

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Dvou nápravový přívěsný vozík

Double - axle trailer

Student:

David Kurka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student:	David Kurka
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma:	Dvou nápravový přívěsný vozík Double-axle Trailer

Zásady pro vypracování:

Navrhněte přívěsný vozík splňující legislativní požadavky podle zákona č. 411/2005 Sb, a který bude určen k převozu těžkého stavebního materiálu nebo stavební techniky. Rozměr ložné plochy vozíku jsou 3100x1850mm. Zpracujte rešerši stávajícího stavu a konvenčně používaných řešení. Navrhněte variantní řešení a proveďte konstrukční návrh vybrané varianty. Kontrolními výpočty ověřte správnost návrhu. Zpracujte výkresovou dokumentaci (upřesní vedoucí práce).

Seznam doporučené odborné literatury:

- KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
- KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
- DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
- MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
- NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2003, ISBN 80-86490-74-2

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

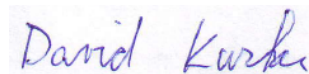


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne : 20.5.2013

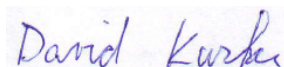


.....
David Kurka

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne : 20.5.2013



.....
David Kurka

Lesní 8/837

Bolatice

747 23

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KURKA, D. Dvou nápravový přívěsný vozík: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování částí a mechanismů strojů, 2013, 53 s. Vedoucí práce: Kubín, T.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem dvou nápravového přívěsného vozíku. V úvodu jsou rozděleny podle druhu všechny nákladní přívěsy, které jsou dále detailněji popsány. V další části práce jsou zmíněny zákonné a legislativní požadavky na přívěs. Následně je již proveden vlastní konstrukční návrh celku – návrh rámu, náprav, brzd, tlumičů a hydraulického válce přívěsu. V pevnostní analýze je zkontrolováno uložení hydraulického válce a zjištěno maximální zatížení a posunutí. Ve výpočtové části jsou ověřeny hlavní funkční konstrukční uzly, jako čep, svary a hydraulický válec.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KURKA, D. Double-axle trailer: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 53 p. Thesis head: Kubín, T.

The Bachelor thesis deals with the construction design of the two-axle trailer. The introduction covers the distribution of all cargo trailers, which are minutely described as well. Further part of the thesis is devoted to legislative requirements related to trailers. The main part of the paper is aimed at the construction design – frame, axels, brakes, dampers and hydraulic cylinder. Furthermore the mounting of hydraulic cylinder is checked in the stress analysis and the maximum load and shifting are detected. The final part is related to verification of the main functional construction assemblies – stubs, welds and hydraulic cylinder.

Obsah

	strana
Úvod.....	10
1 Přívěsná zařízení	11
1.1 Rozdělení nákladních přívěsů podle typu	12
1.2 Kategorie a podmínky	17
1.3 Základní pojmy a označení	18
2 Návrh dvou nápravového přívěsu	20
2.1 Rám přívěsu.....	22
2.2 Nápravy přívěsu	23
2.3 Brzdění přívěsu	25
2.4 Tlumiče přívěsu.....	26
2.5 Zvedání ložné plochy	28
2.6 Stabilizační prvky přívěsu.....	31
2.7 Podlaha a bočnice.....	34
2.8 Zajištění bočnic a nákladu.....	34
2.9 Povrchová a protikoroziční úprava přívěsu.....	36
3 Kontrolní výpočty	37
3.1 Kontrola rámu	37
3.2 Kontrola čepového spoje.....	43
3.3 Kontrola hydraulického válce	46
3.4 Výpočet brzdění	46
4 Závěr.....	49
5 Seznam použité literatury.....	50
6 Seznam příloh.....	52

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Název	Jednotka
F	Zatěžující síla	[N]
G	Tíhová síla na stojící přívěs	[N]
F _N	Tíhová síla nákladu	[N]
M _o	Ohybový moment	[N.m]
P _D	Dovolený tlak	[MPa]
Re	Mez kluzu	[MPa]
S	Obsah plochy čepu	[mm ²]
W _o	Průřezový modul v ohybu	[mm ³]
Z _{Pstat}	Statické zatížení nápravy	[N]
a	Výška svaru	[mm]
b	Délka uložení čepu	[mm]
d	Průměr čepu	[mm]
d _v	Průměr hydraulického válce	[mm]
g	Gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
h	Výška těžiště	[mm]
k	Součinitel bezpečnosti	[-]
k _s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
l	Délka ložné plochy	[mm]
l _p	Rozvor přívěsu	[mm]
l _R	Délka svaru	[mm]
m	Hmotnost	[kg]
n	Počet nosných členů	[-]
p	Tlak	[MPa]
š	Šířka ložné plochy	[mm]
t	Tloušťka svaru	[mm]
v	Výška ložné plochy	[mm]
v _{max}	Maximální rychlost	[km/h]
x	Zpomalení	[-]
z	Poměrné zpomalení	[-]
α	Úhel sklonu svahu	[°]

α_K	Převodní součinitel svarového spoje	[-]
α_{K1}	Převodní součinitel svarového spoje kolmého	[-]
α_R	Převodní součinitel svarového spoje rovnoběžného	[-]
α_{R1}	Převodní součinitel svarového spoje rovnoběžného	[-]
β	Součinitel výšky koutového svaru	[MPa]
σ_{DO}	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_K	Součinitel výšky koutového svaru	[MPa]
σ_o	Ohybové napětí	[MPa]
σ_{red}	Redukované napětí	[MPa]
τ_D	Dovolené napětí v ohybu čepu	[MPa]

