolovací podlahou je reakcí německé firmy Krampe Landtechnik und Metallbau na vzrůstající poptávku sedlových návěsů přizpůsobených pro zemědělské potřeby. Modelová řada Bandit je dobře známá z oblasti traktorových dopravy a vyznačuje se zmíněným a specifickým vyprazdňování v podobě rolovací gumové podlahy. Samotný pohyb je vyvozen od hydromotorů, které umožňují i reverzaci pohybu a jsou umístěny jak v přední části, tak v zadní části korby. Konstrukční provedení podlahového mechanismu je technicky sice náročné, avšak odstraňuje některé nevýhody návěsů sklápěcích a návěsů s výtlačným čelem. Sedlový návěs Bandit s hliníkovou korbou pro snížení hmotnosti byl představen na výstavě zemědělské techniky Agritechnica 2013. [22]

Návěs je v základní konfiguraci dodáván s pneumatikami o rozměru 445/65 R22,5 bez možnosti řízení náprav. Pro pohyb ve ztížených polních podmínkách je doporučeno volit rozměr pneumatik 650/50 R22,5 spolu s řízením první a poslední nápravy od firmy Tridec. Standardně je návěs vybaven odpružením pneumatickými vaky s možností zvedání první nápravy v závislosti na zatížení stroje. Ložný objem nástavby je 59 m³ a její vyprázdnění nezabere více než 2 minuty i za předpokladu, že se jedná o vykládku velice kompaktního materiálu, jako je např. kompost. Nejen díky tomu je Bandit vhodný pro přepravu širokého spektra materiálů počínaje travní senáží, přes obiloviny a statkovými hnojivy konče. V tuto chvíli je již několik návěsů Bandit SB 30/60 provozováno českými rolníky. [22]



Obr 4.3 Krampe Bandit SB 30/30 [22]

- Hmotnosti dle [22]:
 - největší povolené svislé zatížení točnice: 12,00 t,
 - největší povolná hmotnost na nápravy: 3x9,00 t,
 - největší povolená hmotnost: 35,00 t,
 - největší technicky přípustná hmotnost: 39,00 t,
 - provozní hmotnost: 8,00 t.

4.2.2 Krampe KS 900 GS

Čerstvou novinkou firmy Krampe Landtechnik und Metallbau, která byla představena v prosinci 2014, je model KS 900 GS (Obr 4.4) s celkovou hmotností 34 tun.



Obr. 4.4 Krampe KS 900 GS [21]

Podvozek je osazen dvěma pneumaticky odpruženými nápravami s nosností 2x10 tun. Návěs lze dodat jak se silničními pneumatikami, tak s širokoprofilovými o rozměru 650/50 R22,5.

Druhou nápravu lze na přání dovybavit řídicím systémem vlastního natáčení při průjezdu zatáčkou. Na podvozek je připevněna nástavba, která je unikátní díky možnosti dvoustranného sklápění. Ložný objem této nástavby je 31,1 m³, který lze však navýšit použitím speciálních nástavků na hodnotu až 42,9 m³. Více informací k této novince není prozatím k dispozici. [21]

4.2.3 Joskin Silo-Space

Na základě požadavků společnosti Jasno Jasenná, která se mimo jiné zabývá poskytováním zemědělských služeb, byl nizozemskou společností Veldhuizen zprostředkován projekt na výrobu tří unikátních velkoobjemových sedlových návěsů (Obr. 4.5), jejichž nástavba vychází z modelu Joskin Silo-Space. Návěsy jsou určeny pro agregaci s agrotahači Tatra Phoenix, které podnik Jasno Jasenná vlastní. Ke konstrukci nástavby posloužil standardní 10 m dlouhý Joskin Silo-Space o objemu 50 m³. Následně byly provedeny úpravy a nástavba byla prodloužena na konečných 13,6 m, čímž bylo dosaženo finálního objemu ložné plochy 74 m³. S tzv. „čepicí“ je objem udáván až 87 m³. Vyprazdňování nástavby je za pomoci dvou řetězových dopravníků umístěných ve dvou úrovních, konkrétně nad točnicí a nad nápravami. Rychlost pohybu dopravníku je 12 m·min⁻¹, takže nástavbu lze kompletně vyprázdnit za úctyhodnou 1 minutu a 20 vteřin. Podvozek je opatřen třemi nápravami o nosnosti 3x10 t, z nichž druhá a třetí je mechanicky řiditelná v závislosti na pohybu tahače. Co nejnižší měrný tlak na půdní strukturu zajišťují pneumatiky o rozměru 600/45 R22,5. Nosnost těchto tří specifických návěsů je 40 t, přičemž jejich předání proběhlo v průběhu léta roku 2014 a od té chvíle byly v soupravě s agrotahači Tatra Phoenix nasazeny do ostrého provozního režimu. [37]



Obr. 4.5 3x agrotahač Tatra Phoenix T158 6x6 + Joskin Silo Space pro Jasno Jasenná [37]

4.2.4 Fliegl ASS 398

Fliegl ASS 398 (Obr. 4.6) je zástupcem dvou nebo třínápravových sedlových návěsů s výtlačným čelem řady ASS německé společnosti Fliegl Agrartechnik. Nástavba s ložným objemem 48 m³ je vyrobena z oceli nebo hliníku, díky němuž se dosáhne snížení vlastní hmotnosti návěsu o cca 1 t. Odpružení náprav, které lze na přání dodat s možností jejich řízení, je zajištěno pomocí pneumatických vaků nebo parabolických per. S ohledem na oblast použití lze zvolit silniční pneumatiky nebo flotační pneumatiky o rozměru až 600/50 R22,5. Návěs je dodáván ve verzi 40 nebo 80 km·h⁻¹ a je určen pro široké spektrum přepravovaných materiálů, obdobně jako tomu již bylo uvedeno u návěsu Krampe Bandit SB 30/60. [17]

- Hmotnosti dle [17]:
 - největší povolené svislé zatížení točnice: 11,00 t,
 - největší povolená hmotnost: 34,00 t,
 - největší technicky přípustná hmotnost: 44,00 t,
 - provozní hmotnost: 6,95 t.



Obr. 4.6 Fliegl ASS 398 [17]

4.2.5 TrailKing Rolled Side Super Hi-Lite Ag

Jak již bylo zmíněno, projekt agrotahače Tatra byl realizován na základě požadavků Rolnické společnosti Lesonice. Díky tomu však bylo nutné vyřešit také otázku vhodného přípojného zařízení. To bylo vyřešeno importem dvojice návěsů zmíněných v nadpise kapitoly ze Spojených států amerických. Jedná se o návěs s vanovou hliníkovou nástavbou s pásovým/lamelovým posuvným dnem o objemu 65m³ (Obr. 4.7). Původní dvojice pevných náprav byla ve firmě Panav nahrazena za trojici pneumaticky odpružených náprav BPW s

použitím pneumatik o rozměru 600/50 R22,5. Natáčení náprav zajišťuje hydraulické nucené řízení od firmy Tridtec. V Lesonicích je dále provozován automobilový sklápěcí návěs Wielton NW 49 AT/ KD M2 a již zmiňovaný Krampe Bandit SB 30/60. [12]



Obr. 4.7 Návěs TrailKing Rolled Side Super Hi-Lite Ag s již provedenými změnami firmou Panav

4.2.6 ZVVZ Domex 30

Zástupce návěsů s cisternovou nástavbou tvoří model ZVVZ Domex 30 (Obr. 4.7) vyrobený společností ZVVZ jako reakci na vývoj agrotahače Tatra Phoenix. Jak již napovídá název, cisterna je zhotovena z vysokopevnostní oceli Domex a disponuje objemem 30 m³. K nástavbě, která tvoří nosnou konstrukci stroje, je připevněna trojice náprav, z nichž první a třetí jsou mechanicky říditelné pomocí ocelových lan v závislosti na pohybu tahače. První náprava je také zvedatelná v závislosti na zatížení návěsu. Cisterna je dále vybavena rotačním čerpadlem, nasávacím trychtýřem a míchacím a proplachovacím potrubím. [28]



Obr. 4.8 Cisterna ZVVZ Domex 30 [28]

5 Konstrukční návrh nosiče výměnných nástaveb

V následující kapitole bude popsána navrhovaná koncepce vlastního návrhu podoby nosiče výměnných nástaveb zahrnující nejen nejdůležitější část, kterou je samotný návrh konstrukce podvozku nosiče, ale také volbu ostatních prvků, které jsou nedílnou součástí navrhovaného stroje a slouží pro bezproblémové zajištění užití

5.1 Rám podvozku

Konstrukce rámu musí zajistit správnou a spolehlivou funkci, dále dlouhodobou životnost, vysokou pevnost a dostatečnou tuhost v přímé spojitosti s pružností. Samotná tuhost je důležitá pro oblast použití stroje. Ve složitějších podmínkách v oblasti členitějšího terénu je však poměrně důležitá také pružnost konstrukce, díky níž dochází k lepšímu rozložení působících sil na podložku a příliš vysoká tuhost by tak byla nežádoucí.

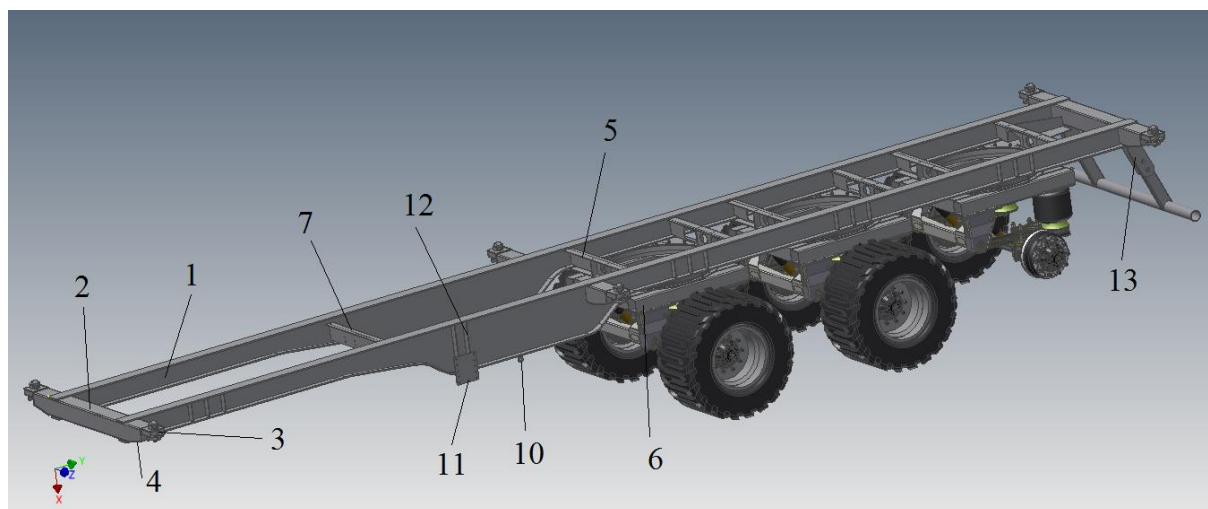
V současnosti jsou pro konstrukci rámu přípojných vozidel využívány zejména hutní polotovary různých průřezů a délek, které jsou navzájem spojeny pomocí svařování a tvoří tak jeden kompaktní celek.

5.1.1 Popis konstrukce

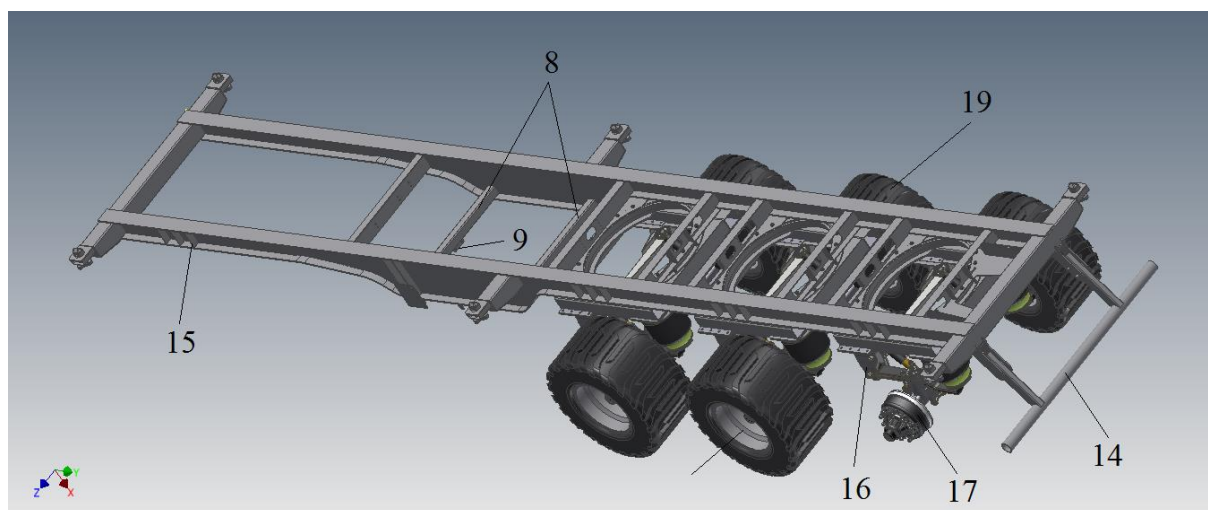
Základ konstrukce podvozku nosiče nástaveb tvoří dvojice hlavních podélných nosníků, které jsou navzájem spojeny několika příčnými nosíky pomocí svařování. K těmto hlavním částem jsou připevněny další prvky, které plní připojovací funkci pro připojení komponent nezbytných pro správnou funkci stroje (připojení ochranného zařízení proti podjetí, odstavné nohy atp.) nebo plní funkci, která je nezbytná pro zvýšení pevnosti či tuhosti stroje (různé vzpěry a výztuhy).

Podoba navrhované konstrukce nosiče výměnných nástaveb je znázorněna na obrázku 5.1 a 5.2. K hlavním podélným nosníkům (1) jsou připojeny hlavní příčné nosíky (2). Konce hlavních příčných nosníků jsou sraženy a z boční strany je průřez uzavřen systémem pro připojení nástavby k podvozku Twist lock (3). Zespodu je průřez uzavřen navařením pásnice (4). Dále jsou k hlavním příčným nosníkům připojeny příčné nosíky (5) otočných nápravových rámců (6), příčný nosník pro připojení části točnicové jednotky (7) a dvojice příčných nosníků (8), přičemž k prvnímu z nich je navařeno připojení vzpěr odstavné nohy (9), obdobně je připojení vzpěr odstavné nohy přivařeno i k hlavním podélným nosníkům (10). Odstavná noha je přišroubována k plechu (11), který je přivařen k hlavním podélným nosníkům přes výztuhy (12). Na hlavní podélné nosíky jsou dále navařeny úchyty (13) pro připojení zadního ochranného zařízení proti podjetí (14) a výztuhy (15), které jsou umístěny v prostoru uložení náprav a točnicové jednotky. K otočným nápravovým rámcům je připojeno vzduchové odpružení (16) spolu s nápravami (17), disky kol (18) a pneumatikami (19). Konkrétní podoba, parametry a nejdůležitější informace některých hlavních prvků, které jsou

součástí nosiče nástaveb, jsou znázorněny v následujících kapitolách 5.2 – 5.7.



Obr. 5.1 Popis konstrukce podvozku nosiče výměnných nástaveb - 1



Obr. 5.2 Popis konstrukce podvozku nosiče výměnných nástaveb - 2

5.1.2 Volba polotovarů

Jak již bylo zmíněno v úvodu a je zřejmé z obrázku 5.1 a 5.2, samotná konstrukce podvozku nosiče nástaveb je tvořena běžnými hutnickými polotovary a to za použití materiálů S235JR (11 373) nebo S355J0 (11 523) dle EN 10025-2, které se vyznačují zaručenou svařitelností.

Hlavní podélné nosníky (1) jsou zhotoveny ze svařovaného I-profilu, který je tvořen stojinou a horní a spodní pásnicí. Stojina je zhotovena z pásu plechu tloušťky 8 mm, jehož výška je v oblasti královského čepu a zejména náprav 180 mm z důvodu zástavbových rozměrů otočných nápravových rámců. V místě mezi zmíněnými oblastmi výška 180 mm plynule přechází na hodnotu 460 mm. V tomto místě je uložena odstavná noha, dále například rezervní pojezdové kolo, zakládací klíny, informační modul brzdové soustavy, schránka na nářadí atp. Horní i spodní pásnice je tvořena plochými tyčemi tloušťky 14 mm a šířky 140



mm. Hlavní příčné nosníky (2) jsou zhotoveny z uzavřeného tenkostěnného profilu čtvercového průřezu šířky 180 mm a tloušťky stěny 6 mm. Alternativně by bylo možné použít i tzv. skříňový nosník svařený z plechů. Příčné nosníky otočných nápravových rámců (5) jsou součástí dodávky hydraulického nuceného řízení, viz kapitola 5.4, a jedná se o svařované a speciálně upravené I-profil, jejichž rozměrové charakteristiky byly získány z dodaných dokumentů firmou Tridex (příloha PS-003-742-V0), na základě čehož byla volena například i tloušťka stojiny a horní a spodní pásnice hlavních podélných nosníků (1) nebo vlastní rozteč podélných os zmíněných nosníků, která je 1200 mm. Příčný nosník točnicové jednotky (7) je tvořen T-profilem, který je zhotoven svařením stojiny výšky 155 mm a tloušťky 10 mm a horní pásnice šířky 80 mm a tloušťky 8 mm. Dvojice příčných nosníků (8) je zhotovena z tenkostěnného uzavřeného profilu čtvercového průřezu šířky 90 mm a tloušťky stěny 5 mm. Ostatní vedlejší prvky, jako je připojení vzpěr odstavné nohy (9, 10), plotna odstavné nohy (11), výztuhy (12, 15) a uchycení zadního ochranného zařízení proti podjetí (13), jsou zhotoveny z plechů nebo tyčí tloušťky 5, 6, 8, 10 nebo 12 mm. Zadní ochranné zařízení proti podjetí (14) je tvořeno bezešvou trubkou s vnějším průměrem 110 mm a tloušťkou stěny 5 mm a dvojicí uzavřených tenkostěnných profilů obdélníkového průřezu o vnějších rozměrech 120x60 mm a tloušťce stěny 5 mm.

5.2 Nápravy

Neodmyslitelnou součástí většiny kolových vozidel jsou nápravy, které slouží k přeměně rotačního pohybu pojezdových kol na pohyb posuvný celého stroje. Další funkcí je přenos zatížení od hmotnosti stroje a nákladu přes pojezdová kola na podložku, po které se stroj pohybuje. Mezi přední výrobce náprav a pružících agregátů řadíme německou firmu BPW a italskou ADR. Dále se setkáváme s nápravami firem FAD, SAF, TVZ nebo Gigant. Základ konstrukce náprav tvoří nosník, který je nejčastěji čtvercového, méně častěji pak kruhového průřezu. Zmíněné průřezy jsou pak v provedení plném nebo dutém. Vzhledem k tomu, že firma ZDT Nové Veselí má za výhradního dodavatele náprav a pružících agregátů firmu ADR, omezíme se tedy pouze na nabídku jejich vlastních produktů. S ohledem na zadání, které vymezuje maximální konstrukční rychlost stroje $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a nosnost náprav 12000 kg, je zvolena trojice pevných a brzděných náprav ADR AS5XL1XC, typ Black Bull. (Tab. 5.1, Obr. 5.3). Black Bull je odlehčená náprava s dutým profilem nosníku nápravy. V našem případě se jedná o čtvercový profil s délkou strany 150 mm a tloušťkou stěny 14 mm. Nápravy jsou opatřeny bubnovými brzdami typu XC 4218E – 420x180 mm (průměr x šířka bubnu). Rozchod kol nápravy je 1950 mm. [9]



pohlující rázy, otřesy atp. Vzduchové odpružení umožňuje zvedání nápravy při jízdě bez nákladu, dále umožňuje upravování jízdní výšky vozidla a v porovnání s mechanickými typy odpružení se lépe vyrovnává s náklony vozidla a účinněji zabraňuje možnému převrácení. Zvolené pneumatické odpružení každé z náprav disponuje nosností 13000 kg za použití vzduchových vaků o průměru 350 mm. Podoba odpružení a nejdůležitější rozměry jsou zobrazeny na obrázku 5.4. [38]

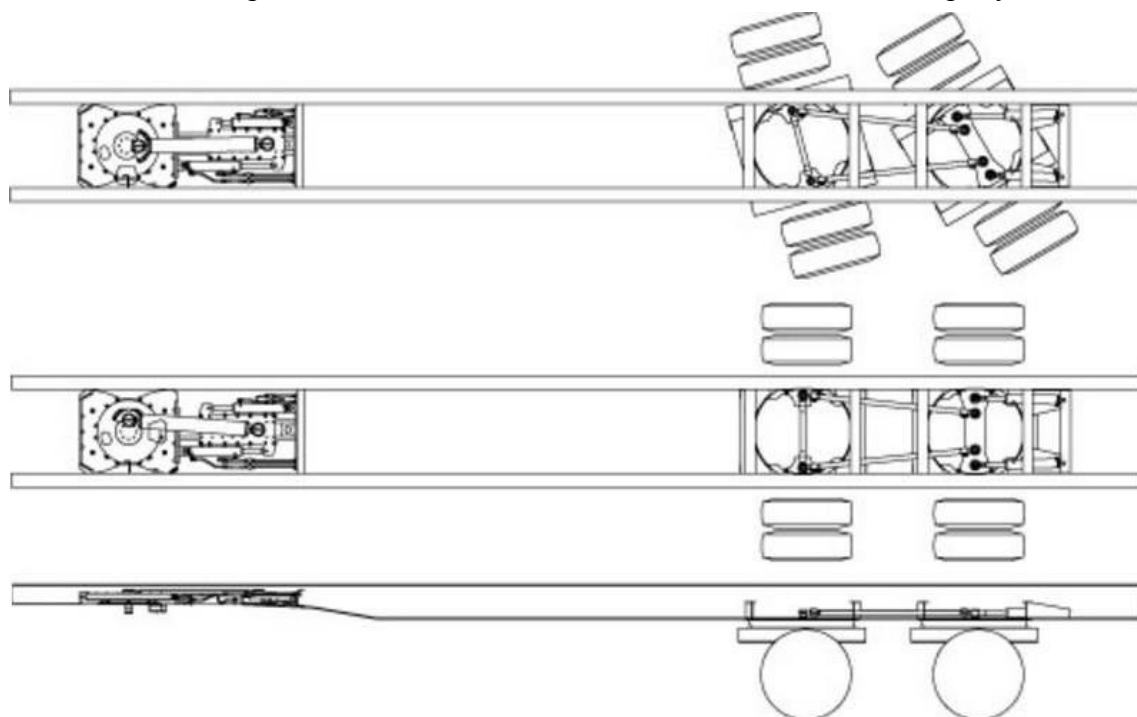
5.4 Řízení náprav

Požadavek na řízení náprav je velice důležitý. Řízené nápravy přispívají k co nejpříznivějšímu poloměru otáčení, čímž usnadňují průjezd zatáčkou nebo sjezdy z pozemních komunikací na komunikace obslužné nebo polní cesty, dále snižují tahový odpor, prodlužují životnost pneumatik a usnadňují řízený zpětný pohyb či jízdu po poli bez nežádoucího poškození půdní struktury. Pro řešení dané problematiky se zaměříme na variantu řízení, kdy je použita tzv. pevná náprava v kombinaci s otočným rámem uloženým na točnicích, která je následně připojena k rámu podvozku. Samotné natáčení otočného rámu řízené nápravy je pak vyvozeno mechanicky nebo hydraulicky v závislosti na pohybu trakčního prostředku. Mechanické řízení je vyvozeno pomocí ocelových lan či táhel, popřípadě jejich kombinací. Řízení pomocí ocelových lan nebo táhel nabízí např. firma Bulthuis. Mechanickým řízením pomocí táhel, ale i řízením hydraulickým, se zabývá firma Tridec, která je dceřinou společností firmy Jost. Konkrétně se budeme věnovat nucenému řízení za pomoci hydraulického média od firmy Tridec, typ HS, jehož princip činnosti a hlavní části budou rozebrány v následujících podkapitolách.