Úvod

Bakalářská práce řeší vlastní konstrukční návrh dvou nápravového přívěsného vozíku za automobil. Zaměřuje se především na konstrukční řešení a provedení. Přívěs by měl sloužit především pro převoz těžkého stavebního materiálu nebo stavební techniky. Doprava je organizovaná, záměrně provozovaná činnost, pomocí které dochází k přemístování osob, věcí a nákladů z místa na místo. Z historického pohledu je zhruba stejně stará jako lidstvo samo a lze říci, že tvořila a tvoří nosný prvek lidské civilizace. Současná doprava s sebou ovšem přináší jak mnoho kladných stránek, tak také mnoho záporů, které jsou s její existencí spojeny a mezi které lze především zařadit poškozování životního prostředí a velkou závislost na neobnovitelných zdrojích fosilních paliv. K samotné přepravě nákladů, jako jsou i samotné automobily, vznikla potřeba výroby přívěsů a vozíků. V dnešní době je možné vidět na silnicích velké množství druhů a variant přívěsných vozíků. Výrobci přívěsů přicházejí stále s novým a sofistikovanějším řešením pro přepravu nákladů, aby uspokojili zvyšující se požadavky zákazníků [7].

1 Přívěsná zařízení

Přívěsná zařízení jsou nemotorová přípojná vozidla, která jsou poháněna tažením jiným, většinou motorovým vozidlem (osobním automobilem, přívěsovým tahačem nebo traktorem). Základní rozdíl oproti návěsu je v tom, že na tažné vozidlo se přenáší jen zlomek z celkové hmotnosti přívěsu. Z motorového vozidla, které táhne přívěs v silničním provozu, je zajištěno a řízeno technickými prostředky správné vedení a brzdění taženého vozidla během jízdy a také ovládání světelné signalizace (brzdová, obrysová a odbočovací světla). U autobusových a obytních přívěsů lze také ovládat elektrické osvětlení nebo vytápění uvnitř taženého vozu [10].

Přeprava

Přeprava je výraz pro cílevědomé přemístování osob, nákladu nebo zvířat dopravními prostředky z místa A do místa B po dopravních komunikacích za účelem zisku. Vykonavatelem přepravy je dopravce, objednavatel se nazývá přepravce. Ten s dopravcem uzavírá přepravní smlouvu. Přepravní smlouva se v osobní přepravě uzavírá podle občanského zákoníku, v nákladní přepravě podle obchodního zákoníku. V osobní přepravě stanovuje pravidla přepravní řád [10].

Přepravní smlouva vzniká:

- v nákladní přepravě: přijetím objednávky, převzetím zásilky nebo započtím přepravy
- v osobní přepravě: přijetím objednávky nebo zaplacením jízdného

1.1 Rozdělení nákladních přívěsů podle typu

Nákladní přívěs je určený k dopravě nákladu. Řešení úložného prostoru může být stejné jako u nákladního automobilu. Rozdělení přívěsů podle konkrétného typu:

- traktorový přívěs (obvykle tažený traktorem – např. v zemědělství, lesnictví, vodohospodářství)
- automobilový přívěs (obvykle tažený nákladním automobilem či nákladním tahačem)
- nákladní vozík – pro přepravu různorodých nákladů menších rozměrů a hmotností, jedno či více nápravový
- speciální přepravník
 - pro přepravu velkých zvířat (většinou koní)
 - pro přepravu motorových vozidel
 - pro přepravu letadel, povětšinou ultralehkých či plavidel [10]

Přívěs traktorový

Traktorový přívěs (obr. 1.1) se používá na přepravu nákladu do 9 000 kg, po komunikacích všeho druhu s maximální rychlostí do 25 km/h. Slouží pro přepravu zemědělských produktů. Tento přívěs se nesmí používat pro přepravu osob [10].



Obr. 1.1 Traktorový (nákladní) přívěs [10]

Přívěs pro přepravu osob

Autobusový přívěs (obr. 1.2) je určen pro přepravu osob, jejich zavazadel a je tažený autobusem. Má různé provedení - meziměstské nebo dálkové. Přívěsy pro přepravu osob jsou však z důvodu bezpečnosti zákonem v České republice zakázány. V jiných evropských zemích je ale tento druh dopravy poměrně rozšířen. Nejblíže k našim hranicím se s ním můžeme potkat v Rakousku, kde byl po mnohaletém zákazu opět povolen [10].



Obr. 1.2 Autobusový přívěs Jelcz P-01E [10]

Speciální přívěs

Je specificky vybavený přívěs, a to např. jako požární, s elektrickým agregátem, mobilním kompresorem, dětským kolotočem a jinak. Často se tedy jedná o přívěs převážející jiné další stroje užívané v zemědělství, lesnictví, vodohospodářství, komunální údržbě zeleně, v cirkusech a lunaparcích, k požární ochraně či ve stavebnictví. Dvou nápravový oplentový přívěs s řiditelnou přední nápravou je určen pro přepravu dlouhého dříví a jiných dlouhých nákladů. Spojení mezi oběma prostředky zajišťuje vlastní náklad, v prázdném stavu je přívěs přepravován na tažném vozidle. Natáčení přední nápravy je při jízdě s nákladem přímo odvozeno od natočení oplenu. Řízení je ovládáno z kabiny tažného vozidla, ze sedačky hydraulické ruky nebo přímo ze zádi přívěsu. Přednosti této koncepce odvozní soupravy jsou zejména v minimálních nárocích na prostor při otáčení a jiném manévrování v prázdném a díky řízené nápravě i v naloženém stavu. Průjezdnost soupravy není omezena úzkými lesními cestami. Přípravu soupravy před nakládkou dřevní hmoty, vlastní nakládku a vykládku i následné naložení přívěsu na tažné vozidlo velmi snadno a v krátkém časovém úseku zvládá řidič soupravy přímo z hydraulické ruky. Svoji jednoduchou konstrukcí s řízenou nápravou jsou všechny části přívěsu včetně rámu, podvozkových skupin, ale i pneumatik ušetřeny torznímu namáhání a smýkání, čímž je dosaženo podstatného prodloužení životnosti těchto celků [16].



Obr. 1.3 Oplentový přívěs [16]

Obytný přívěs

Obytný přívěs (obr. 1.4) je jednoúčelový přívěs určený a vybavený pro dočasné mobilní ubytování osob. Může být jednonápravový, dvounápravový, ale i větší. Zvláštním druhem obytného přívěsu je maringotka – vozidlo užívané velice často v cirkusech, dále také v zemědělství, stavebnictví, terénní geodézii apod. V karavanu i maringotce je v České republice přeprava osob z důvodu bezpečnosti zakázána [10].



Obr. 1.4 Obytný přívěs [10]

Přívěs pro přepravu zvířat

Je speciálně upravený přívěs. Většinou se ve voze přepravuje kůň na závody. Při přepravě koní je jedním z nejdůležitějších požadavků jejich komfort a bezpečí. Samozřejmým požadavkem je, aby koně dorazili do cíle pokud možno odpočatí a v dobré kondici [10].



Obr. 1.5 Přívěs – přeprava koní [10]

Potahové vozidlo

Za speciální přívěsy lze považovat i vozidla původně určená k tažení zvířaty. Jde o různé typy osobních vozů (kočárů), nákladních vozů (žebříňák) atd. Potahová vozidla jsou však v zemích s rozvinutým motorismem na ústupu a ve větší míře se používají jen v nepříliš vyspělých zemích. Vozka, který řídí potahové vozidlo je brán jako řidič. Na silnicích I. a II. třídy je v době od 23.00 do 4.00 hodin zakázána jízda s potahovými vozidly a s ručními vozíky [10].



Obr. 1.6 Žebříňák [10]

Nákladní přívěs

Tento druh přívěsu patří k nejrozšířenějším. Vyrábí se více verzí, nejčastěji jednonápravový nebo dvounápravový. Nejvyužívanější jsou brzděné přívěsy, což je kategorie O2 (od 750 kg až do 3500 kg celkové hmotnosti). Přívěsy v této kategorii se objevují v provedení valník, skříň, plato nebo různé speciály. Dále také pro odtahové služby na jedno nebo dvě auta, na trhu jsou přepravníky lodí, přepravníky koní atd.

Pro použití v domácnostech se nejčastěji používají nebrzděné přívěsy kategorie O1 (do 750 kg celkové hmotnosti), zakryté například plachtou či plastovým víkem nebo nezakryté. Lidé s nejrůznějšími koníčky ale potřebují přívěsy speciální. Například jde o přepravníky motocyklů, přepravníky vodních skútrů či malé skříně (hliníkové, překližkové, plechové) [11].

Výhody nákladních přívěsů

Pro využití přívěsných vozíků existuje řada důvodů. Od roku 2010 se vztahuje na vozidla přesahující svou váhou 3,5 tuny povinnost placení mýta za využívání dálnic, rychlostních silnic a některých silnic I. třídy. Jestliže je ovšem samotné vozidlo lehčí než 3 500 kg a připojí se k němu přívěs, platí pouze povinnost využívat dálniční známku pro vozidlo do 3 500 kg. Celková souprava pak může svou kapacitou nahradit větší nákladní vozidlo se značnou úsporou nákladů. Výhodou je také možnost zapojení přívěsu za běžný služební vůz. Tím se zvýší možnosti jeho využití a zároveň se ušetří náklady na pořízení specializovaných vozidel, která by následně nemusela být často využívána. Významná výhoda je také ve variabilitě a možnosti snadného uzpůsobení přívěsu specifickým účelům [13].

1.2 Kategorie a podmínky

Při pořizování přívěsných vozíků je nutné myslet na pravidla daná zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, dále vyhláškou č. 341/2002 Sb. a také zákonem 56/2001 Sb.. Přívěsy jsou rozděleny do kategorií O1 až O4 podle jejich nejvyšší přípustné hmotnosti. Z důvodu dalších omezení jsou však v kombinaci s vozidly do 3 500 kg nejvyužívanější kategorie O1 a O2, tedy brzděné a nebrzděné přívěsy s nejvyšší přípustnou hmotností do 750 kg a 3 500 kg. Jestliže maximální přípustná hmotnost přívěsného vozíku nepřesáhne 750 kg nebo pokud není větší než pohotovostní hmotnost tažného vozidla a zároveň souprava nepřesáhne limit 3,5 tuny, stačí řidiči řidičské oprávnění skupiny B. Nutné je však dodržení největší povolené hmotnosti daného typu přívěsu, uvedené v technickém průkazu tažného vozidla. Jestliže by byl přívěs těžší než 750 kg a zároveň souprava přesáhla hranici 3 500 kg, je již nutné vlastnit řidičské oprávnění skupiny B+E. Samozřejmostí je pak přítomnost schváleného tažného zařízení na vozidle. Při nestandardní velikosti vozíku, nebo pokud přívěs znemožňuje použití zpětných zrcátek vozidla, je nutné využít přídatná zrcátka nebo jinak zajistit patřičný výhled dozadu [13].