5.4.1 Princip činnosti hydraulického řízení Tridec HS

Hydraulické řízení Tridec HS se používá pro řízení jedné až čtyř náprav a je možné ho kombinovat i s nápravami neřiditelnými, v našem případě však budeme řešit variantu se všemi řiditelnými nápravami. Spojení mezi tahačem a návěsem je umožněno klasicky pomocí královského čepu, který je součástí točnicové jednotky, jež dále obsahuje tzv. otočnou desku (talíř) a řídicí klín. Tato jednotka je následně spojena dvěma možnými způsoby se dvěma paralelně uloženými přímočarými hydromotory (dále jen „PHM“), které ovládá. V okamžiku, kdy dochází např. k průjezdu zatáčkou, následuje díky pevnému spojení řídicího klínu a točnice tahače k otáčení otočné desky, která následně ovládá dvojici PHM. Zmíněná dvojice PHM je spojena uzavřeným hydraulickým okruhem s další dvojicí PHM, které jsou připojeny v zadní části k rámu podvozku a současně k otočnému nápravovému rámu poslední řízené nápravy, kterou tyto PHM ovládají, přičemž její natočení je možné až do 45°. K přenosu pohybu z otočného rámu poslední nápravy na ostatní řízené nápravy dochází díky vzájemnému spojení jednotlivých řízených náprav pomocí řídicích tyčí. Popsaný princip činnosti je zřetelně vyobrazen na obrázku 5.5. Hydraulické řízení lze dále doplnit o ruční

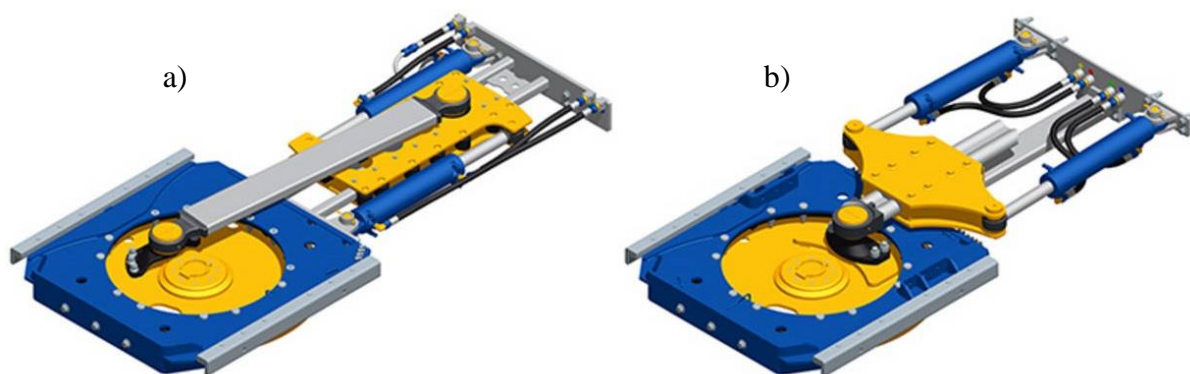
ovládání Tritronic pomocí ovladače, čímž se docílí řízení nezávislého na pohybu tahače. [36]



Obr. 5.5 Princip činnosti fungování hydraulického nuceného řízení Tridec, typ HS [36]

5.4.2 Hlavní části hydraulického řízení Tridec HS

Nejpodstatnější částí mechanismu řízení je zmíněná točnicová jednotka obsahující jednak královský čep, dále otočnou desku a řídicí klín. Na tuto sestavu navazuje dvojice PHM, která tvoří počátek zmiňovaného uzavřeného hydraulického okruhu. Součástí této jednotky jsou montážní profily, které jsou přivařeny k podvozku návěsu, čímž se podílí na jeho nosné konstrukci. Tato jednotka je dodávána se zatížením točnice tahače 15000, 18000, 24000, 30000 a 45000 kg. U verze 30000 a 45000 kg je jednotka přímo namontována do podvozku bez použití montážních profilů. Standardně je jednotka vybavena 2'' královským čepem Jost. U verzí 24000 kg a více je použit královský čep s rozměrem 3,5''. Na obrázku 5.6 je znázorněno dvojí řešení točnicové jednotky, konkrétně lineární (Obr. 5.6 a) a progresivní (Obr. 5.6 b). Progresivní řešení je dále dodáváno i ve zkrácené verzi. [36]



Obr. 5.6 Možná provedení točnicové jednotky – a) lineární, b) progresivní [36]

Druhou podstatnou částí řízení je otočný nápravový rám (Obr 5.7), který je vhodný pro použití širokého spektra pneumatik a náprav se vzduchovým odpružením. Na otočný rám je k jeho spodní části připevněno odpružení. Dvojice vzduchových vaků je přišroubována, závěsná ramena jsou nejčastěji přivařena, lze je však i přišroubovat při použití speciálních závěsných desek. K horní části rámu, jehož standartní výška je 140 mm, je přišroubována točnice firmy Jost výšky 90 mm a průměru 1100 nebo 1200 mm. Horní část točnice je přišroubována ke dvěma příčným nosníkům, které jsou opatřeny otvory pro průchod řídicích tyčí a hydraulického vedení a jsou součástí setu celého řízení od firmy Tridec. Příčné nosníky jsou dále přivařeny k podélným nosníkům rámu podvozku a tvoří tak nosnou konstrukci rámu podvozku stroje. K otočnému rámu je dále přišroubován nosník, ke kterému jsou přes kulové klouby připojeny řídicí tyče či PHM na poslední nápravě. Lze volit mezi několika vzdálenostmi mezi středy závěsných ramen náprav, konkrétně 980, 1100, 1200 a 1300 mm. Řídicí tyče jsou pozinkovány, ostatní části jsou ošetřeny metodou KTL (kataforézní lakování). Pro snadné mazání všech pohyblivých součástí jsou mazací hlavice centralizovány do jednoho dobře přístupného místa na otočném rámu. Otočné rámy lze doplnit o podpory nesoucí lapače nečistot. [36]



Obr. 5.7 Otočný nápravový rám [36]



Obr. 5.8 Ovladač ručního řízení Tritronic [36]

Poslední důležitou částí je možnost ručního ovládání Tritronic pomocí dálkového ovladače (Obr. 5.8). Dálkový ovladač je bezdrátový s přenosem signálu pomocí Bluetooth. Lze však použít i kabel, v tom okamžiku je však funkce Bluetooth deaktivována. Dálkové ovladače jsou dodávány dva, jeden pro použití v kabině tahače a druhý pro použití na návěsu. Součástí setu ručního ovládání dále je: řídicí jednotka, napájecí zdroj, Tritronic počítač, hlavní vypínač, úhlové senzory na točnici a na zadní dvojici PHM, senzory pro řízení výšky a kabeláž. Možnost dálkového ovládání s sebou přináší i některé další doplňkové funkce: automatické nastavení jízdní výšky, zvedání nápravy, vyrovnání náprav v podélném směru nebo zvedání návěsové podpěry atp. [36]

5.4.3 Konkrétní volba systému řízení

Jak již bylo zmíněno v předchozích podkapitolách, systém hydraulického řízení



náprav se částečně podílí na nosné konstrukci podvozku návěsu. S ohledem na nutnost znalosti zejména rozměrových parametrů některých důležitých součástí systému, které jsou potřebné k provedení pevnostní analýzy (zejména příčné nosníky otočných nápravových rámců), byla započata spolupráce s firmou Tridec. Na základě komunikace s pracovníkem zmíněné firmy byl vyplněn formulář (příloha 6), který obsahuje veškeré důležité parametry. Tyto parametry byly důležité pro vytvoření konkrétní podoby systému řízení pro navrhovaný nosič nástaveb, která je uvedena v příloze PS-003-742-V0. Spolu s finální podobou systému řízení byl dodán i náčrt s poloměry otáčení soupravy tahače s podvozkem (příloha 7). Později byly provedeny drobné rozměrové úpravy, které však neměly vliv na obdrženou konkrétní podobu systému řízení. Vzhledem k maximálnímu zatížení točnice agrotahače Phoenix 16500 kg bylo zvoleno lineární řešení točnicové jednotky s povoleným zatížením maximálně 15000 kg. Technická hmotnost stroje je dle zadání 38000 kg, na základě čehož byl zvolen rozvor jednotlivých náprav 1800 mm, což dle [4] odpovídá zatížení jednotlivých náprav 9000 kg. Zbylé zatížení je přenášeno přes návěsový čep na tahač a jeho hodnota je 11000 kg. Stanovení polohy návěsového čepu bylo provedeno jednoduchou momentovou rovnováhou sil, přičemž poloha těžiště celého návěsu včetně nástavby v tu chvíli byla určena odhadem, na základě dostupných informací o obdobných řešeních sedlových návěsů, které se již vyrábějí. Určení polohy návěsového čepu bylo nutné stanovit kvůli nutnosti vyplnění zmíněného formuláře pro firmu Tridec a následně byla vytvořena konkrétní podoba podvozku nosiče nástaveb. Po provedení samotné podoby konstrukce nosiče a na základě informací ze souběžně tvořené diplomové práce panem Martinem Tůmou, týkající se velkoobjemové nástavby [2], byla tato hodnota přepočítána a její výsledek se lišil pouze nepatrně. Byla zde ponechána původní hodnota, což vnáší do následného řešení pevnostního výpočtu jistou odchylku, avšak nutno podotknout, že i upravená poloha těžiště by byla rovněž nepřesná a je doporučeno, aby bylo těžiště celého stroje získáno v okamžiku, kdy jsou známy veškeré, zejména hmotnostní, parametry všech komponent stroje.

5.5 Pneumatiky

Dle zadání jsou voleny pneumatiky o rozměru 600/50 R22,5. Konkrétní volbu pneumatik dále určuje i konstrukční rychlost stroje, která stanovena zadáním práce na hodnotu $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato hodnota je totiž důležitá pro správné zvolení rychlostního a hmotnostního indexu dané pneumatiky. Dále je třeba konstatovat, že nosnost pneumatiky je závislá na provozní rychlosti a tlaku, kterým je pneumatika naplněna. Se vzrůstajícím plnicím tlakem pneumatiky nosnost stoupá a naopak se vzrůstající provozní rychlostí hodnota únosnosti klesá. Konkrétní hodnoty nosnosti jedné zvolené pneumatiky v závislosti na minimálním a maximálním plnicím tlaku jsou uvedeny v tabulce 5.2. V současné době se vývojem pneumatik nejen pro zemědělské potřeby zabývá několik renomovaných výrobců, jejichž produkty jsou shrnuty v tabulce 5.3 a zobrazeny na obrázku 5.9. Pro pneumatiky o

šířce 600 mm jsou doporučovány disky šířky 20''.

Výhradním dodavatelem pneumatik společnosti ZDT Nové Veselí jsou firmy Trelleborg a hlavně Mitas. V nabídce firmy Mitas se dlouhodobě v požadovaném rozměru objevovala pouze pneumatika s typovým označením TR-08 a diagonální konstrukcí použitelná do rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (rychlostní index A8). Nově však byla o požadovaný rozměr rozšířena modelová řada Agriterra 02, viz tabulka 5.3. [24]

- Vysvětlení označování na příkladu pneumatiky rozměru 600/50 R22,5 159D TL [25]:
 - 600: šířka pneumatiky v mm,
 - 50: profilové číslo: hodnota v % šířky pneumatiky,
 - R: radiální konstrukce pneumatiky,
 - 22,5: průměr ráfku v palcích,
 - 159: hmotnostní index (4380 kg při $65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),
 - D: rychlostní index ($65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),
 - TL: bezdušová konstrukce pneumatiky.

Tab. 5.2 Hodnoty únosnosti pneumatiky Michelin CARGOXBIB 600/50 R22,5 159D TL v závislosti na provozní rychlosti a minimálním a maximálním plnicím tlaku [23]

Rychlost	Únosnost	Plnicí tlak
$65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	1950 kg	1 bar
	4380 kg	4 bary
$50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	2340 kg	1 bar
	5290 kg	4 bary
$40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	2640 kg	1 bar
	5950 kg	4 bary
$25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	3020 kg	1 bar
	6910 kg	4 bary
$10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	3570 kg	1 bar
	7880 kg	4 bary

Tab. 5.3 Nabízené produkty předních výrobců pneumatik [26]

Výrobce	Typ	Označení	Obrázek
Michelin	CARGOXBIB	600/50 R22,5 159D TL	Obr. 5.9 a)
Alliance	A 390	600/50 R22,5 159E TL ¹⁾	Obr. 5.9 b)
BKT	FL 630	600/50 R22,5 159D TL	Obr. 5.9 c)
Trelleborg	TWIN RADIAL	600/50 R22,5 159D TL	Obr. 5.9 d)
Nokian	COUNTRY KING	600/50 R22,5 159D TL	Ob r. 5.9 e)
Mitas	AGRITERRA 02	600/50 R22,5 163D TL ²⁾	Obr. 5.9 f)

Pozn.: ¹⁾ Rychlostní index „E“ povolující rychlost až $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

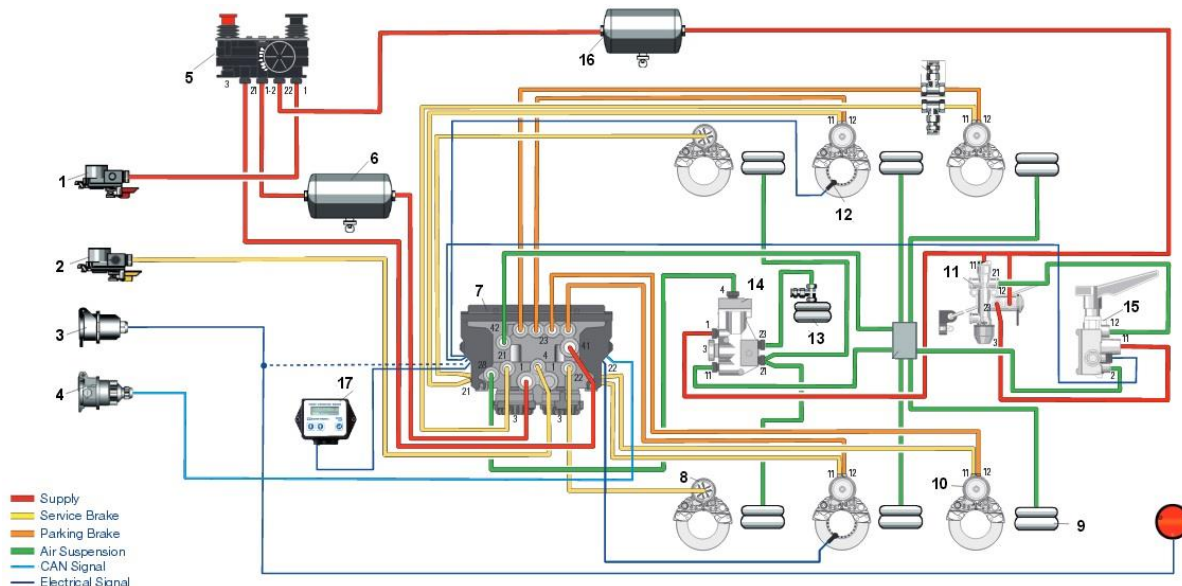
²⁾ Hmotnostní index „163“ povolující zatížení 4875 kg při rychlosti $65 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$



Obr. 5.9 Ukázka dezénů uvedených pneumatik v tabulce 5.3 [26]

5.6 Brzdová soustava

Brzdová soustava je další z neméně důležitých částí dobře fungujícího stroje. V současné době se u přípojných vozidel setkáváme nejčastěji s brzdami ovládanými vzduchovým, ojediněle i hydraulickým médiem. Dále se brzdy člení na bubnové a kotoučové. Vzhledem k požadavku zadání na vzduchové jednookruhové brzdy a na volbu náprav s bubnovými brzdami v kapitole 5.2 se budeme zaměřovat na brzdy bubnové se vzduchovým ovládním. Dle [4] musí být vozidla kategorie R s nejvyšší technicky přípustnou hmotností převyšující 6000 kg vybavena vzduchovou dvouhadicovou brzdovou soustavou a dále musí splňovat podmínky stanovené technickým předpisem EHK č. 13 [7], který shromažďuje ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska brzdění. Dvouhadicový brzdový systém pracuje tak, že plnicí větví (červená, viz obr 5.10) je stále dodáván a udržován tlak ve vzduchojemu. Řídící větev (žlutá, viz obr 5.10) ovládá samotné brzdy a je v ní tlak pouze v okamžiku, ve kterém dochází k brzdění. Díky tomuto uspořádání je odstraněna nevýhoda brzd jednohadicových, u kterých by při dlouhodobějším brzdění mohlo dojít k výraznému poklesu tlaku ve vzduchojemu a tím i ke snížení účinnosti brzd samotných. V současnosti jsou nejen sedlové návěsy doplňovány o moderní bezpečnostní systémy, jako je protiblokovací brzdový systém ABS (anti-lock braking systém), častěji však elektronicky řízený brzdový systém EBS (electronic braking system) a poté hovoříme o TEBS (electronic braking system for trailers). Zásadním rozdílem je elektronické ovládní brzd, čímž je docíleno rychlejšího nástupu brzdného účinku, zkrácení brzdné dráhy a zvýšení jízdní stability soupravy. Předními výrobci a dodavateli komponent pro brzdové soustavy jsou firmy Wabco, Haldex nebo Knorr-Bremse, která je v současnosti dodavatelem firmy ZDT Nové Veselí. Jedna z možných podob vzduchového obvodu brzdové soustavy, která zahrnuje i vzduchové odpružení, je znázorněna na obrázku 5.10. Jedná se o soustavu 2S/2M, což představuje řešení se dvěma snímači otáček a jedním EBS modulem. [31]



Obr. 5.10 Brzdová soustava Knorr Bremse TEBS G2 2S/2M [31]

- Vysvětlení jednotlivých pozic na obrázku 5.10 dle [31]:

- 1) plnicí vedení,
- 2) řídicí brzdové vedení,
- 3) napájecí konektor ISO 1185,
- 4) napájení EBS pomocí konektoru ISO 7638,
- 5) odbrzd'ovací ventil,
- 6) vzduchojem soustavy provozní brzdy,
- 7) TEBS G2 modul,
- 8) brzdový válec,
- 9) vak vzduchového odpružení,
- 10) pružinový brzdový válec,
- 11) vyrovnávací ventil,
- 12) senzor otáček,
- 13) vak zvedací nápravy,
- 14) ventil zvedací nápravy,
- 15) ventil zvedání/ spouštění,
- 16) vzduchojem systému vzduchového odpružení,
- 17) informační modul.

5.7 Ostatní prvky, které jsou součástí podvozku nosiče

V této kapitole budou rozebrány některé vedlejší prvky, které jsou taktéž součástí podvozku nosiče, avšak bez jejich užití by nebylo možné stroj bezproblémově provozovat. Mezi tyto prvky řadíme zejména návěsovou podpěru, ochranné zařízení proti podjetí, systém připevnění nástavby k nosiči a dále pak např. zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci,

rezervní kolo, zakládací klíny, registrační tabulku, povinné štítky, reflexní prvky atp.