Tab. 1.1 Dovolené rozměry přívěsu [13]

	Rozměr
Největší dovolená šířka přívěsu	2550 mm
Největší dovolená výška přívěsu	4200 mm
Celková délka soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem	18750 mm

1.3 Základní pojmy a označení

Největší povolená hmotnost – je největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích.

Provozní hmotnost – je hmotnost nenaloženého vozidla s nástavbou, se spojovacím zařízením a provozními kapalinami.

Užitková hmotnost – je maximální hmotnost přepravovaného nákladu.

Okamžitá hmotnost – je hmotnost soupravy, zjištěná v určitém okamžiku při provozu na pozemních komunikacích [10].

Rozdělení nákladních přívěsů podle kategorie a označení

Kategorie O – přípojná vozidla.

O1 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost (hmotnost samotného přívěsu i s nákladem) nepřevyšuje 750 kg.

O2 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg.

O3 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 3500 kg, ale nepřevyšuje 10000 kg.

O4 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 10 000 kg [13].

Nejvyšší povolené rychlosti přívěsu

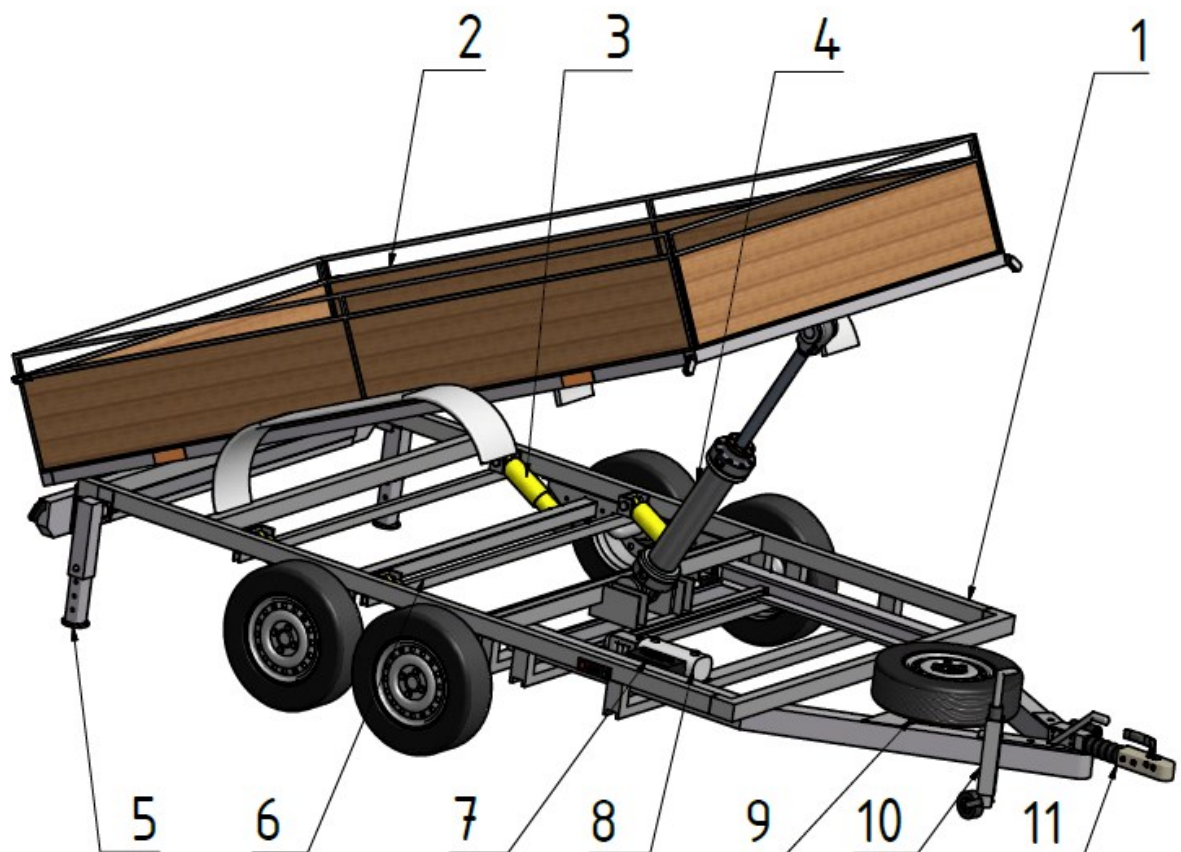
Nejvyšší povolená rychlost přívěsů se může lišit. Pokud není při technickém schvalování způsobilosti typu přívěsu stanoveno jinak, nesmí být maximální rychlost vyšší než 80 km/h. Česká legislativa ale díky vyhlášce č.341/2002 umožňuje, nejvyšší dovolenou rychlost přívěsů až 130 km/h. Tato rychlost je ale podmíněna patřičnou konstrukcí přívěsu a také jeho technickým schválením způsobilosti. Důležité je, že ve většině evropských zemích není obdobná legislativa jako v České republice, týkající se nejvyšší povolené rychlosti přívěsů, a proto se zde často setkáme s nejvyšší povolenou rychlostí přívěsu 80 km/h [13].

Výběr vozíku

Při výběru vozíku by si měl kupující uvědomit, na co přívěs bude potřebovat, co na něm bude převážet a taky kolik převážený náklad bude vážit. Výběr typů a variant je opravdu široký. K dispozici jsou jak základní jednoduché vozíky, tak také robustnější s funkcí sklápění, přepravníky automobilů, motocyklů nebo stavební techniky či jinak specializované přívěsy. Jednoduché přívěsy s maximální přípustnou hmotností do 750 kg váží podle konstrukce a velikosti zhruba 150 kg, tudíž jejich užitečná hmotnost je maximálně 600 kg. U brzděných vozíků s maximální přípustnou hmotností do 3 500 kg, lze pak převážet náklad až do hmotnosti zhruba 3 000 kg. Ceny přívěsných vozíků se pohybují zhruba od nějakých 8 000 Kč za nejjednodušší verze, až po 300 000 Kč u speciálních přívěsů.

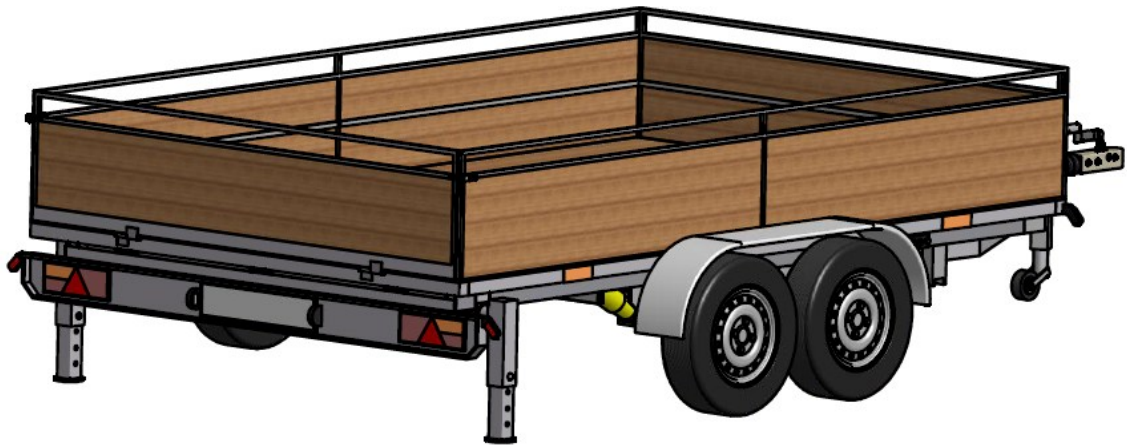
2 Návrh dvou nápravového přívěsu

Bakalářská práce řeší vlastní konstrukční návrh dvou nápravového brzděného přívěsného vozíku se sklopnou ložnou plochou (obr. 2.1). Přívěs je konstruován jako dvou nápravový z důvodu vyšší nosnosti, větší ložné plochy a tím pádem i větší využitelnosti. Měl by sloužit primárně k přepravě stavebního materiálu nebo stavební techniky. Přívěs je vybaven hydraulickým válcem, který umožňuje jednostranné sklápění korby směrem dozadu. Konstrukce přívěsu je s koly vedle ložné plochy. Maximální dovolená rychlost přívěsu je dle konstrukce 100 km/h. Na obrázcích lze vidět výsledné řešení přívěsu.



Obr. 2.1 Model dvou nápravového přívěsu

1-rám; 2- ložná plocha; 3-tlumič; 4-hydraulický válec; 5- opěrné kolečko; 6- náprava; 7-baterie; 8-nádrž hydraulické kapaliny; 9-náhradní kolo; 10-opěrné kolečko; 11- tažná spojka s nájezdovou brzdou



Obr. 2.2 Model dvou nápravového přívěsu – zadní pohled

Technické parametry přívěsu

Celkové rozměry přívěsu:	4650 x 2340 x 980	mm
Rozměry ložné plochy:	3100 x 1850	mm
Výška hrany ložné plochy:	560	mm
Provozní hmotnost:	500	kg
Užitková hmotnost:	2500	kg
Nejvyšší povolená hmotnost:	3000	kg
Rozměr pneumatiky:	185/65 R14	[-]
Počet náprav:	2	[-]
Počet tlumičů:	4	[-]

Tab. 2.1 Výhody přívěsů podle uspořádání kol [10]

Přívěs s koly pod ložnou plochou	Přívěs s koly vedle ložné plochy
Snazší nakládání z boku (bočnice lze sklopit)	Nižší těžiště, lepší jízdní vlastnosti
Nižší celková šířka přívěsu	Nižší nakládací hrana
Lepší rozložení váhy	Levnější

V tabulce jsou uvedeny hlavní výhody přívěsů podle uspořádání kol. Přívěs byl vybrán s koly vedle ložné plochy, a to hlavně z důvodu nižší nakládací hrany, a tím pádem i jednoduššího naložení stavební techniky.

2.1 Rám přívěsu

Hlavním nosným prvkem přívěsu je jeho rám. Rám přenáší veškeré síly a zatížení, které vzniká nákladem, brzděním, zrychlováním a také samotnou jízdou. Mezi nejpoužívanější typy rámu patří obdélníkový, někdy nazýván žebřinový. Tento rám je tvořen dvěma podélníky, spojenými několika příčkami. Spojení je provedeno nýtováním nebo svařováním. Výhodou tohoto rámu je jeho poměrně velká pružnost. Dalším typem rámu, je rám křížový. Koncepce spočívá v tom, že oba podélníky jsou prohnuty tak, že se ve střední části k sobě přibližují a vytváří písmeno X. Tento rám se ve srovnání s obdélníkovým rámem vyznačuje větší tuhostí. V neposlední řadě je třeba zmínit rám páteřový. Jeho základní nosnou část tvoří střední páteřový nosník. Tento rám se vyznačuje značnou pevností, zejména v krutu [14].