5.7.1 Návěsová podpěra

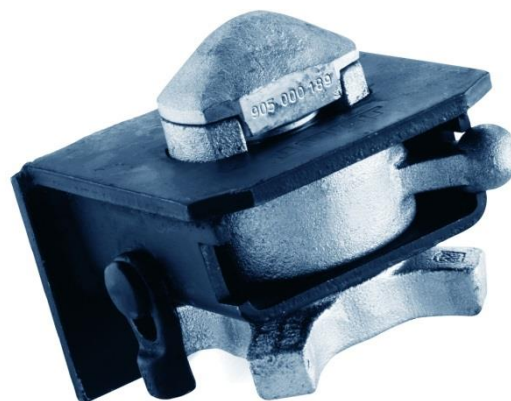
Návěsová podpěra je zařízení důležité pro snadné a bezpečné odstavení návěsu, na kterém spočívá v okamžiku, kdy je návěs odstaven a nepoužívá se. V okamžiku, kdy je návěs připojen k tahači, následuje zdvih odstavného zařízení do přepravní polohy. Ovládání může být elektrické nebo nejčastěji mechanické s ručním ovládním pomocí kliky. Výrobci těchto zařízení jsou již zmíněné firmy Jost nebo např. SAF. Pro naše účely byla zvolena návěsová podpěra Jost Modul B (Obr. 5.11)., výška $M = 900 \text{ mm}$, vysunutí $M = 560 \text{ mm}$, s dvojitou připojovací deskou opatřenou deseti otvory, s ovládním klikou (pravé, $A = 415 \text{ mm}$), bez spojovací tyče, typ nohy: S foot. Detailní informace a vysvětlení k uvedeným rozměrům a pojmům je znázorněno v dokumentaci [18].

5.7.2 Systém připevnění nástavby k nosiči

Pro snadné a rychlé upevnění nástavby k nosiči byl zvolen systém Twist lock, který je dobře známý z přepravy tzv. ISO kontejnerů. Jedná se o mechanismus, který je přivařen na příčných nosících nosiče nástaveb, přičemž nástavba je opatřena protikusy. Následným dotažením pojistné matice a jejím zajištěním vzniká pevné spojení mezi nosičem a nástavbou. Opět byla zvolena firma Jost a Twist lock typu R 402 F-R (Obr. 5.12). [20]



Obr. 5.11 Odstavný systém Jost Modul B [19]



Obr. 5.12 Systém Twist lock Jost [20]

5.7.3 Ochranné zařízení proti podjetí

Vozidla kategorie R s nejvyšší technicky přípustnou hmotností převyšující 3500 kg musí být dle [4] vzadu vybaveny ochranným zařízením proti podjetí (Obr. 5.1, pozice 14) vozidlem kategorie M1 a N1, čímž aktivně zvyšuje bezpečnost posádek vozidel těchto vozidel. Vozidla kategorií R3 a R4 a jejich zadní ochranné zařízení musí dále splňovat podmínky, které jsou stanoveny technickým předpisem EHK č. 58 [8] a musí být podle něj schváleny. [15]

6 Rozbor sil působících na návěs

Aby bylo docíleno co nejpřesnějších výsledků, které by vedly ke správné a spolehlivé funkci stroje, je třeba nasimulovat takové okrajové podmínky, které by se nejvíce blížily reálnému provozu stroje. Na základě zmíněných okrajových podmínek se určí silové účinky, díky nimž je možné provést napěťovou a deformační analýzu v jednotlivých zátěžných stavech, mezi které řadíme:

- statickou polohu a přímou jízdu bez zrychlení,
- brzdění,
- akceleraci,
- průjezd zatáčkou,
- odstavený návěs.

6.1 Statická poloha a přímá jízda vpřed

Během stání nebo přímé jízdy vpřed se během tohoto zatěžujícího stavu neobjevují žádné příčné nebo podélné zrychlení. Vozidlo je zatíženo pouze účinky svisle dolů působícího tíhového zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Žádné další účinky zde nejsou vyvolány, protože např. rázové síly vzniklé přejezdem po nerovné podložce jsou pohlcovány odpružením náprav a částečně pružícími vlastnostmi pneumatik. Velikost tíhové síly je dána vztahem:

$$F_g = m \cdot g \quad [\text{N}] \quad (1)$$

kde:

m [kg] celková hmotnost nosiče,

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

6.2 Brzdění

V okamžiku, kdy je třeba snížit rychlost pohybu nebo docílit úplného zastavení vozidla, začíná na vozidlo působit podélné brzdné zpomalení $a_b = \mu \cdot g$, které působí proti směru pohybujícího se vozidla. Na pohybující se vozidlo dále působí tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a velikost tíhové síly F_g je dána vztahem (1). Mezi pneumatikou a povrchem vozovky vzniká díky součiniteli adheze μ třecí síla. Velikost součinitele adheze μ mezi suchým povrchem vozovky a pneumatikou je dle [1] maximálně 0,8. Velikost brzdné síly F_b je následně dána vztahem:

$$F_b = m \cdot a_b \quad [\text{N}] \quad (2)$$

$$F_b = m \cdot \mu \cdot g \quad [\text{N}] \quad (3)$$

kde:

m [kg] celková hmotnost vozidla,

a_b [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] brzdné zpomalení,



$\mu [-]$ součinitel adheze,
 $g [m \cdot s^{-2}]$ tíhové zrychlení.

V současné době jsou brzdové systémy moderních přípojných vozidel vybavovány systémy zamezující blokaci kol (ABS, EBS). Z toho důvodu je třeba uvažovat součinitel adheze vyšší, v našem případě pak bylo zvoleno brzdné zrychlení $a_b = 1 \cdot g$. [1]

6.3 Akcelerace

Při zrychlujícím se pohybu působí na vozidlo dopředné zrychlení a_a , které působí v podélně ve směru pohybuujícího se vozidla. Na pohybuující se vozidlo dále působí tíhové zrychlení $g = 9,81 m \cdot s^{-2}$ a velikost tíhové síly F_g je určena vztahem (1). Zrychlení a_a vyvolává zrychlující dopřednou sílu F_a , která je dána vztahem:

$$F_a = m \cdot a_a \quad [\text{N}] \quad (4)$$

kde:

$m [kg]$ celková hmotnost vozidla,
 $a_a [m \cdot s^{-2}]$ dopředné zrychlení.

Rozjezd moderních užitkových silničních vozidel a jejich souprav je v počáteční fázi prováděn se zrychlením do cca $2,5 m \cdot s^{-2}$. Z důvodu dosažení spolehlivé funkce volíme dopředné zrychlení cca $a_a = 5 m \cdot s^{-2}$, což odpovídá přibližně hodnotě $a_a = 0,5 \cdot g$. [1]

6.4 Průjezd zatáčkou

Při průjezdu zatáčkou nebo při úhybném manévru působí na stroj jednak tíhové zrychlení $g = 9,81 m \cdot s^{-2}$ a jednak dostředivé (příčné) zrychlení a_d vyvolávající tíhovou sílu F_g určenou vztahem (1), respektive odstředivou sílu F_o , která je dána vztahem:

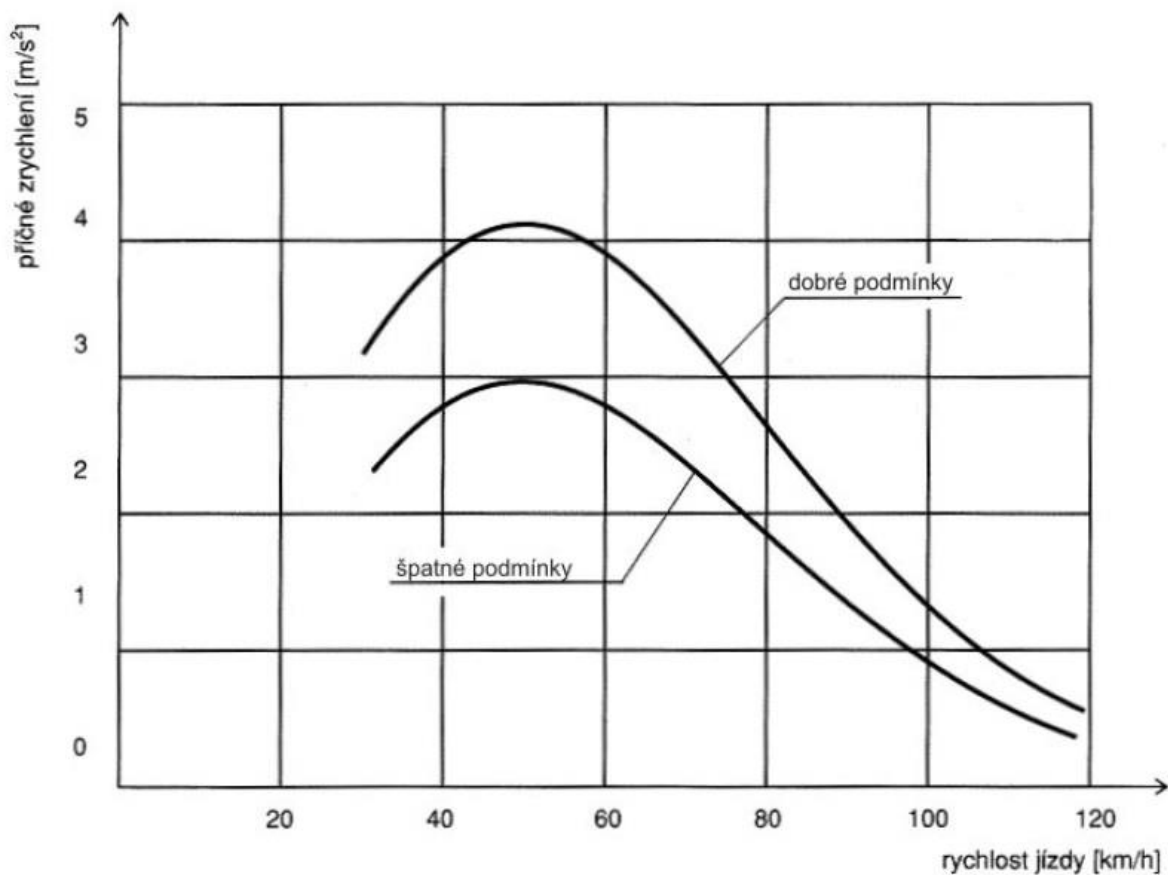
$$F_o = m \cdot a_d = \frac{v^2}{R} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

kde:

$m [kg]$ celková hmotnost vozidla,
 $a_d [m \cdot s^{-2}]$ dostředivé zrychlení,
 $v [m \cdot s^{-1}]$ rychlost pohybu vozidla,
 $R [m]$ poloměr zatáčky.

Pro rozbor silového působení v příčném směru je třeba vycházet z měření provedených vzhledem ke způsobu jízdy v praktickém provozu. Křivka zjištěné závislosti příčného zrychlení v závislosti na rychlosti pohybu vozidla je znázorněna na obrázku 6.1. Maximum této křivky představuje hodnotu příčného dostředivého zrychlení $a_d = 4,1 m \cdot s^{-2}$.

Pro pevnostní analýzu bylo zvoleno příčné dostředivé zrychlení $a_a = 0,5 \cdot g$, které tak poskytuje dostatečnou rezervu v porovnání se zrychleními, kterých je dosahováno v reálném provozu. [1]



Obr. 6.1V provozu dosahovaná příčná zrychlení [1]

6.5 Odstavený návěs

Posledním uvažovaným stavem je plně naložený a odstavený návěs, který část hmotnosti přenáší na návěsovou podpěru. Na nosič nástaveb působí pouze tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, přičemž velikost tíhové síly F_g je dána vztahem (1).

7 Výpočet mezních stavů únosnosti

• Ocel S355J0 (11 523):

Výpočet mezních stavů únosnosti dle ČSN 73 1401 [3]:

- Dolní mez kluzu	$R_e = 355 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_M = 1,15$
- Dynamický součinitel	$k_D = 1,25$
- Hodnota návrhové pevnosti z meze kluzu	f_{yd}
- Dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel	f_d

Hodnota návrhové pevnosti:
$$f_{yd} = \frac{R_e}{\gamma_M} = \frac{355}{1,15} = 308,7 \text{ MPa} \quad (6)$$

Dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:
$$f_d = \frac{f_{yd}}{k_d} = \frac{308,7}{1,25} = 247 \text{ MPa} \quad (7)$$

Hodnota dovoleného napětí se zahrnutím dynamického součinitele f_d pro ocel S355J0 byla zvolena jako porovnávací napětí s výsledky pevnostní analýzy. Veškeré pevnostní součásti, jako jsou hlavní podélné nebo příčné nosníky, jsou vyrobeny právě z tohoto materiálu. Materiál S235JR je použit u vedlejších pomocných prvků, např. u ok pro manipulaci s podvozkem, držáků vzpěr a vzpěr odstavného systému nebo držáků zadního osvětlení atp. Tyto zmíněné prvky nejsou součástí výpočtovému modelu, proto bude veškerá pozornost směřována k již zmíněné oceli S355J0. Pro názornost jsou však níže uvedeny hodnoty napětí i pro materiál S235JR.

• Ocel S235JR (11 373):

Výpočet mezních stavů únosnosti dle ČSN 73 1401 [3]:

- Dolní mez kluzu	$R_e = 235 \text{ MPa}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_M = 1,15$
- Dynamický součinitel	$k_D = 1,25$
- Hodnota návrhové pevnosti z meze kluzu	f_{yd}
- Dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel	f_d

Hodnota návrhové pevnosti:
$$f_{yd} = \frac{R_e}{\gamma_M} = \frac{235}{1,15} = 204,3 \text{ MPa} \quad (8)$$

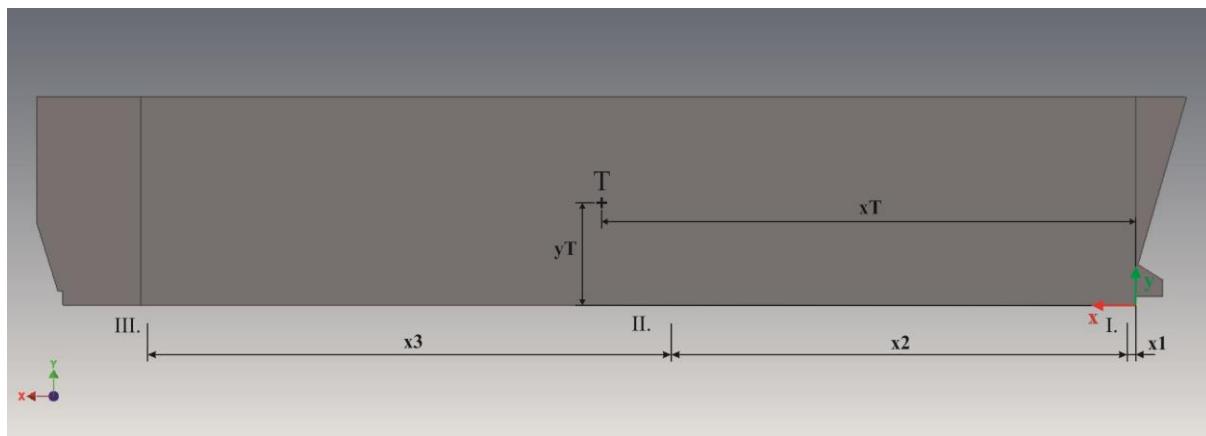
Dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel:
$$f_d = \frac{f_{yd}}{k_d} = \frac{204,3}{1,05} = 163,5 \text{ MPa} \quad (9)$$

8 Pevnostní výpočet navržené konstrukce nosiče

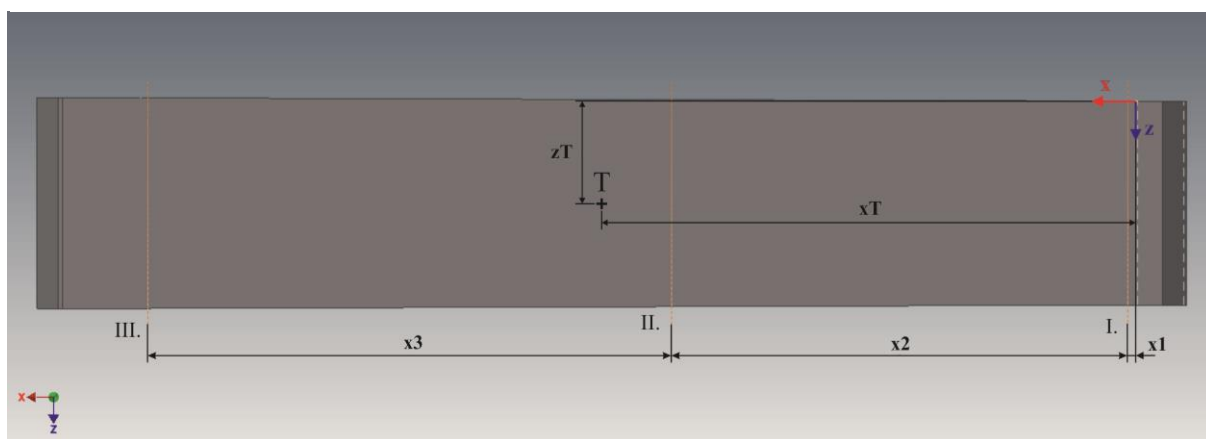
Pro potřeby pevnostního výpočtu navrhovaného nosiče výměnných nástaveb byla použita lineární metoda konečných prvků (dále jen „MKP“), která byla provedena na základě vytvořeného výpočtového modelu v prostředí software NX-Ideas 6.1. Vzhledem k tomu, že je rám stroje tvořen z běžných hutnických polotovarů, byl pro samotnou tvorbu výpočtového modelu zvolen střednicový skořepinový model, který zajistí úsporu času v průběhu samotného řešení a výpočtu oproti objemovému modelu.

8.1 Určení polohy těžiště vůči podvozku

Aby bylo možné provést pevnostní výpočet pomocí MKP, je třeba zajistit přesnou polohu těžiště nástavby včetně nákladu vůči samotnému podvozku. Pro tyto účely bylo vytvořeno těleso, jehož rozměrové parametry odpovídají velkoobjemové nástavbě, která je navrhována v souběžně tvořené diplomové práci panem Martinem Tůmou [2], přičemž je uvažován plně zaplněný ložný objem bez tzv. čepice, která by ještě nepatrně zvýšila hodnotu polohy těžiště v ose y . Samotná poloha těžiště byla určena v rozhraní Autodesk Inventor Professional 2015 (Obr. 8.1 – 8.3).



Obr. 8.1 Pohled na model nástavby z boku v rovině X-Y



Obr. 8.2 Pohled na model nástavby zespod v rovině X-Z

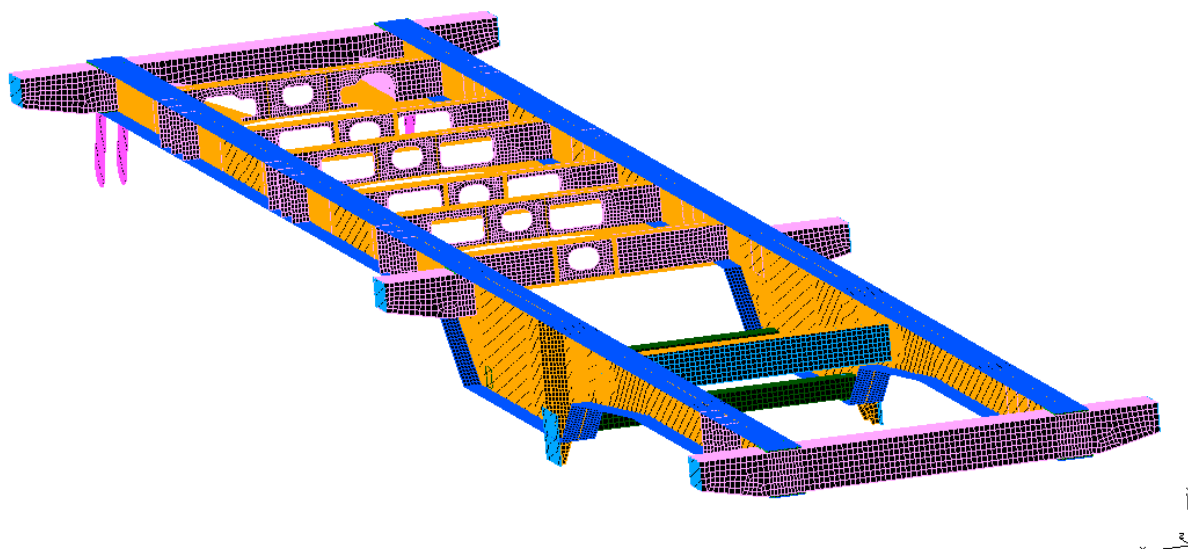
Osami I., II. a III. je znázorněno uložení nástavby vůči podvozku. Jejich poloha je dána vzdálenostmi x_1 , x_2 a x_3 (90 mm, 5130 mm, 5891 mm) od počátku souřadného systému. Poloha hledaného těžiště, které leží v bodě „T“, je dána vzdálenostmi x_T , y_T a z_T od počátku souřadného systému (Obr. 8.3). Z obrázku 8.2 je zřejmé, že nástavba má kónický tvar. V oblasti uložení v přední části (osa I.) má nástavba šířku 2290 mm, přičemž je zde uvažován počátek souřadného systému a v oblasti zadní části nástavby (osa III.) je pak tato šířka 2369 mm. Nástavba na podvozek dosedá na několika místech. Jednak je to na každé straně hlavních příčných nosníků, kde se nachází systém Twist lock, který zabezpečuje pevné a bezpečné spojení mezi nástavbou a podvozkem. Dále nástavba dosedá na podvozek přes čtyři místa na každém z hlavních podélných nosníků. Z toho důvodu jsou ke spodní části nástavby navařeny plechy o výšce 9 mm, přes které nástavba dosedá na podvozek. Samotná poloha těžiště y_T je pak o zmíněných 9 mm navýšena.

Těžiště	
X	6054,937 mm (Rela)
Y	1181,424 mm (Rela)
Z	1145,000 mm (Rela)

Obr. 8.3 Souřadnice těžiště

8.2 Popis tvorby MKP modelu

Střednicový skořepinový model je tvořen plochami, které nahrazují střednice jednotlivých průřezů. Tento model byl vytvořen rozřezáním prvotně vytvořeného modelu, aby při následném síťování nedošlo ke ztrátě spojitosti jednotlivých ploch. Vzhledem k tomu, že se jedná o těleso, které je symetrické podle podélné osy, byl model vytvořen pouze z jedné poloviny. Dále bylo třeba vybrat pouze ty plochy, které byly potřebné pro tvorbu skořepinového modelu. Následně byl vytvořen střednicový skořepinový model tvořený čtyřuzlovými prvky Thin shell, jejichž tloušťka nahrazuje skutečnou tloušťku jednotlivých ploch (Tab. 8.1). Finální podoba skořepinového modelu (Obr. 8.4) byla vytvořena ozrcadlením poloviny původně vytvořeného modelu. Některé zaoblené plochy byly z důvodu zjednodušení řešení zanedbány. Většina ploch byla pokryta mapovanou sítí, u tvarově složitějších ploch bylo použito volné síťování. Velikost jednotlivých prvků byla volena na základě velikosti síťované plochy. Nahrazení uložení nástavby, návěšové podpěry, otočného nápravového rámu, odpružení a systému připojení nosiče nástaveb k tahači je popsáno níže.



Obr. 8.4 Nasíťovaný výpočtový model bez vazeb a náhrad mechanismů

8.2.1 Použité prvky

- **Thin shell** – jedná se o čtyřuzlový prvek plošného charakteru, který tvoří základ střednicového modelu a nahrazuje tak použité tenkostěnné profily v daném místě. Je mu přiřazována tloušťka, která odpovídá tloušťce materiálu, který má nahradit (Tab. 8.1).

- **Constraint** – jedná se o nehmotný prvek s konečnou tuhostí. Používá se například pro rozložení zatížení do několika uzlů.

- **Rigid** – je dokonale tuhý a nehmotný prvek, který lze použít pro spojení dvou a více uzlů.

- **Beam** – lineární prvek, kterému jsou definovány materiálové a průřezové charakteristiky.

- **Spring** – pružný člen, který je vložen mezi dva uzly a zadáním jeho tuhosti je nahrazena definice například tlumení pneumatik nebo pneumatických vaků odpružení.

- **Lumped mass** – prvek nahrazující hmotnost, umísťuje se do uzlu a definuje se u něho jeho hmotnost a momenty setrvačnosti.

- **Coupled DOF** – prvek, kterým se definují stupně volnosti mezi jednotlivými uzly.

Tab. 8.1 Rozlišení barev jednotlivých tlouštěk prvku Thin shell v rozhraní NX-Ideas 6.1

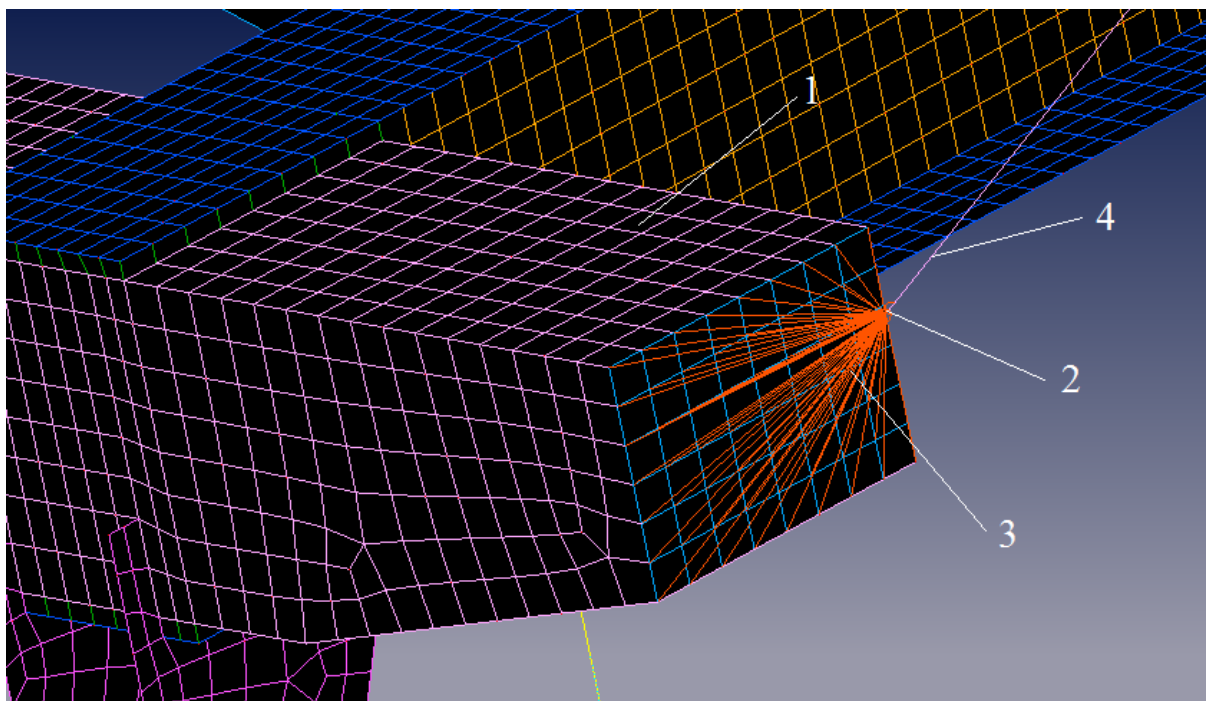
Tloušťka materiálu [mm]	Barva	Tloušťka materiálu [mm]	Barva
4	Dark green	10	Light blue
5	Dark olive	12	Light magneta
6	Pink	14	Grey blue
8	Golden orange	-	-

8.3 Nahrazení konstrukčních celků

Některé konstrukční celky nejsou předmětem zkoumání pevnostní analýzy a nejsou tím pádem ani modelovány. Je pouze provedena jejich co nejpřesnější náhrada pomocí prvků a vazeb tak, aby samotná náhrada co nejlépe připomínala reálnou funkci.

8.3.1 Nahrazení uložení nástavby

Nahrazení uložení nástavby je zobrazeno na obrázku 8.5. Konkrétně se jedná o místo, které se nachází na zadním hlavním příčniku (1) nosiče nástavby. Do místa (2), které představuje umístění spojovacího čepu systému Twist lock, je vložen uzel. Mezi uzly sítě boční plochy příčného nosníku a uzel (2) je vložen prvek constraint (3), který přenáší zatížení do zmíněné plochy. Obdobně je uzel (2) spojen prvkem rigid (4) s uzlem nacházejícím se v místě umístění prvku lumped mass, který nahrazuje hmotnost nástavby. Tímto způsobem je provedena náhrada i na zbylých příčných nosnících a na dalších čtyřech místech, přes které nástavba dosedá na každý z hlavních podélných nosníků.

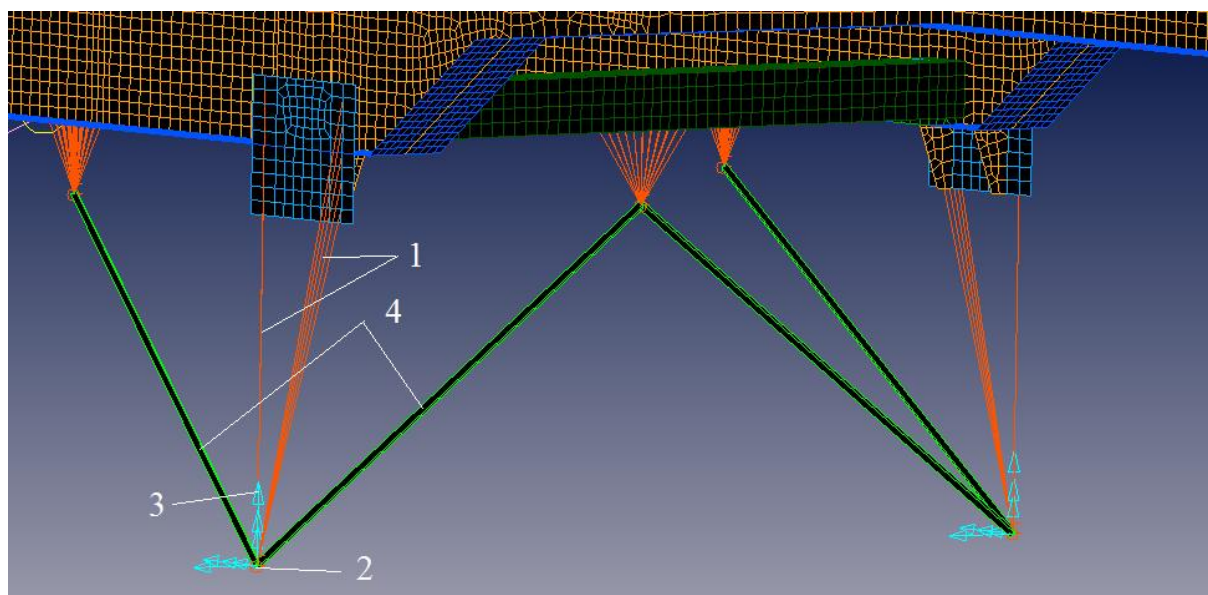


Obr. 8.5 Nahrazení uložení nástavby

8.3.2 Nahrazení návěsové podpěry

Tato náhrada je aktivní v okamžiku, kdy je návěs odstaven a je znázorněna na obrázku 8.6. Z míst, kde je odstavná noha přišroubována k podvozku, je veden prvek constraint (1) do uzlu (2), ve kterém se nachází vazba (3). Vazba (3) má zamezeny veškeré posuvy a rotace v podélném a svislém směru. Prvek rigid (4) reprezentuje vzpěry odstavného systému a

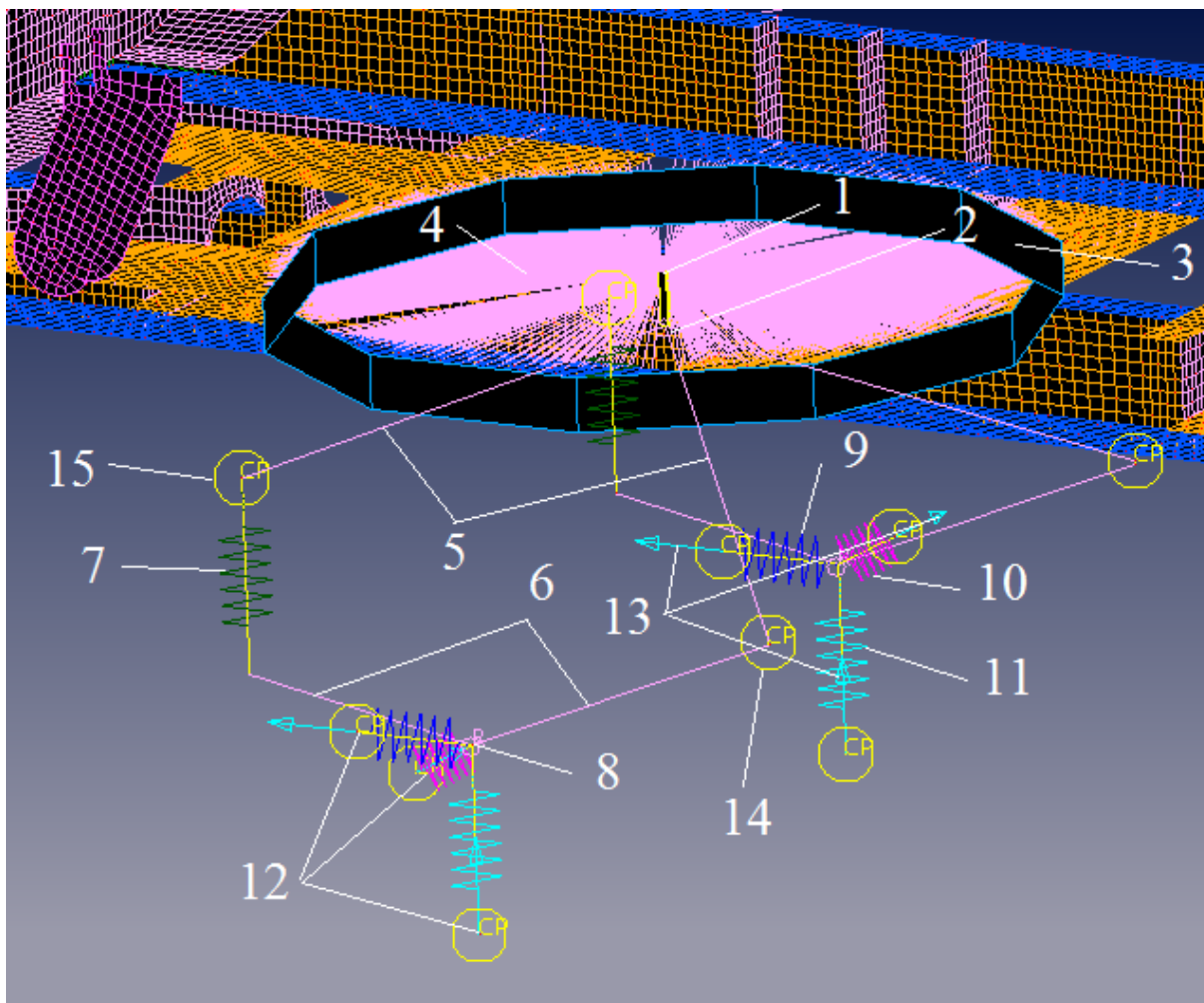
směřuje do míst, kde se nachází připojení těchto vzpěr. Samotná náhrada připojovacích míst zmíněných vzpěr byla provedena obdobně jako v případě uložení nástavby pomocí prvku constraint, viz předchozí podkapitola.



Obr. 8.6 Nahrazení náběžové podpěry

8.3.3 Nahrazení otočného nápravového rámu a odpružení náprav

Nejdůležitější a nejsložitější náhradu představuje nahrazení nápravového rámu spolu s odpružením náprav, jejíž podoba je zřejmá z obrázku 8.7. Do míst (1, 2) jsou vloženy uzly, mezi kterými je umístěn prvek beam (3), který představuje točnu otočného nápravového rámu. Zatížení od konstrukce nosiče nástavby je přenášeno pomocí vícenásobného prvku rigid (4), přičemž uzly na konstrukci nosiče představující dosedací plochu točny jsou tímto prvkem spojeny s uzlem (1). Z uzlu (2) je veden opět vícenásobný prvek rigid (5) do místa, kde se nachází čep vahadla odpružení a horního uložení vzduchového vaku. Vahadlo odpružení je opět tvořeno vícenásobným prvkem rigid (6) a vak vzduchového odpružení byl nahrazen prvkem spring (7). Na prvek (6) v místě (8), které představuje umístění nápravy, navazuje trojice prvků spring, které definují směrové (9) a boční vedení (10) a dále tuhost včetně tlumení pneumatiky (11). Zmíněným prvkům spring jsou přiřazeny prvky coupled DOF (12), které umožňují stlačení pružin ve směrech jejich působení. Dále jsou na konce těchto pružin vloženy vazby (13), které zamezují posuvu pouze ve směrech jejich působení. Vazba u pružiny reprezentující směrové vedení je aktivní pouze v okamžiku, kdy dochází k brzdění nosiče nástavby. Dále je celý mechanismus doplněn o další dvojici prvků coupled DOF (14, 15). Coupled DOF (14) umožňuje stlačení pružiny (7) a pohyb vahadla (6) v podélném směru. Druhý zmíněný coupled DOF (15) zajišťuje vzájemnou rotaci vahadla odpružení (6) a prvku (5) kolem příčné osy.



Obr. 8.7 Nahrazení otočného nápravového rámu a odpružení náprav

- Tuhost a tlumení pneumatiky:

Zjištění hodnot tuhosti k_p a tlumení pneumatiky b_p , které jsou potřeba ke zhotovení pevnostního výpočtu, je velice obtížné. Na základě konzultace s vedoucím práce byly zvoleny hodnoty tuhosti a tlumení:

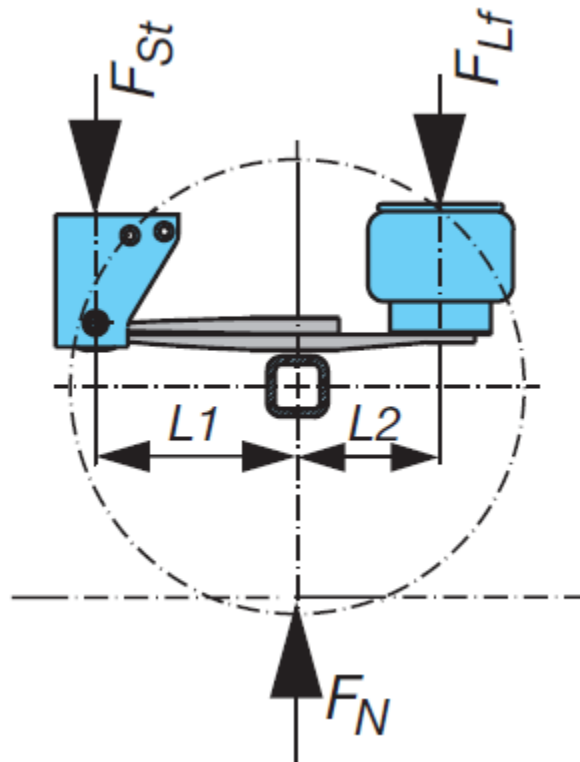
$$k_p = 2000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

$$b_p = 10 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{mm}^{-1}$$

- Tuhost pneumatického vaku

Obdobně jako u pneumatiky byl pneumatický vak nahrazen prvkem spring, kterému je třeba definovat jeho tuhost. I v tomto případě se jedná o poměrně složitý proces, protože v okamžiku, kdy je zvyšováno zatížení pneumatického vaku, dochází ke zvýšení tlaku ve vaku samotném, čímž dojde jeho navrácení do původní polohy, aby bylo docíleno konstantní výšky vozidla bez ohledu na jeho zatížení. Na základě uvedeného a nutnosti znalosti hodnoty tuhosti náhrady toho mechanismu bylo postupováno následovně: pomocí rovnice (10) bylo určeno zatížení jednoho pneumatického vaku jedné nápravy. Zbylé zatížení je přenášeno přes

čep, který umožňuje kyvný pohyb ramene odpružení. Následně byla dle [38] určena hodnota propružení pneumatického vaku. S ohledem na výše uvedené, kdy je stále řízen tlak v pneumatickém vaku z důvodu udržování konstantní výšky vozidla, je zřejmé, že hodnota tuhosti náhrady by měla být poměrně vysoká. Z toho důvodu byly na základě konzultace s vedoucím práce zvoleny 2% ze zmíněného propružení, které slouží pro výpočet potřebné tuhosti. Samotný výpočet tuhosti je určen vztahem (11)



Obr. 8.8 Rozložení hmotnosti na pneumatickém odpružení [14]

- Výpočet zatížení pneumatického vaku dle obr. 8.8:

$$F_{Lf} = F_N \cdot \frac{L1}{L1 + L2} = \frac{m_{vo}}{n_v} \cdot g \cdot \frac{L1}{L1 + L2} = \frac{13000}{2} \cdot 9,81 \cdot \frac{523,5}{523,5 + 381,5} = 36885,1 \text{ N} \quad (10)$$

kde:

F_N [N]	síla přenášená jedním pojezdovým kolem na vozovku (1/2 maximálního zatížení pneumatického odpružení),
m_{vo} [kg]	nosnost vzduchového odpružení, určeno dle kapitoly 5.3.,
n_v [-]	počet vzduchových vaků na nápravě,
g [$m \cdot s^{-2}$]	tíhové zrychlení,
$L1$ [mm]	přední délka ramene parabolického pera vzduchového odpružení, určeno dle obr. 5.4,
$L2$ [mm]	zadní délka ramene parabolického pera vzduchového odpružení, určeno dle obr. 5.4.

- Výpočet tuhosti pneumatického vaku:

$$k_v = \frac{F_{Lf}}{\Delta l} = \frac{36885,1}{0,02 \cdot 100} = 18442,6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (11)$$

kde:

F_{Lf} [N] zatížení jednoho pneumatického vaku,

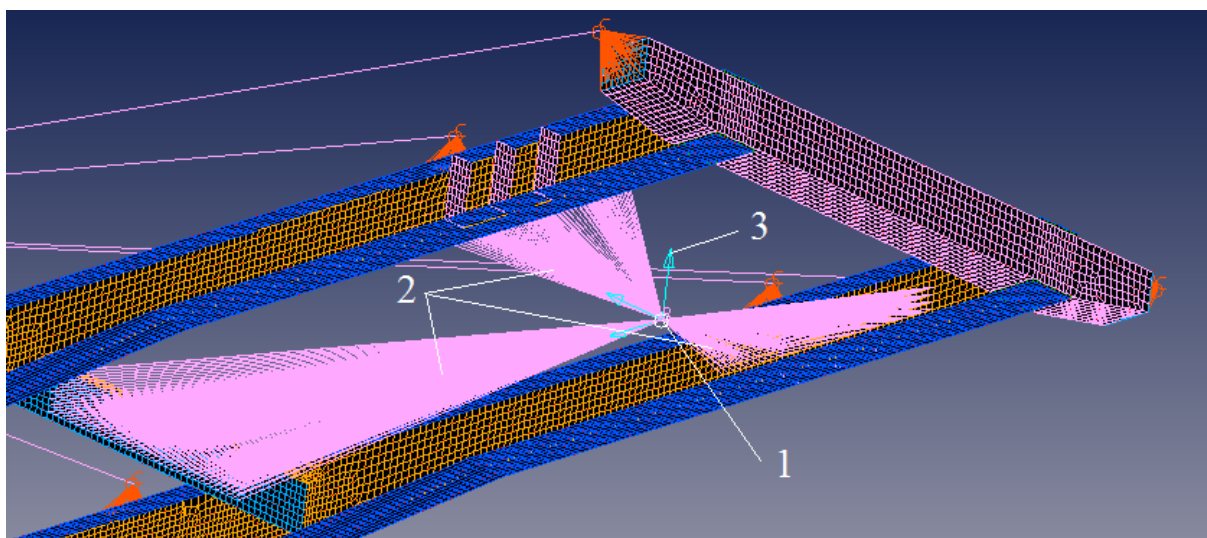
Δl [mm] 2% pro pružení stanoveného dle [38].