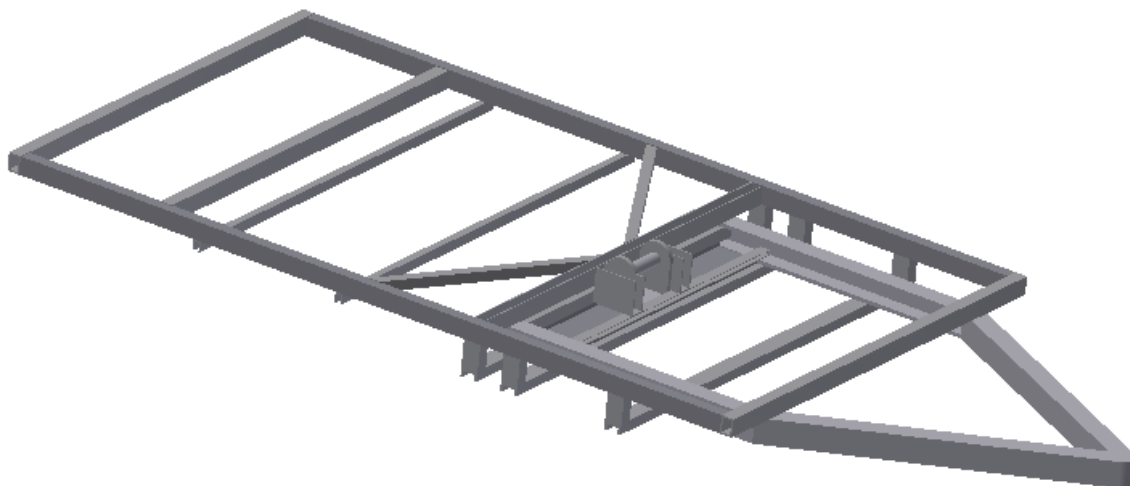
Tab. 2.2 Úkoly a požadavky na rám [14]

Hlavní úkoly rámu	Požadavky na rám
Vést nápravu v požadovaném směru	Pevnost, tuhost a pružnost
Přenést tíhu nákladu na nápravy přívěsu	Nízká hmotnost
Přenášet hnací a brzděné síly	Dlouhá životnost a snadná údržba

Konstrukce rámu

Tvar rámu je obdélníkový (žebřinový). Tvořen je dvěma podélními jekly o rozměru 70x50x3100 mm a dvěma příčnými jekly 70x50x1690 mm. Tyto konstrukční části jsou z oceli 11 523 dle ČSN 42 0002. Části rámu jsou k sobě přivařeny. V přední části rámu, před přední nápravou jsou přivařeny 3 příčníky k masivnímu oji rámu, z nichž 2 plní kromě zpevnění rámu, také funkci podpory uložení hydraulického válce. Konstrukce uložení válce je navíc ještě vyztužena dvěma příčníky, které jsou přivařeny k podélním jeklům a tvoří podporu do písmene V. Na spodní straně podélních nosníků jsou navařeny

konzoly pro uchycení dvojice náprav a držáky uchycení tlumičů. V přední části rámu je svarově přichycen oj ve tvaru V, který má oproti trubkovému oji lepší rozložení váhy nákladu. Trubkový oj zase nabízí lepší ovladatelnost přívěsu při couvání nebo lomení.



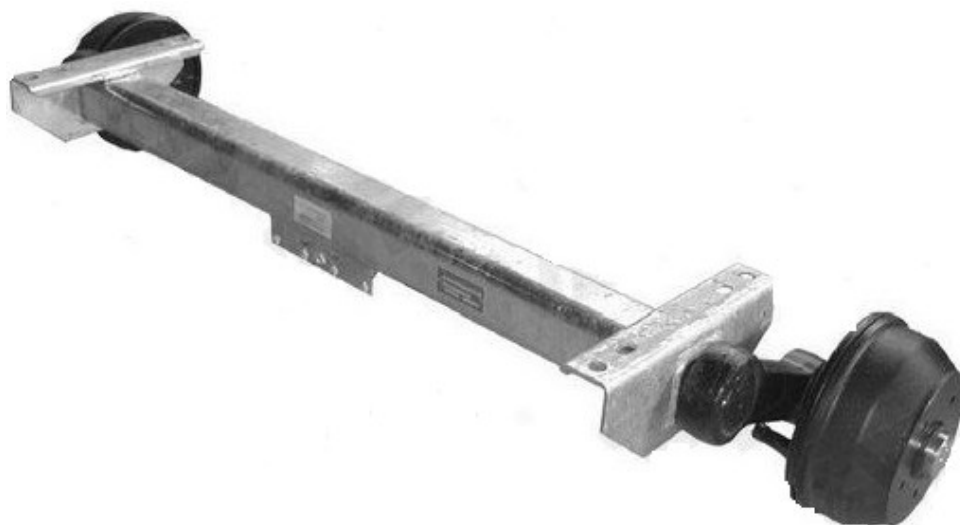
Obr. 2.3 Rám přívěsu

2.2 Nápravy přívěsu

Náprava je část podvozku vozidla nesoucí kola (obr. 2.4). Musí být dostatečně pevná, ale přitom co nejlehčí, protože to není odpružená hmota. Příliš velká hmotnost nápravy má nepříznivý vliv na jízdní vlastnosti. V návrhu byla použita náprava značky KNOTT s čtyřhrannou nápravnicí, která se vyznačuje vysokým jízdním komfortem a dlouhou životností. Ramena náprav jsou odpružena speciálními kruhovými pružicími elementy s vysokým vlastním útlumem. Náprava je vybavena navážkami pro uchycení držáků hydraulických tlumičů. Náboje jsou osazeny kompaktními bezúdržbovými dvouřadými kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem. Těleso nápravy je zároveň pozinkováno. Použité kolové brzdové jednotky jsou vybaveny couvací automatikou Backmat. Náprava jako celek obsahuje kompletní osazení a seřízení kolových jednotek, včetně brzdových bubnů a brzdových lan [11].

Technické parametry nápravy

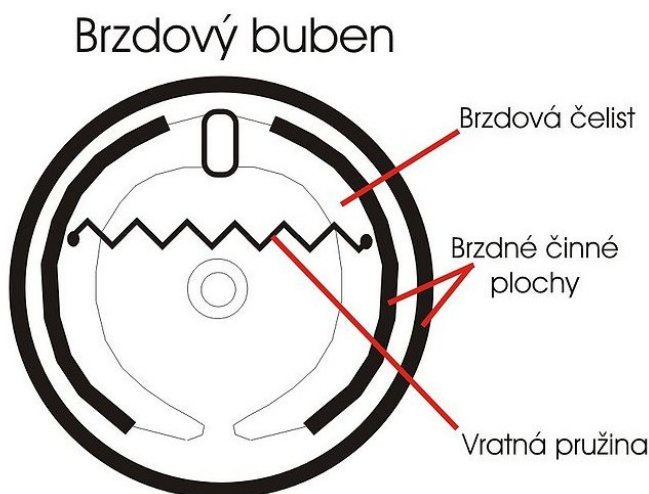
- max. zatížení nápravy: 1650 kg
- šířka nápravy v úchytech: 1980 mm
- šířka nápravy přes dosedací plochy bubnů: 2250 mm
- kolový úchyt: Ø100x4 [-]
- hmotnost: 35 kg



Obr. 2.4 Náprava KNOTT s brzdovými bubny [11]

2.3 Brzdění přívěsu

Při brzdění dochází k tření mezi rotujícími a pevnými částmi vozidla (brzdový kotouč a brzdové obložení). Při brzdění dochází k přeměně kinetické energie na tepelnou, kterou odvádí jednak části brzděného procesu a jednak se odvádí do ovzduší. U přívěsného vozíku je brzda bubnová, kde brzdový buben je pevně spojen s rotující brzděnou součástí (s nábojem kola). Při brzdění jsou brzdové čelisti přitlačovány rozpěrným ústrojím na vnitřní plochu bubnu a tím vzniká tření, čímž se přeměňuje kinetická energie na energii tepelnou a vytváří se brzdná síla. Ovládání brzd je mechanické táhlem a lanovody k brzdám. Nebrzděné vozíky mají největší výhodu oproti brzděným v tom, že jsou levnější na pořízení, lehčí a méně náročné na údržbu. Naopak přívěsy s vlastní brzdovou soustavou mají vyšší nosnost a jsou bezpečnější při maximálním zatížení [11].



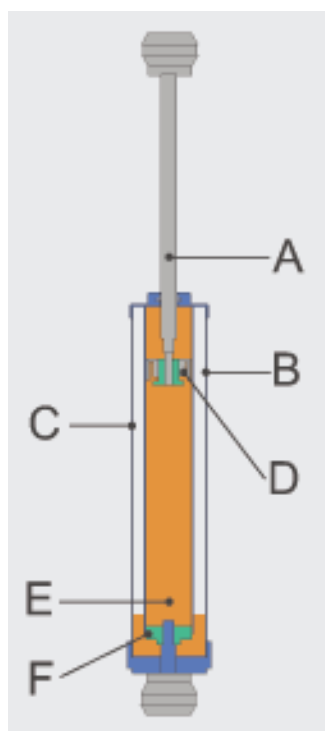
Obr. 2.5 Struktura bubnové brzdy [11]

Tab. 2.3 Výhody a nevýhody bubnové brzdy [14]

Výhody	Nevýhody
Vše uvnitř bubnu chráněno proti nečistotám	Při zahřátí delším brzděním klesá účinnost
Delší životnost obložení oproti kotoučovým	Při přehřátí může dojít k deformaci bubnu
Snadné spojení s parkovací brzdou	Dnes používáno v menší míře

2.4 Tlumiče přívěsu

Tlumič je technické zařízení, které klade odpor prudkým pohybům. Slouží k tlumení nárazů a tlumí také kmity vypružení u kol a náprav vozidel, čímž brání rozkmitání (rezonanci) mechanické soustavy, ke které je připojen. Z fyzikálního hlediska tlumič absorbuje a rozptyluje energii. Na přívěsu je použit teleskopický kapalinový tlumič, který při pohybu pístu ve válci olej protlačuje otvory z jedné komory do druhé, případně z vnitřního válce do vnějšího. Tlumicí síla je úměrná rychlosti pohybu pístu, což odpovídá obvyklým požadavkům na tlumič kmitů. Tlumiče náprav zajistí vyšší stabilitu přívěsu při vyšších rychlostech. Zajistí např. zklidnění přívěsu na nekvalitních silnicích nebo při brzdění v zatáčce. Samotné pružení náprav je dáno jejich konstrukcí. Rameno náprav pruží do určité míry samo, jelikož je zalisované v pryži nápravnice [12].