- Tuhost pružiny pro boční a směrové vedení

$$k_{bs} = k_p = 2000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (12)$$

8.3.4 Nahrazení připojení nosiče nástaveb k tahači

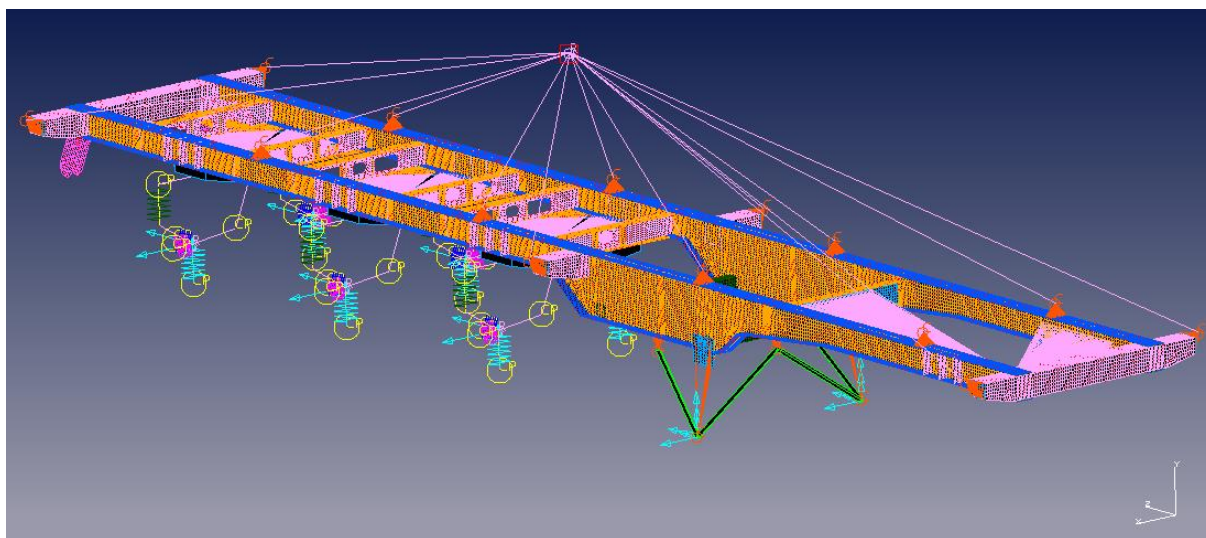
Spojení nosiče s tahačem je provedeno klasickým způsobem pomocí královského čepu a točnice, kterou je tahač vybaven. V našem případě je královský čep součástí již zmíněné točnicové jednotky, která byla popsána v kapitole 5.4.2 a její podoba je zřejmá z obrázku 5.6. Točnicová jednotka je přivařena k hlavním podélným nosníkům a dále je připevněna pomocí šroubového spoje k příčnému nosníku točnicové jednotky (Obr. 5.1, pozice 6). Vzhledem k uvedenému byla provedena následující náhrada (Obr. 8.9). V místě konce návěsového čepu je umístěn uzel (1), do kterého směřuje prvek vícenásobný rigid (2) a přenáší zatížení z míst spojení točnicové jednotky s konstrukcí nosiče nástaveb do vazby (3), která je umístěna v uzlu (1). Tato vazba má zamezeny veškeré posuvy a povoleny všechny rotace. Pouze v okamžiku, kdy je simulováno brzdění návěsu, je povolen i posuv v podélném směru. Za situace, kdy nosič spočívá na návěsové podpěře, je celá tato vazba neaktivní. Nutno také podotknout, že bylo zanedbáno zatížení od dvojice ovládacích PHM, kterými je točnicová jednotka vybavena a vnáší zatížení do příčného nosníku, ke kterému je tato jednotka přišroubována.



Obr. 8.9 Nahrazení připojení nosiče nástaveb k tahači

8.3.5 Zobrazení výpočtového modelu včetně náhrad konstrukčních celků

Na obrázku 8.10 je znázorněn výpočtový model, který je doplněn o veškeré mechanismy a prvky, které jsou potřebné k provedení pevnostního výpočtu. Je zde již obsažen prvek Lumped mass, který představuje hmotnost nástavby včetně nákladu a je vložen do jejího těžiště. Hmotnost tohoto prvku byla zvolena 34000 kg s ohledem na zadání, které definuje maximální technickou hmotnost stroje 38000 kg. Zde je však zahrnuta i hmotnost nosiče nástaveb. Jedná se o situaci, kdy je nosič nástaveb odstaven a spočívá v klidové poloze na návesové podpěře.



Obr. 8.10 Výpočtový model doplněný o veškeré prvky potřebné k provedení pevnostního výpočtu

8.4 Zatěžovací stavy - okrajové podmínky

Při určení okrajových podmínek jednotlivých zátěžných stavů vycházíme z kapitoly 6, kde byla určena jednotlivá zrychlení, která působí na nosič nástaveb při jednotlivých zatěžovacích stavech, ve kterých bude probíhat následná MKP analýza. K těmto zrychlením je dále třeba určit vazební podmínky tak, aby byla co nejpřesněji přiblížena reálná funkce stroje.

8.4.1 Statická poloha a přímá jízda vpřed

Tento základní stav není nikterak nebezpečný a na nosič nástaveb působí pouze tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Na přípojovacím zařízení je aplikována vazba, která zabraňuje veškerým posuvům a povoluje všechny rotace. Vazby, které se nachází na mechanismu nahrazujícím odpružení náprav, povolují veškeré rotace a zabraňují pohybům ve svislém a příčném směru.

8.4.2 Brzdění

V okamžiku brzdění na vozidlo působí tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a také brzdné zpomalení $a_b = 1 \cdot g$. Vazba na přípojovacím zařízení povoluje veškeré rotace a posuv v podélném směru, ostatní pohyby jsou zamezeny. Vazby na mechanismu odpružení náprav povolují všechny rotace a zamezují pohybu ve všech směrech.

8.4.3 Akcelerace

Během zrychlování působí na nosič nástaveb tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a dále dopředné zrychlení $a_a = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Vazba na přípojovacím zařízení umožňuje veškeré rotace a zabraňuje pohybům ve všech směrech. K pružinám mechanismu odpružení náprav jsou připojeny vazby, které povolují veškeré rotace a zabraňují pohybům ve svislém a příčném směru.

8.4.4 Průjezd zatáčkou

Při průjezdu stroje zatáčkou na něho působí tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a příčné dostředivé zrychlení $a_d = 0,5 \cdot g$. Vazba na přípojovacím zařízení umožňuje veškeré rotace a zabraňuje pohybům ve všech směrech. Vazby mechanismu odpružení náprav povolují veškeré rotace a zabraňují pohybům ve svislém a příčném směru.

8.4.5 Odstavený návěs

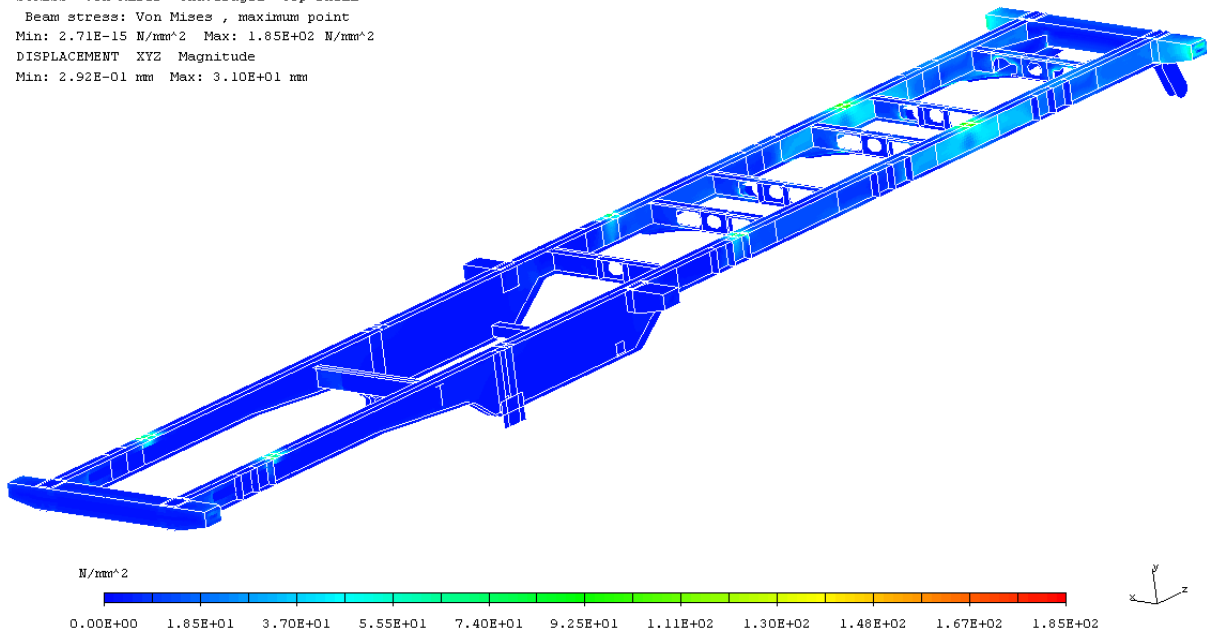
V okamžiku odstavení působí na nosič pouze tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Na odstavném systému jsou aplikovány vazby zabraňující veškerým pohybům i rotacím. Na mechanismus odpružení jsou aplikovány vazby, které povolují všechny rotace a zabraňují veškerým pohybům, protože se předpokládá, že návěs je zabrzděn.

8.5 Výsledky a popis MKP analýzy jednotlivých zatěžovacích stavů

Výsledky MKP analýzy jsou zobrazeny v deformovaném stavu s měřítkem zvětšení 3:1 a následně porovnány s hodnotou návrhové pevnosti materiálu S355J0 včetně zahrnutí dynamického součinitele f_d . Výsledná napjatost je určena pomocí redukovaného napětí dle teorie HMM, které se v prostředí software NX-Ideas nazývá Von Mises.

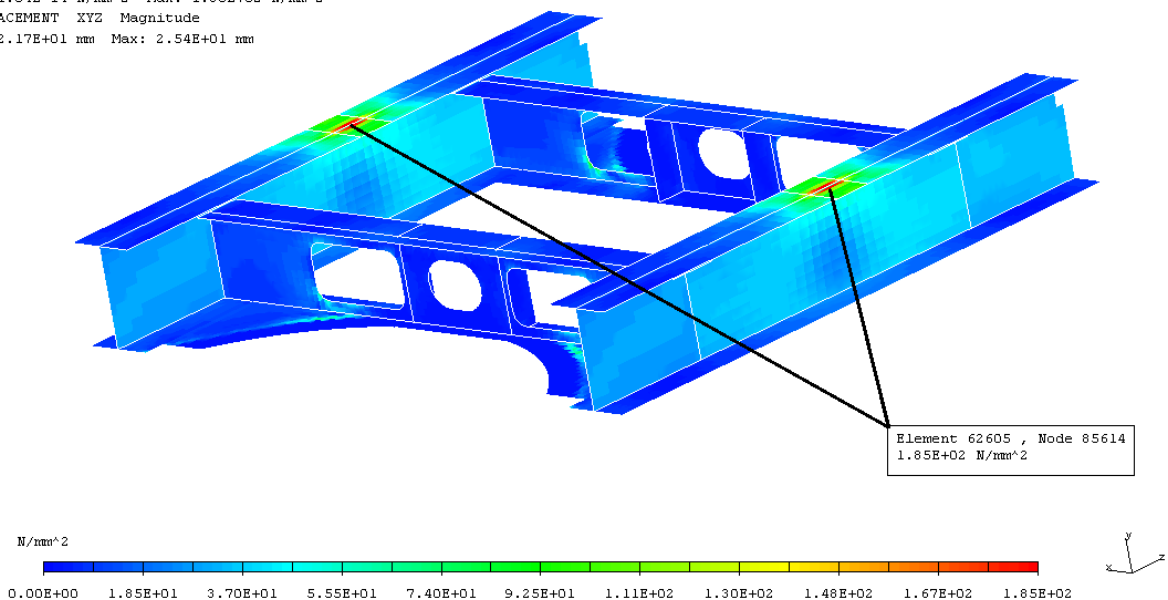
8.5.1 Statická poloha a přímá jízda vpřed

I-DEAS Visualizer
 STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
 Beam stress: Von Mises , maximum point
 Min: 2.71E-15 N/mm² Max: 1.85E+02 N/mm²
 DISPLACEMENT XYZ Magnitude
 Min: 2.92E-01 mm Max: 3.10E+01 mm



Obr. 8.11 Průběh napjatosti dle teorie HMM, statická poloha a přímá jízda vpřed, maximální napětí 185 MPa, maximální deformace 31 mm, stupnice napjatosti 0-185 MPa, faktor deformace 3

I-DEAS Visualizer
 STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
 Beam stress: Von Mises , maximum point
 Min: 1.04E-14 N/mm² Max: 1.85E+02 N/mm²
 DISPLACEMENT XYZ Magnitude
 Min: 2.17E+01 mm Max: 2.54E+01 mm



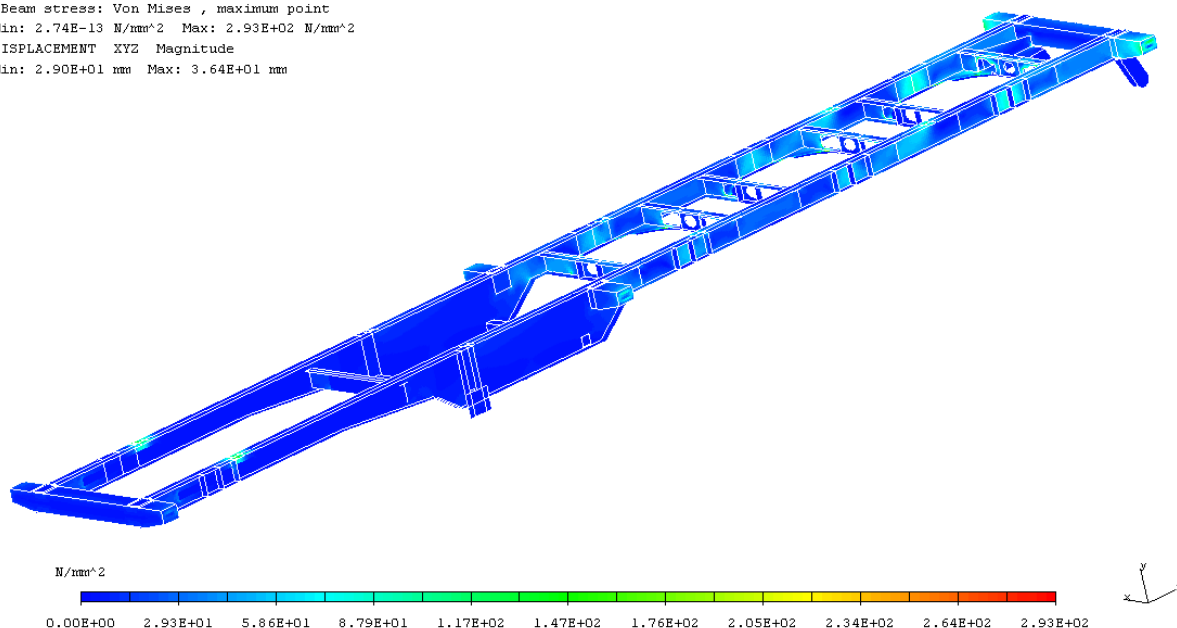
Obr. 8.12 Místo s nejvyšším napětím, statická poloha a přímá jízda vpřed, maximální napětí 185 MPa, stupnice napjatosti 0-185 MPa, faktor deformace 3

Výsledky pevnostní analýzy jsou zobrazeny na obrázku 8.11 a 8.12. Hodnota nejvyššího napětí je 185 MPa a nepřesahuje hodnotu návrhové pevnosti f_{yd} ani dovolené

napětí zahrnující dynamický součinitel f_d . Zmíněné nejvyšší napětí se nachází v místech, kde nástavba dosedá na nosič nástaveb mezi čtvrtým a pátým příčným nosníkem otočných nápravových ráků (Obr. 8.12). Zatížení i navržená konstrukce jsou symetrické, proto je symetrická i napjatost. Další místa s vyšší napjatostí jsou na ostatních dosedacích plochách nástavby a jejich hodnota nepřesahuje 122 MPa. Dále viz příloha 1.

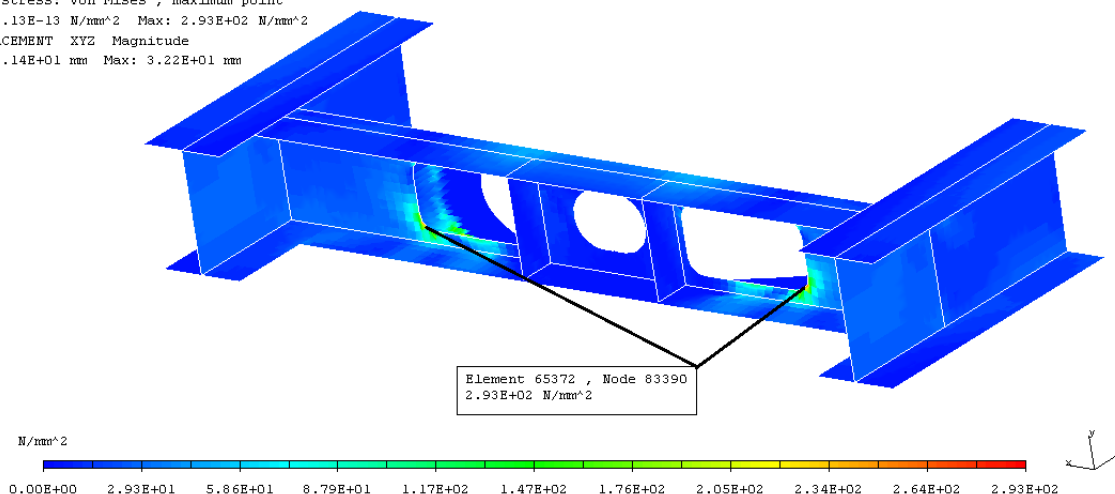
8.5.2 Brzdění

```
I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 2.74E-13 N/mm^2 Max: 2.93E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 2.90E+01 mm Max: 3.64E+01 mm
```

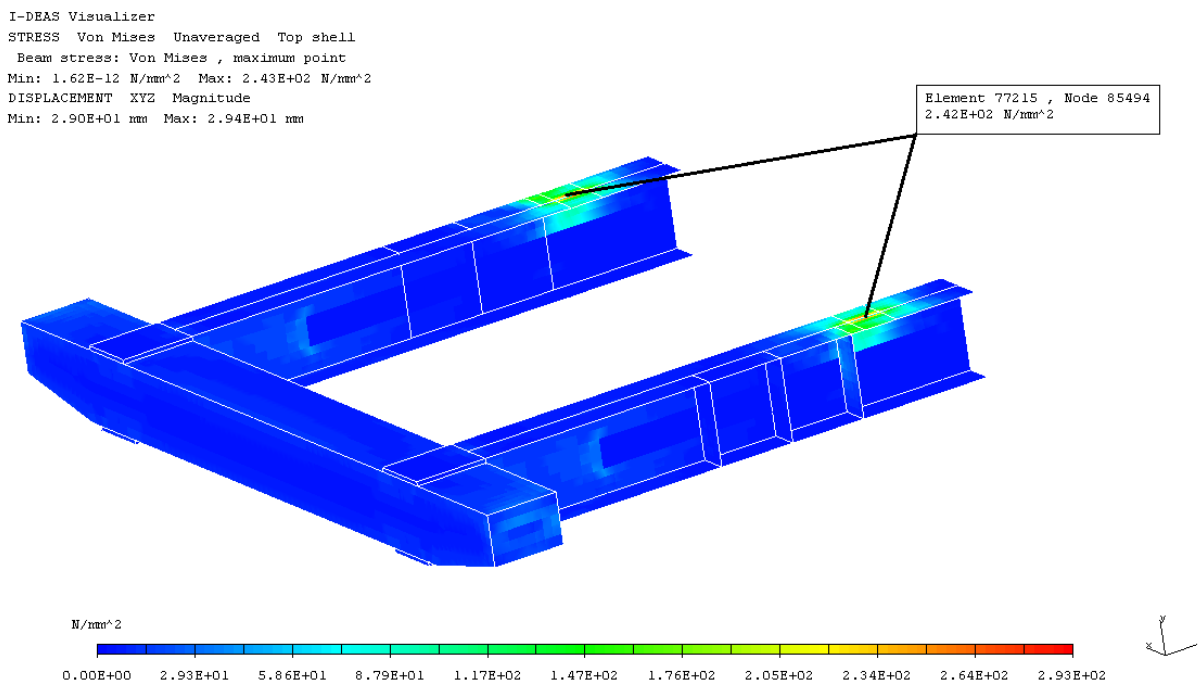


Obr. 8.13 Průběh napjatosti dle teorie HMM, brzdění, maximální napětí 293 MPa, maximální deformace 36,4 mm, stupnice napjatosti 0-293 MPa, faktor deformace 3

```
I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 8.13E-13 N/mm^2 Max: 2.93E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 3.14E+01 mm Max: 3.22E+01 mm
```



Obr. 8.14 Místo s nejvyšším napětím, brzdění, maximální napětí 293 MPa, stupnice napjatosti 0-293 MPa, faktor deformace 3

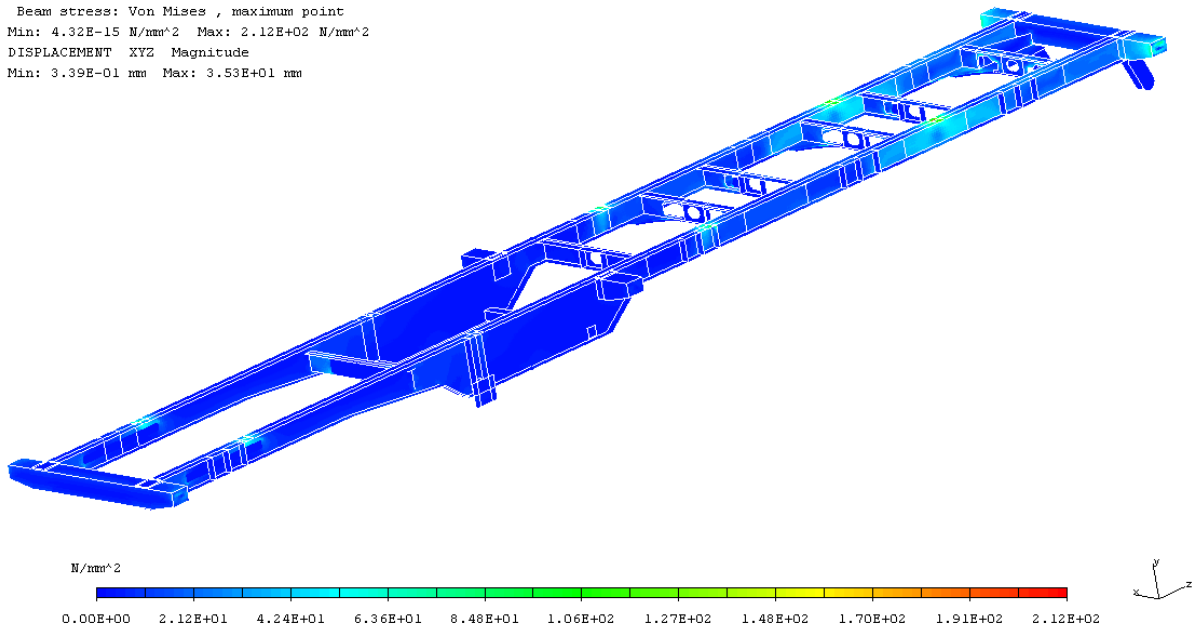


Obr. 8.15 Místo s druhým nejvyšším napětím, brzdění, maximální napětí 243 MPa, stupnice napjatosti 0-293 MPa, faktor deformace 3

Výsledky pevnostní analýzy jsou zobrazeny na obrázku 8.13, 8.14 a 8.15. Hodnota nejvyššího napětí je 293 MPa a nepřesahuje hodnotu návrhové pevnosti f_{yd} , avšak přesahuje dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel f_d . Nejvyšší napětí se nachází na třetím příčném nosníku otočných nápravových rámců a jedná se o špičkové napětí v oblasti otvorů pro průchod řídicích tyčí. Vzhledem k tomu, že tyto příčné nosníky jsou součástí dodávky nuceného řízení od firmy Tridec, nebudeme se tomuto místu podrobně věnovat. Podobné, avšak nižší hodnoty se vyskytují i na ostatních příčných nosnících. Důležité kritické místo se pak nachází v přední části nosiče výměnných nástaveb na hlavních podélných nosnících v místě, kde dochází k dosedání nástavby na nosič (Obr. 8.15). Hodnota maximálního napětí zde dosahuje hodnoty 243 MPa a jedná se o místo napojení stojiny k horní pásnici. Obdobně jako již bylo řečeno u předchozího zátěžného stavu, i zde se jedná o napjatost, která je symetrická. Dále viz příloha 2.

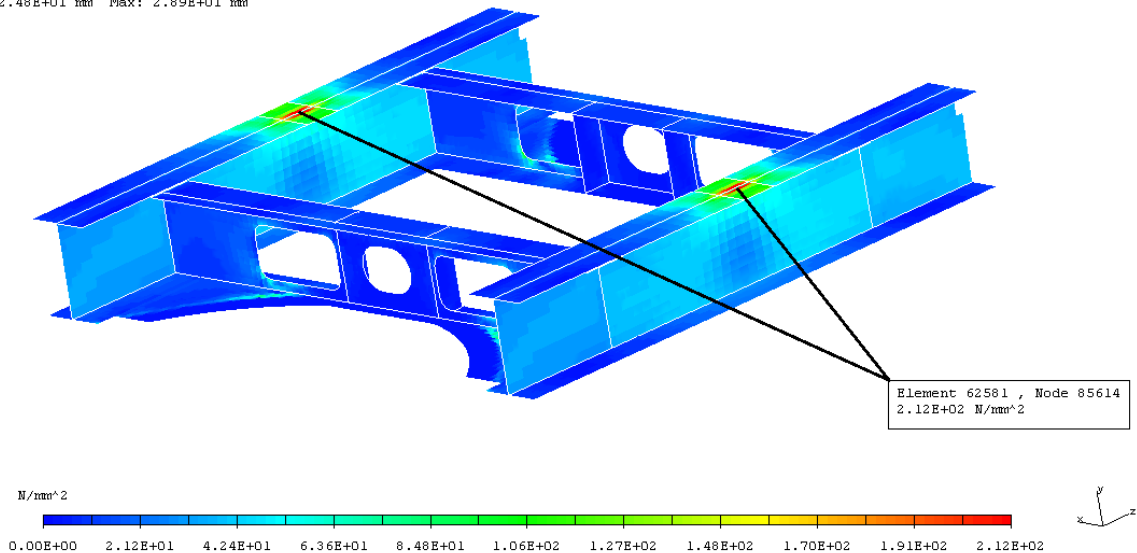
8.5.3 Akcelerace

I-DEAS Visualizer
 STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
 Beam stress: Von Mises , maximum point
 Min: 4.32E-15 N/mm² Max: 2.12E+02 N/mm²
 DISPLACEMENT XYZ Magnitude
 Min: 3.39E-01 mm Max: 3.53E+01 mm



Obr. 8.16 Průběh napjatosti dle teorie HMH, akcelerace, maximální napětí 212 MPa, maximální deformace 35,34 mm, stupnice napjatosti 0-212 MPa, faktor deformace 3

I-DEAS Visualizer
 STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
 Beam stress: Von Mises , maximum point
 Min: 4.32E-15 N/mm² Max: 2.12E+02 N/mm²
 DISPLACEMENT XYZ Magnitude
 Min: 2.48E+01 mm Max: 2.89E+01 mm



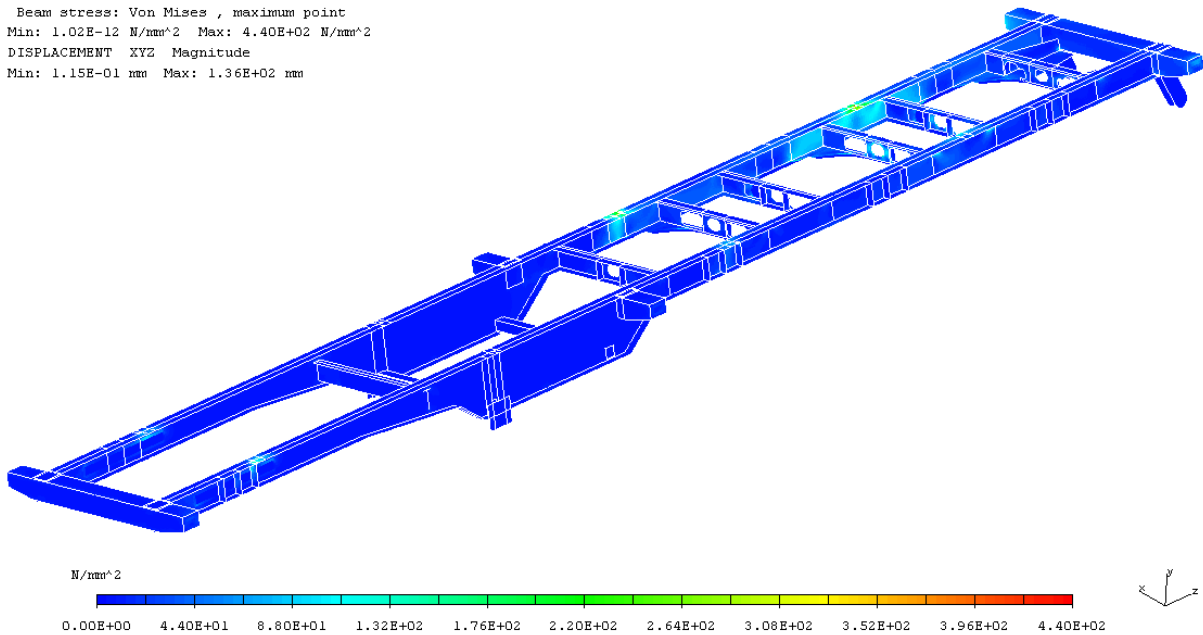
Obr. 8.17 Místo s nejvyšším napětím, akcelerace, maximální napětí 212 MPa, stupnice napjatosti 0-212 MPa, faktor deformace 3

Výsledky pevnostní analýzy jsou zobrazeny na obrázku 8.16 a 8.17. Hodnota nejvyššího napětí je 212 MPa a nepřesahuje hodnotu návrhové pevnosti f_{yd} ani dovolené

napětí zahrnující dynamický součinitel f_d . Nejvyšší napětí se opět nachází symetricky na podélných nosnicích v místech, kde nástavba dosedá na nosič nástaveb, konkrétně mezi čtvrtým a pátým příčným nosníkem otočných nápravových ráků (Obr. 8.17). Dále viz příloha 3.

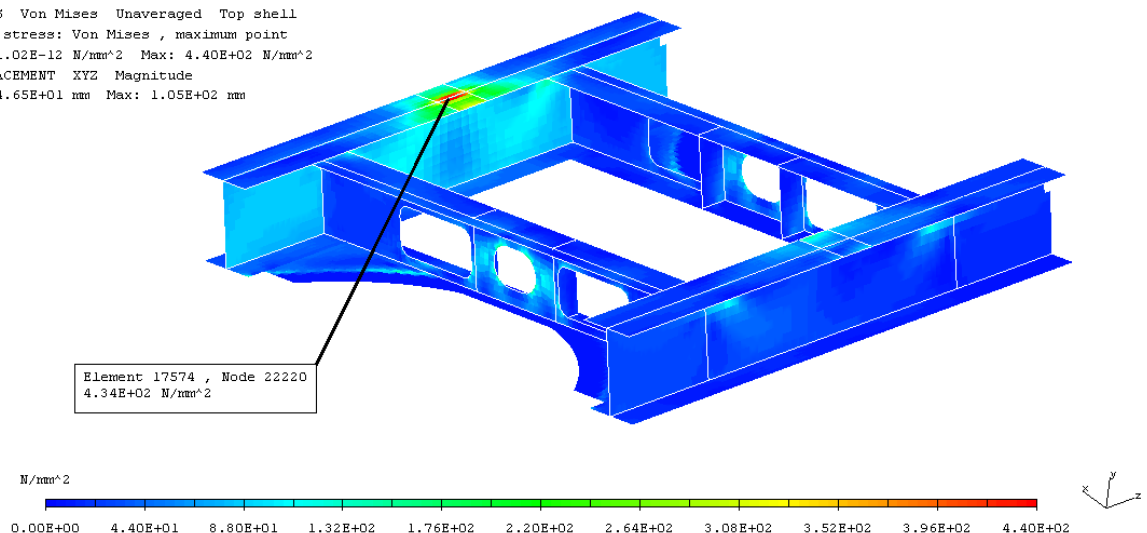
8.5.4 Průjezd zatáčkou

```
I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 1.02E-12 N/mm^2 Max: 4.40E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 1.15E-01 mm Max: 1.36E+02 mm
```



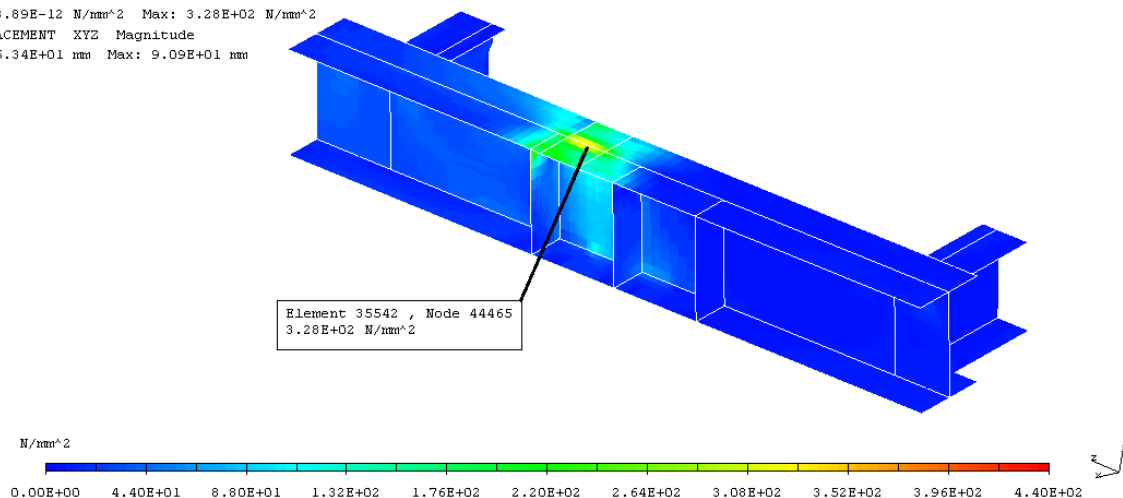
Obr. 8.18 Průběh napjatosti dle teorie HMM, průjezd zatáčkou, maximální napětí 440 MPa, maximální deformace 136 mm, stupnice napjatosti 0-440MPa, faktor deformace 3

```
I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 1.02E-12 N/mm^2 Max: 4.40E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 4.65E+01 mm Max: 1.05E+02 mm
```



Obr. 8.19 Místo s nejvyšším napětím, průjezd zatáčkou, maximální napětí 440 MPa, stupnice napjatosti 0-440 MPa, faktor deformace 3

I-DEAS Visualizer
 STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
 Beam stress: Von Mises , maximum point
 Min: 3.89E-12 N/mm² Max: 3.28E+02 N/mm²
 DISPLACEMENT XYZ Magnitude
 Min: 5.34E+01 mm Max: 9.09E+01 mm



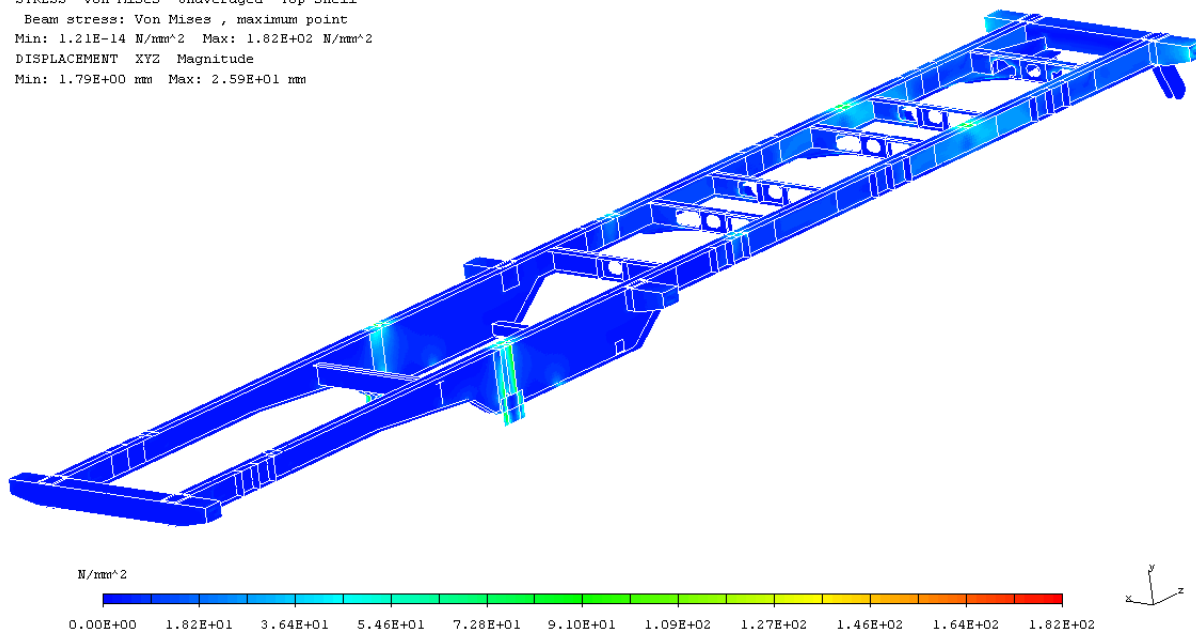
Obr. 8.20 Místo s druhým nejvyšším napětím, průjezd zatáčkou, maximální napětí 328 MPa, stupnice napjatosti 0-440 MPa, faktor deformace 3

Výsledky pevnostní analýzy jsou zobrazeny na obrázku 8.18, 8.19 a 8.20 a je zde simulován průjezd levotočivou zatáčkou. Hodnota nejvyššího napětí je 440 MPa a přesahuje jak hodnotu návrhové pevnosti f_{yd} , tak dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel f_d . Nejvyšší napětí se nachází opět na dosedací ploše nástavby na nosič mezi čtvrtým a pátým příčným nosníkem otočných nápravových rámců (Obr. 8.19). Druhé kritické místo se nachází obdobně v místě dosedání nástavby na nosič. V tomto případě mluvíme o poloze mezi prvním a druhým příčným nosníkem otočných nápravových rámců (Obr. 8.20). Ostatní místa s vyššími hodnotami výsledné napjatosti vykazují uspokojivé výsledky a nepřesahují dovolené napětí. Na tato místa je třeba brát zvýšený zřetel, protože vykazují zvýšené hodnoty výsledného napětí i v ostatních zátěžných stavech, ve kterých je pevnostní analýza prováděna. Dále viz příloha 4.

8.5.5 Odstavený návěš

```

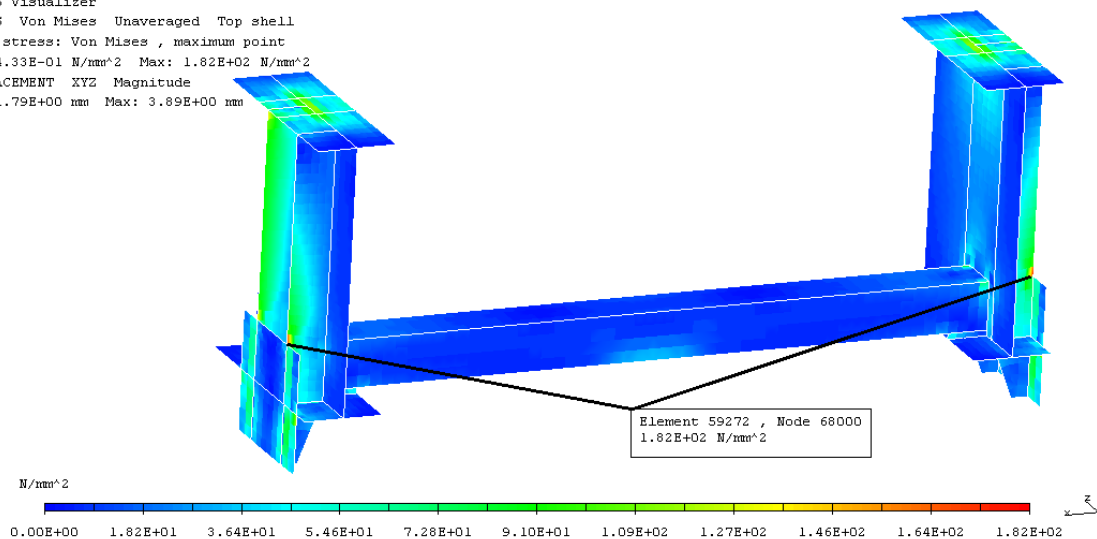
I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 1.21E-14 N/mm^2 Max: 1.82E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 1.79E+00 mm Max: 2.59E+01 mm
    
```



Obr. 8.21 Průběh napjatosti dle teorie HMM, odstavený návěš, maximální napětí 182 MPa, maximální deformace 25,9 mm, stupnice napjatosti 0-182 MPa, faktor deformace 3

```

I-DEAS Visualizer
STRESS Von Mises Unaveraged Top shell
Beam stress: Von Mises , maximum point
Min: 4.33E-01 N/mm^2 Max: 1.82E+02 N/mm^2
DISPLACEMENT XYZ Magnitude
Min: 1.79E+00 mm Max: 3.89E+00 mm
    
```



Obr. 8.22 Místo s nejvyšším napětím, odstavený návěš, maximální napětí 182 MPa, stupnice napjatosti 0-182 MPa, faktor deformace 3

Výsledky pevnostní analýzy jsou zobrazeny na obrázku 8.21 a 8.22. Hodnota nejvyššího napětí je 182 MPa a nepřesahuje hodnotu návrhové pevnosti f_{yd} ani dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel f_d . Nejvyšší napětí se nachází v místech spojení výtzuhy a plechu, který slouží k uchycení odstavné nohy. Vyšší hodnoty na ostatních kritických místech nejsou nikterak vážné a nebezpečné. Dále viz příloha 5.

Závěr

Prvním úkolem této práce bylo provedení kritické rešerše obdobných konstrukčních řešení nosičů výměnných nástaveb. Tato kapitola byla dále doplněna o jednoúčelové stroje, které se v současnosti na trhu se zemědělskou dopravní technikou vyskytují. Rešeršní část práce byla dále doplněna o nejdůležitější legislativní požadavky, které jsou na probírané téma kladeny. Dále do práce byla zahrnuta část, která se zabývá v současnosti dostupnými agrotahači, přičemž byly zohledněny výhody užití těchto strojů a dále možnost homologace do kategorie motorových vozidel skupiny T atp.

Po zhotovení teoretické části následoval vlastní konstrukční návrh nosiče výměnných nástaveb s maximální technickou hmotností 38000 kg, který zahrnuje zejména návrh rámu a volbu jednotlivých konstrukčních celků, jako jsou nápravy, jejich odpružení, řízení atp., bez kterých by nebylo možné stroj bezproblémově používat v reálném provozu.

Na základě navržené konstrukce byl zhotoven výpočtový model v rozhraní software NX-Ideas 6.1, do kterého byly zahrnuty veškeré konstrukční celky, které jsou potřebné pro dosažení co nejpřesnějších výsledků. Pevnostní výpočet byl proveden v několika zatěžovacích stavech, konkrétně se jedná o statickou polohu a přímou jízdu vpřed, dále o brzdění, akceleraci, průjezd zatáčkou a v neposlední řadě o odstavený návěs. Odstavení plně naloženého návěsu se příliš nepředpokládá, avšak bylo třeba tento stav taktéž uvažovat. Výsledná napjatost jednotlivých zatěžovacích stavů byla následně zhodnocena a porovnána s návrhovou pevností a dovořeným napětím zahrnujícím dynamický součinitel. Dosažené hodnoty vykazují poměrně přijatelných výsledků, avšak v zatěžovacím stavu, který simuluje průjezd zatáčkou, jsou výsledné hodnoty poměrně vysoké. Na místa se zvýšenými hodnotami napětí je třeba brát zřetel a případně navrhnout konstrukční úpravy, které by snížily hodnoty výsledné napjatosti.

Pro porovnání jednotlivých zatěžovacích stavů byly jejich výsledky vloženy i do příloh práce, kde byla ovšem pozměněna porovnávací stupnice, jejíž maximální hodnota byla zvolena jako dovořené napětí včetně zahrnutí dynamického součinitele pro materiál S355J0. Obdobně jako u napjatosti by bylo možné porovnat i výsledné deformace. Zde však hraje významnou roli stanovení tuhostí jednotlivých prvků spring, které byly použity u náhrad mechanismů, čímž jsou výsledky deformací značně ovlivněny, protože zahrnují i deformace zmíněných prvků a nevypovídají přesně o deformacích samotného rámu. Tímto faktem jsou tedy ovlivněny i maximální deformace popsané v kapitole zabývající se rozborem výsledků pevnostní analýzy.

Použité informační zdroje

- [1] PTÁČEK, P., KAPLÁNEK, A.: *Přeprava nákladu v silniční dopravě*, CERN, Brno, 2002, ISBN 80-7204-257-2
- [2] TŮMA, M. Velkoobjemová nástavba pro nosič výměnných nástaveb pro agrotahač 6 x 6. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 63 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D..
- [3] Česká technická norma – *Navrhování ocelových konstrukcí ČSN 73 1401*, Český normalizační institut, Praha 1998
- [4] Vyhláška č. 341/2014 Sb., *o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, Ministerstvo dopravy a spojů, 19. prosinec 2014
- [5] Vyhláška č. 341/2002 Sb., *o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, Ministerstvo dopravy a spojů, 11. červenec 2002
- [6] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/37/ES ze dne 26. května 2003 *o schvalování typu zemědělských a lesnických traktorů, jejich přípojných vozidel a výměnných tažených strojů, jakož i jejich systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků*. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 2014-11-05]. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0037&from=CS>
- [7] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 13-H ze dne 31. srpna 2003 *jednotná ustanovení pro schvalování osobních automobilů z hlediska brzdění*. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 2015-03-01]. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:230:FULL:CS:PDF>
- [8] Změny z roku 2013 předpisu č. 58 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) ze dne 27. března 2013 *Jednotná ustanovení pro schvalování: I. Zařízení na ochranu proti podjetí zezadu (RUPD) – II. Vozidel z hlediska montáže zařízení RUPD schváleného typu – III. Vozidel z hlediska jejich ochrany proti podjetí zezadu (RUP)*. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 2015-03-08]. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:089:FULL:CS:PDF>
- [9] Adraxles. *Rigid axles* [online]. ©2014 [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <http://www.adraxles.com/EN/res/289/ADR---Rigid-Axles---Catalogue.pdf>
- [10] Agrozone.cz. *TATRA Phoenix s nástavbou Agroservis Morava* [online]. ©2008 [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: http://agrozone.cz/gallery.php?modul=gallery&akce=galerie_ukaz&galerie_id=1436



- [11] Amag. *MFT 60 LoF - für die Land und Forstwirtschaft - 60 km/h* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.man-trac.de/mft-60-lof/>
- [12] Automobilrevue. *Tatra T-158 Agrotahač* [online]. ©2011 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/tatra-t-158-phoenix-agrotahac_43687.html
- [13] Autoslužby. *Knorr Bremse TEBS G2* [online]. ©2013 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.farmweb.cz/index.php?page=view_gallery&gal=36732
- [14] BPW Transpec. *BPW axles with air suspensions* [online]. ©2015 [cit. 2015-07-05]. Dostupné z: http://www.bpwtranspec.com.au/wp-content/uploads/2013/03/BPW_Air_suspensions_installation_instructions.pdf
- [15] ČVUT. *Homologační výpočty vozidel dle předpisů EHK* [online]. ©2015 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2006/2006_087_01.pdf
- [16] Euronato. *Agrotrucks* [online]. ©2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: http://www.euronato.com/articles/traktor_na_baze_shassi_gruzovogo_avtomobilya_dlya_chego_nuzhny_eti_gibridy_i_kak_oni_vyglyadyat/
- [17] Fliegl-agrartechnik. *Abschiebe-Sattelaufliieger ASS - Sattelaufliieger* [online]. ©2012 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z: <http://www.fliegl-agrartechnik.de/abschiebe-sattelaufliieger-ass/150/2012/1423/>
- [18] Jost. *Landing gear Modul B* [online]. ©2015 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://jic.jost-world.com/static/upload/pdf/FLY/JOST_FLY_Modul_Dealers_ZDE19902306GB_e_09-14.pdf
- [19] Jost. *Modul B Satz* [online]. ©2015 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: http://jic.jost-world.com/static/upload/picturegallery/49/51/thumb/popup/B035_Modul_B_Satz.jpg
- [20] Jost. *Twist locks* [online]. ©2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://catalogues.jost-world.com/en/jost-containertechnik/twist-locks.html>
- [21] Krampe. *Krampe Kipper jetzt auch für LKW* [online]. ©2014 [cit. 2014-17-12]. Dostupné z: http://www.krampe.de/krampe-news/2014/Kippsattel_KS900.php
- [22] Krampe. *SB 30/1220 Geländesattel* [online]. ©2014 [cit. 2014-15-10]. Dostupné z: http://www.krampe.de/produkte/krampe-sattelaufliieger-bandit.php?we_objectID=2028
- [23] Michelin. *Cargobib* [online]. ©2015 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: www.michelinag.com/content/download/1690/23609/file/Technical-documentation-MICHELIN-CargoXBib.pdf
- [24] Mitas. *Zemědělské pneumatiky* [online]. ©2014 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: http://mitas-tyres.co.uk.beta.nen.cz/underwood/download/files/mitas_agri_databook_cz_13th-3_2014.pdf



- [25] Mpneu. *Zkratky a značení na pneumatikách* [online]. ©2015 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.mpneu.cz/techinfo/>
- [26] Nekvida. *Pneumatiky* [online]. ©2015 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.nekvinda-obchod.cz/29-pneumatiky/>
- [27] P&L. *Agrotahač Phoenix 6x6* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: <http://www.pal.cz/getattachment/43af7cb5-ccc1-4afa-96c1-cf61460b1d20/Letak-prepravni-souprava>
- [28] Parma. *Návěs ZVVZ DOMEX 30* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.parma.cz/rx235-x-naves-zvvz-domex-30-novy-vuz>
- [29] Paul Nutzfahrzeuge. *AGRO MOVER 4X4* [online]. ©2014 [cit. 2014-11-22]. Dostupné z: <http://www.paul-nutzfahrzeuge.de/land-forsttechnik/articles/agromover.html>
- [30] Standa Pišl. *TechAgro 2014* [online]. ©2013 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: http://www.standa-pisl.cz/images/2014-03-30/DSC_4816.jpg
- [31] Stapel. *Agrotruck* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://www.stapel.info/agrotruck.html>
- [32] Tatra. *Agrotahač 6x6* [online]. ©2014 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.tatra.cz/underwood/download/files/tatra-phoenix-6x6-agrotahac.pdf>
- [33] Tatra. *Tatrovácká koncepce* [online]. ©2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <http://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/>
- [34] Toni Maurer. *Agroschlepper* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: http://www.toni-maurer.de/maurert/cms_extract/126485b26485/fahrzeugbau.html?show_REC_ID=28315
- [35] Topagrar. *Fahrbericht zum Agrar-Actros 1846 4x4 von Paul Nutzfahrzeuge* [online]. ©2014 [cit. 2014-12-5]. Dostupné z: <http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Fahrbericht-zum-Agrar-Actros-von-Paul-Nutzfahrzeuge-1259427.html>
- [36] Tridec. *HS for heavy and special transport* [online]. ©2015 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://catalogues.jost-world.com/en/tridec-catalogue-online/hydraulic-steering-systems/hs.html>
- [37] Velthuisen. *AFLEVERING 3 SILO SPACE OPLEGGERS* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: http://www.veldhuizen.eu/index.php?option=com_content&view=category&id=3&Itemid=26
- [38] Firemní literatura ADR
- [39] Firemní literatura Romill

**Seznam použitých zkratek a symbolů**

a_a	$[m \cdot s^{-2}]$	Dopředné zrychlení
a_a	$[m \cdot s^{-2}]$	Dopředné zrychlení
a_d	$[m \cdot s^{-2}]$	Dostředivé zrychlení
b_p	$[N \cdot s \cdot mm^{-1}]$	Tlumení pneumatiky
f_d	$[MPa]$	Dovolené napětí zahrnující dynamický součinitel
f_{yd}	$[MPa]$	Hodnota návrhové pevnosti
F_a	$[N]$	Zrychlující dopředná síla
F_o	$[N]$	Odstředivá síla
F_g	$[N]$	Tíhová síla
F_{Lf}	$[N]$	Zatížení pneumatického vaku
F_N	$[N]$	Síla přenášená jedním pojezdovým kolem na vozovku
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Tíhové zrychlení
k_{bs}	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost pružiny pro boční a směrové vedení
k_D	$[-]$	Dynamický součinitel
k_p	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost pneumatiky
k_v	$[N \cdot mm^{-1}]$	Tuhost vzduchového vaku
Δl	$[mm]$	Propružení
$L1$	$[mm]$	Přední délka ramene parabolického pera vzduchového odpružení
$L2$	$[mm]$	Zadní délka ramene parabolického pera vzduchového odpružení
m	$[kg]$	Celková hmotnost nosiče
m_{vo}	$[kg]$	Nosnost vzduchového odpružení
n_v	$[-]$	Počet vzduchových vaků na nápravě
R	$[m]$	Poloměr zatáčky
R_e	$[MPa]$	Dolní mez kluzu
$x1$	$[mm]$	Poloha osy I znázorňující uložení nástavby
$x2$	$[mm]$	Poloha osy II znázorňující uložení nástavby
$x3$	$[mm]$	Poloha osy III znázorňující uložení nástavby
xT	$[mm]$	Poloha těžiště nástavby v ose x
yT	$[mm]$	Poloha těžiště nástavby v ose y
zT	$[mm]$	Poloha těžiště nástavby v ose z
v	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost pohybu vozidla
γ_M	$[-]$	Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
μ	$[-]$	Součinitel adheze



Seznam příloh

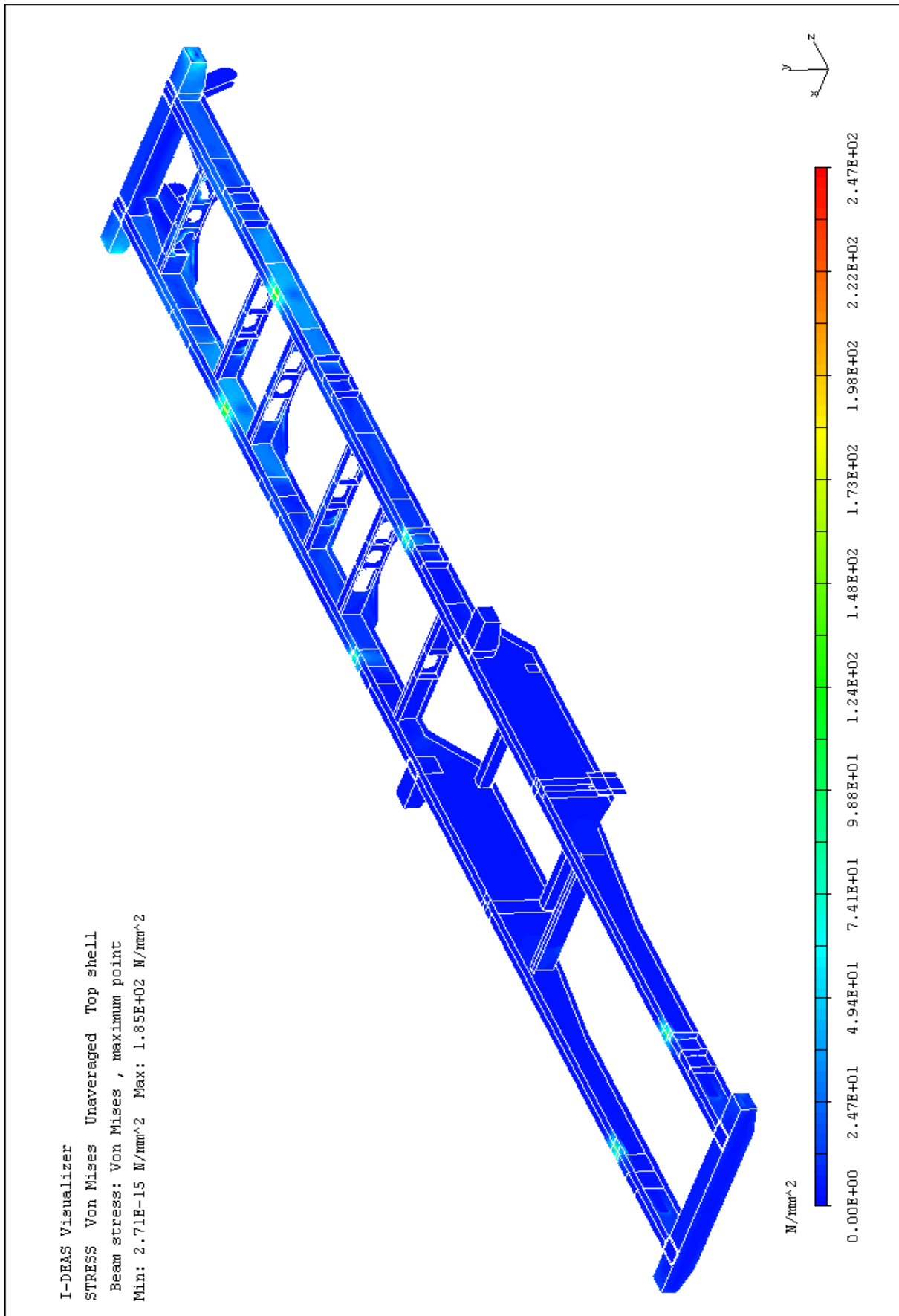
Příloha 1: Průběh deformace navržené konstrukce - Statická poloha a přímá jízda vpřed	I
Příloha 2: Průběh deformace navržené konstrukce - Brzdění.....	II
Příloha 3: Průběh deformace navržené konstrukce - Akcelerace.....	III
Příloha 4: Průběh deformace navržené konstrukce - Průjezd zatáčkou.....	IV
Příloha 5: Průběh deformace navržené konstrukce - Odstavený návěs.....	V
Příloha 6: Objednávkový formulář k nucenému řízení Tridec HS.....	VI
Příloha 7: Poloměry otáčení soupravy tahače s podvozkem.....	VII

Seznam samostatných příloh

Konkrétní podoba systému nuceného řízení náprav Tridec HS	PS-003-742-V0
Výkresová dokumentace:	
Nosič nástaveb	1-5O33-01.00
Rám podvozku	0-5O33-01.01
Výztuha rámu	4-5O33-01.01/10
Držák podpěry	4-5O33-01.01/13

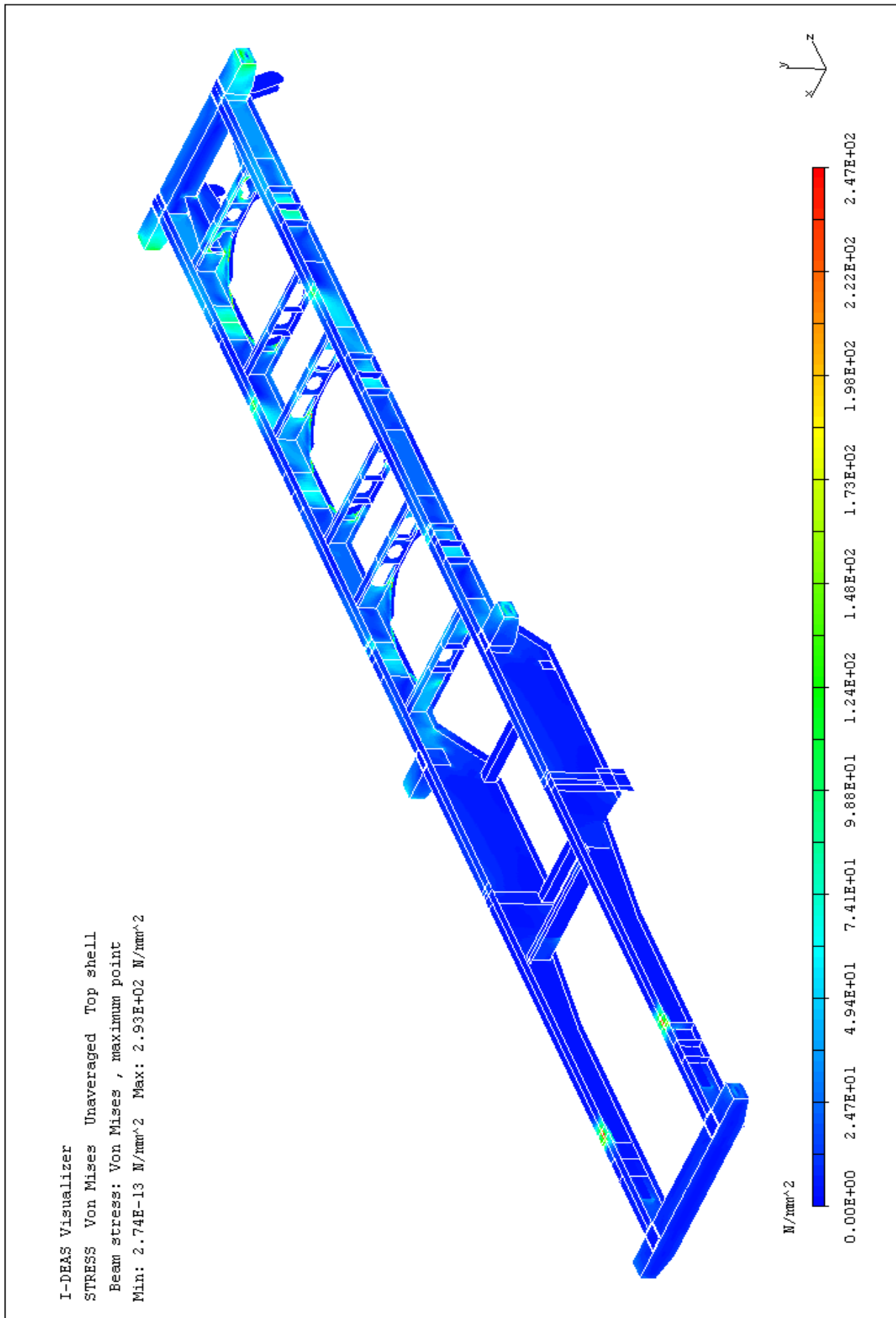
Příloha 1: Průběh napjatosti navržené konstrukce - Statická poloha a přímá jízda vpřed

- Maximální napětí 185 MPa, stupnice 0-247 MPa, faktor deformace 3



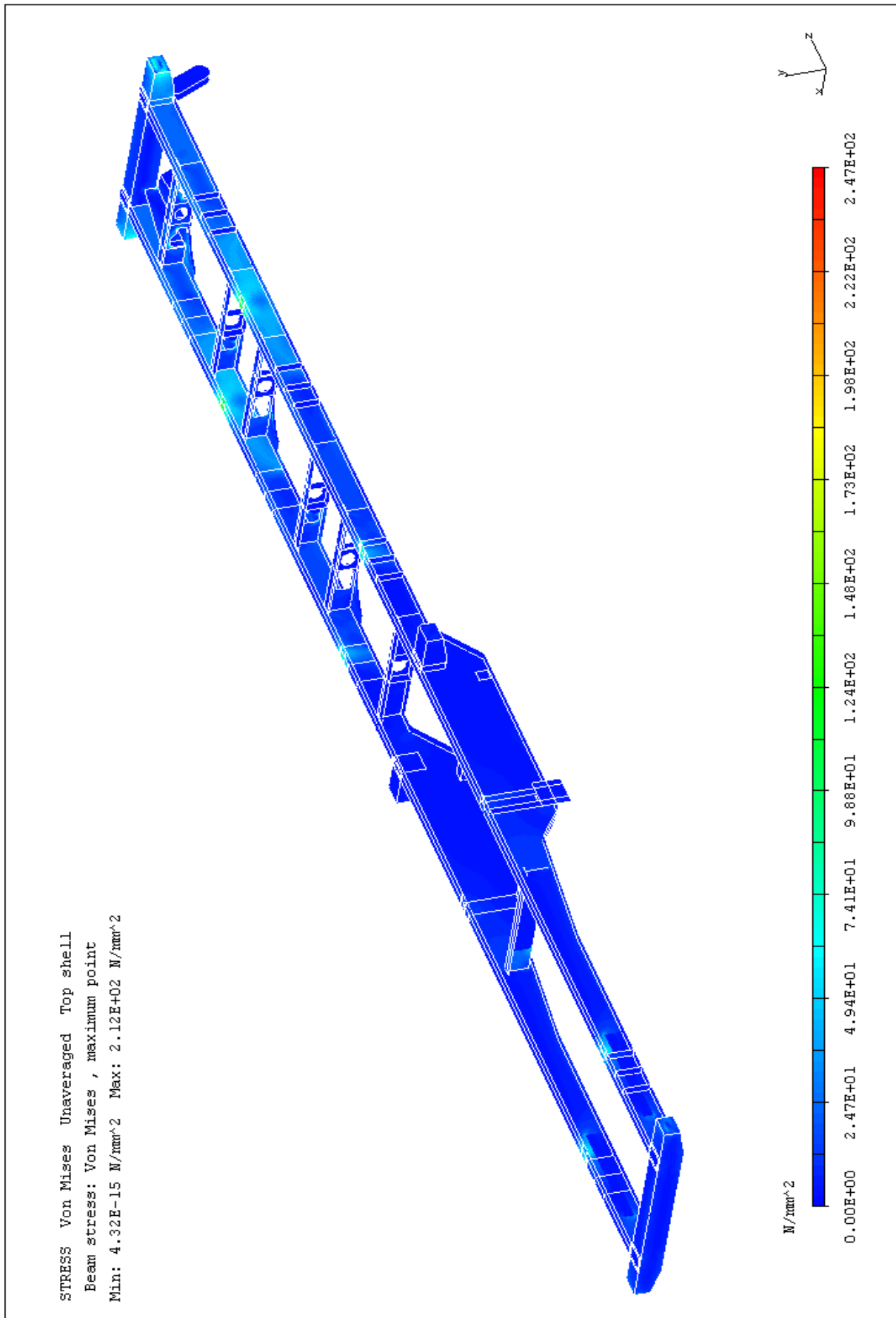
Příloha 2: Průběh napjatosti navržené konstrukce - Brzdění

- Maximální napětí 293 MPa, stupnice 0-247 MPa, faktor deformace 3



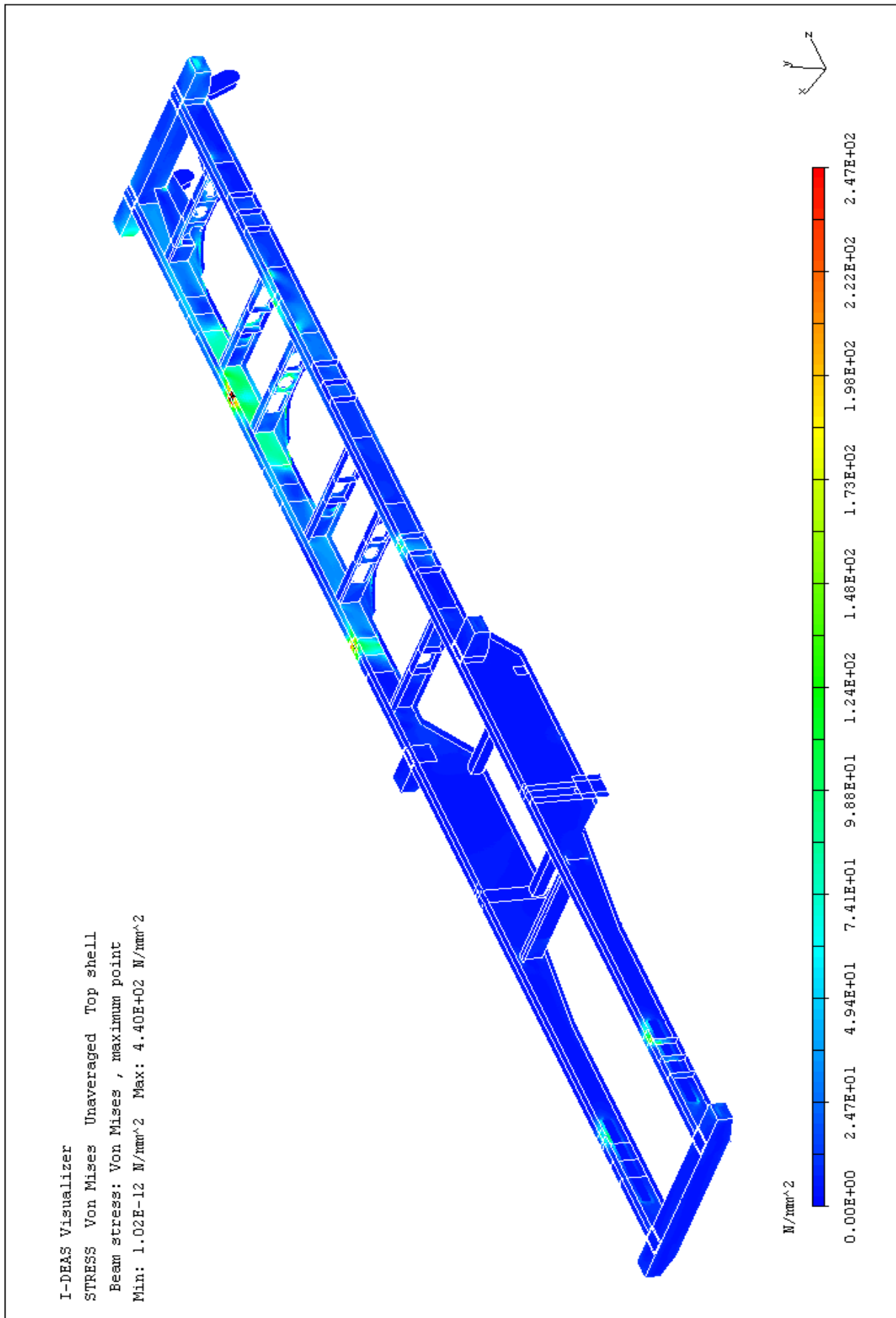
Příloha 3: Průběh deformace navržené konstrukce - Akcelerace

- Maximální napětí 212 MPa, stupnice 0-247 MPa, faktor deformace 3



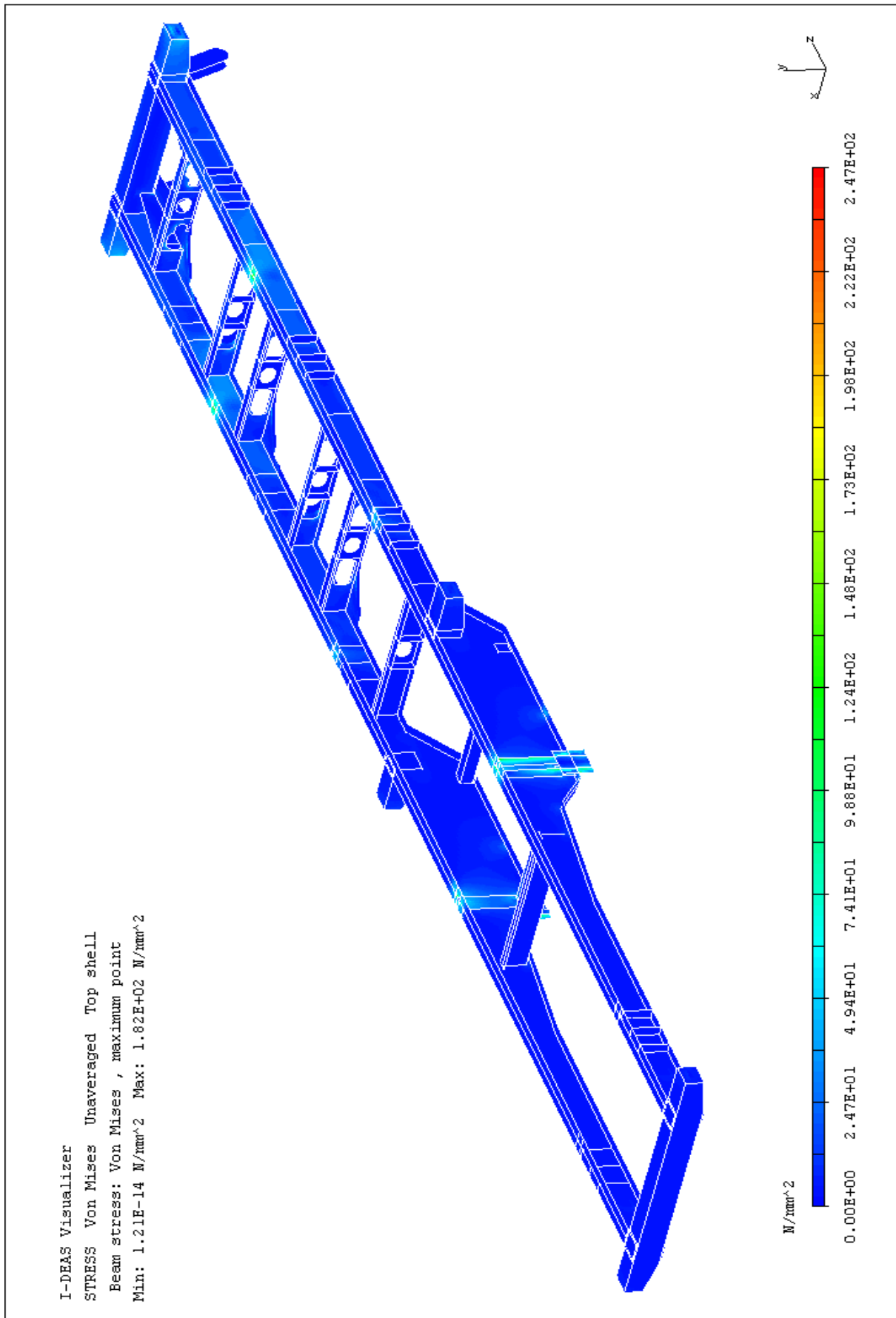
Příloha 4: Průběh deformace navržené konstrukce - Průjezd zatáčkou

- Maximální napětí 440 MPa, stupnice 0-247 MPa, faktor deformace 3




Příloha 5: Průběh deformace navržené konstrukce - Odstavený návěs

- Maximální napětí 182 MPa, stupnice 0-247 MPa, faktor deformace 3



Příloha 6: Objednávkový formulář k nucenému řízení Tridec HS

Order-form Tridec steering systems for fixed axles

Taal/Language/Sprache/La langue/Lingua/Idioma 

Company information		Order data	
Your order number	<input type="text"/>	Order date	<input type="text" value="18.5.2015"/> dd-mm-jjjj
Company name	<input type="text" value="ZDT, spol. s.r.o."/>	Desired delivery date	<input type="text"/> dd-mm-jjjj
Contact person	<input type="text" value="Ing. Michal Pikula"/>	Number of systems	<input type="text"/>
Telephone number	<input type="text"/>	Final user	<input type="text"/>
Fax number	<input type="text"/>	Nº chassis	<input type="text"/>

Truck dimensions		Number of axles	
Total Length	<input type="text" value="6965"/> mm	Number of axles	<input type="text" value="3"/>
Wheelbase	<input type="text" value="3060 (1st-2nd axle), 1450 (2nd-3th axle)"/> mm	Distance last axle - Kingpin	<input type="text" value="1010"/> mm
Front overhang	<input type="text" value="1545"/> mm		

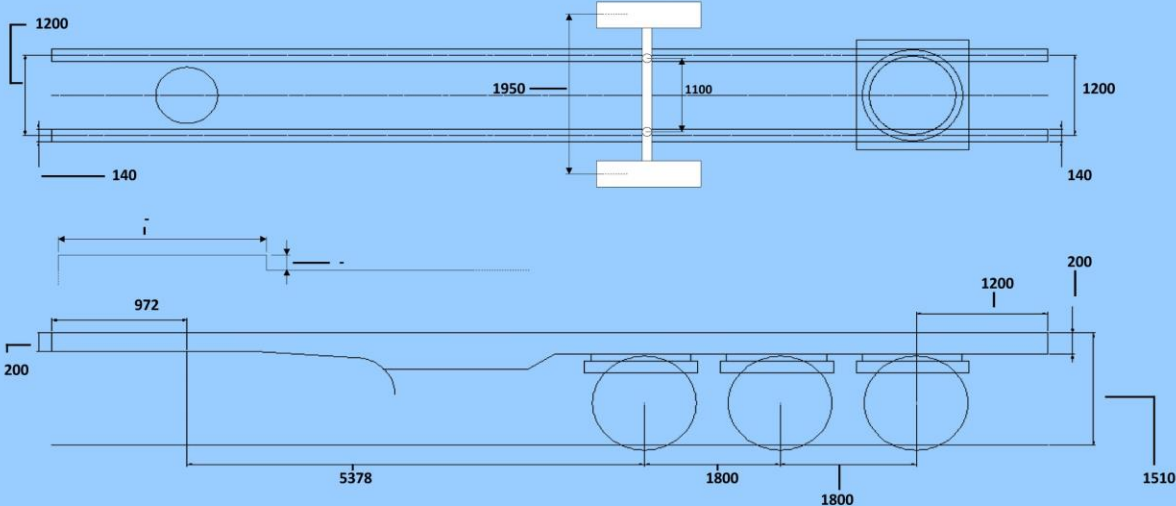
Trailer dimensions		Number of axles	
Total length	<input type="text" value="11150"/> mm	Number of axles	<input type="text" value="3"/>
Front overhang	<input type="text" value="972"/> mm	Number of steered axles	<input type="text" value="3"/>
Rear overhang	<input type="text" value="1200"/> mm	Position steered axles	<input checked="" type="checkbox"/> 1st <input checked="" type="checkbox"/> 2nd <input checked="" type="checkbox"/> 3rd
Spring centre	<input type="text" value="1100"/> mm	Distance kingpin - 1st axle	<input type="text" value="5378"/> mm
Chassiscentre front	<input type="text" value="1200"/> mm	Distance 1st - 2nd axle	<input type="text" value="1800"/> mm
Chassiscentre rear	<input type="text" value="1200"/> mm	Distance 2nd - 3th axle	<input type="text" value="1800"/> mm
Width trailer	<input type="text" value="2550"/> mm	Tire size	<input type="text" value="600/50 R 22,5"/>
Neck height front	<input type="text" value="200"/> mm	Track	<input type="text" value="1950"/> mm
Neck height rear	<input type="text" value="200"/> mm	Maximum steering angle	<input type="text"/>
King pin load	<input type="text" value="11000, max 15000"/> Kg	Height frame 1st axle	<input type="text" value="140 (standard)"/> mm
Floor height loaded	<input type="text" value="1510"/> mm	Height frame 2nd axle	<input type="text" value="140 (standard)"/> mm
Flange width front	<input type="text" value="140"/> mm	Height frame 3th axle	<input type="text" value="140 (standard)"/> mm
Flange width rear	<input type="text" value="140"/> mm	Gooseneck height	<input type="text" value="-"/> mm
		Distance - early neck	<input type="text" value="-"/> mm

Treatment frame	<input type="text" value="KTL"/>	Mudgaord supports	<input type="text" value="575"/> mm
Springbracket plates	<input type="text" value="No"/>	Number	<input type="text" value="4"/>

Type steering system Your drawing No.

Hydraulic manual steering (HS only)

Special wishes

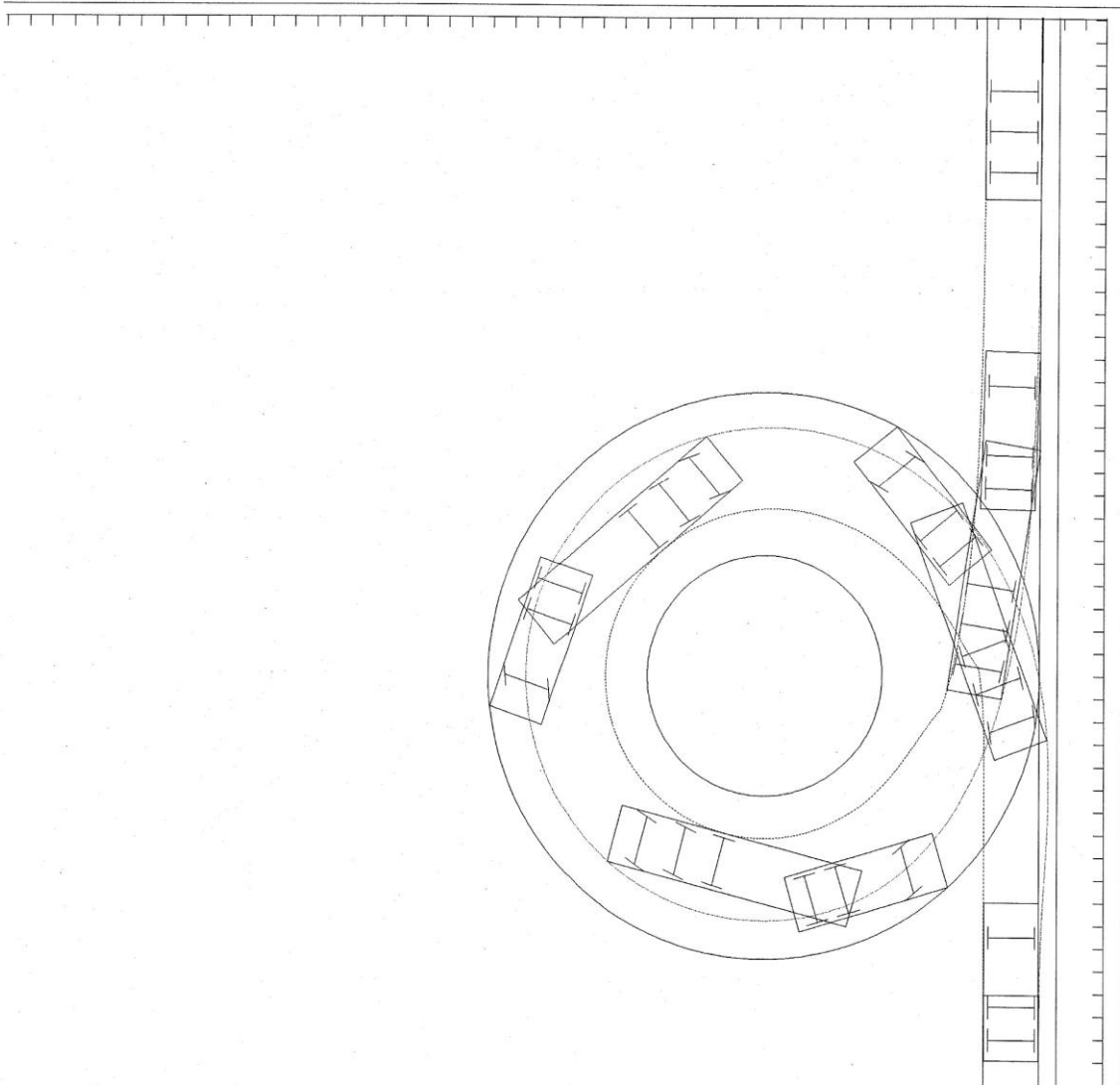


The technical drawing consists of two views: a side view (top) and a front view (bottom). The side view shows a horizontal shaft with a central vertical component. Dimensions include a total length of 1950 mm, a distance of 1200 mm from the left end to the center, and a distance of 140 mm from the center to the right end. The front view shows three axles with a total length of 5378 mm. The distance between the first and second axle is 1800 mm, and between the second and third axle is 1800 mm. The front view also shows a front overhang of 972 mm and a rear overhang of 1200 mm. Other dimensions include a neck height of 200 mm and a flange width of 140 mm.

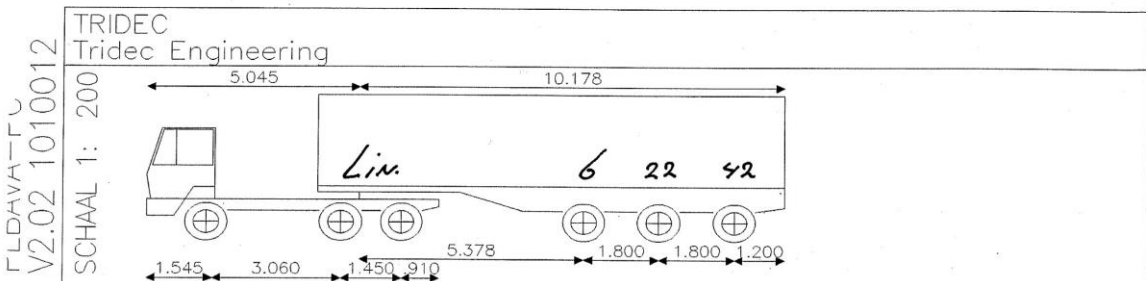
Příloha 7: Poloměry otáčení soupravy tahače s podvozkem

12-MAR-2015 15:41

P.01/01



Grootste uitzwaai bij het inrijden van de bocht .415
 Kleinste afstand tot het middelpunt van de bocht 7.163



TOTAAL P.01