Obr. 2.6 Kapalinový tlumič [12]

A-táhlo; B-tlumič; C-tělo tlumiče; D-píst; E-olej; F-otvory

Rozdělení tlumičů

Deformační tlumič - je tvořen blokem látky s velkým vnitřním útlumem, například guma (silentblok). Hodí se pro velmi malé rozkmity.

Třecí tlumič - funguje na základě mechanického tření mezi dvěma navzájem pohyblivými částmi. Třecí tlumiče jsou vytlačovány kapalinovými tlumiči. Oproti nim mají dvě zásadní nevýhody: podléhají rychlému opotřebení a tlumicí síla je konstantní - není závislá na charakteristikách pohybu, takže neodpovídá požadavkům v náročnějších podmínkách.

Kapalinový tlumič - je nejpoužívanější. Tvoří jej válec naplněný olejem s perforovaným pístem. Při pohybu pístu ve válci se olej protlačuje otvory z jedné komory do druhé, případně z vnitřního do vnějšího válce. Tlumicí síla je úměrná rychlosti pohybu pístu, což odpovídá obvyklým požadavkům na tlumič kmitů.

Olejopenumatický tlumič - má navíc na konci válce plynovou komůrku, oddělenou pohyblivou přepážkou. Různým tlakováním komůrky lze měnit neutrální polohu tlumiče, jak to dělají některé automobily. Protože plyn je na rozdíl od oleje stlačitelný, plní olejopenumatický tlumič zároveň funkci odpružení [11].

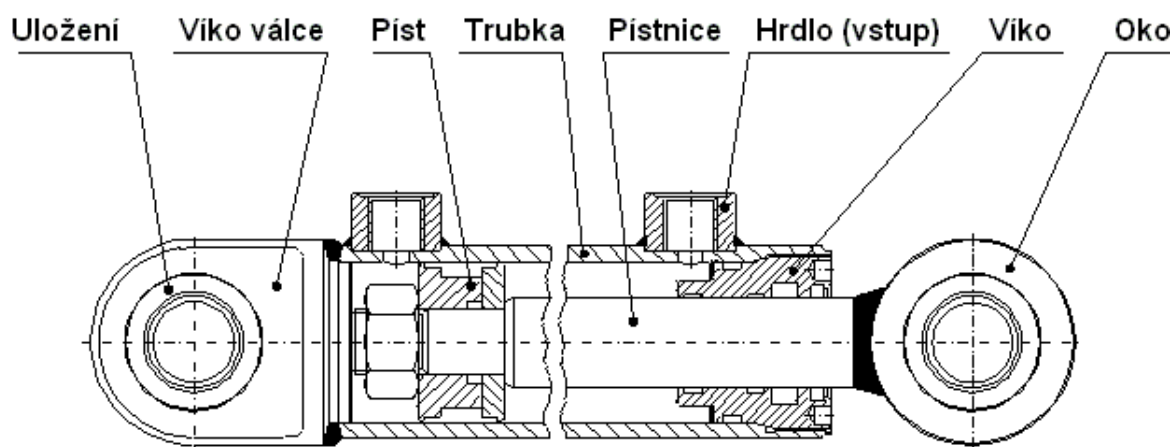


Obr. 2.7 Tlumič nápravy [11]

2.5 Zvedání ložné plochy

Hydraulický válec

Hydraulický válec je zařízení, jehož hlavní součásti jsou 2 písty a mezi nimi uzavřená kapalina (obvykle se jedná o hydraulický olej). Působí-li síla na jeden píst, kapalina přenesení sílu k druhému pístu. Princip hydraulického pístu vychází z Pascalova zákona. Síla, působící na první píst, vytváří v kapalině tlak, který se přenáší do všech míst kapaliny, tedy i k druhému pístu. Na druhý píst tlačí kapalina stejně velkým tlakem a podle velikosti obsahu pístu působí celkovou silou, která může být větší, než byla původní síla na první píst. Síla se tak nejen přenesení, ale i zvětší.



Válec = svařenec **Viko válce** + **Trubka** + **Hrdlo (vstup)**

Pístnice úplná = svařenec **Pístnice** + **Oko**

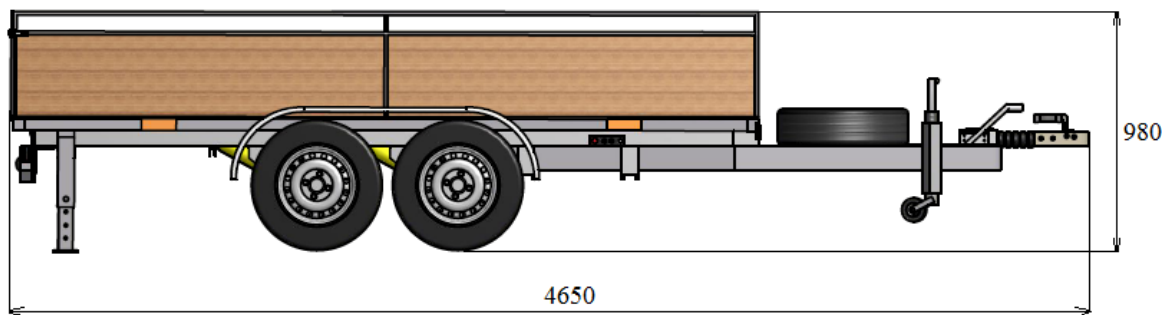
Obr. 2.8 Schéma hydraulického válce [12]

Uložení a ovládání hydraulického válce

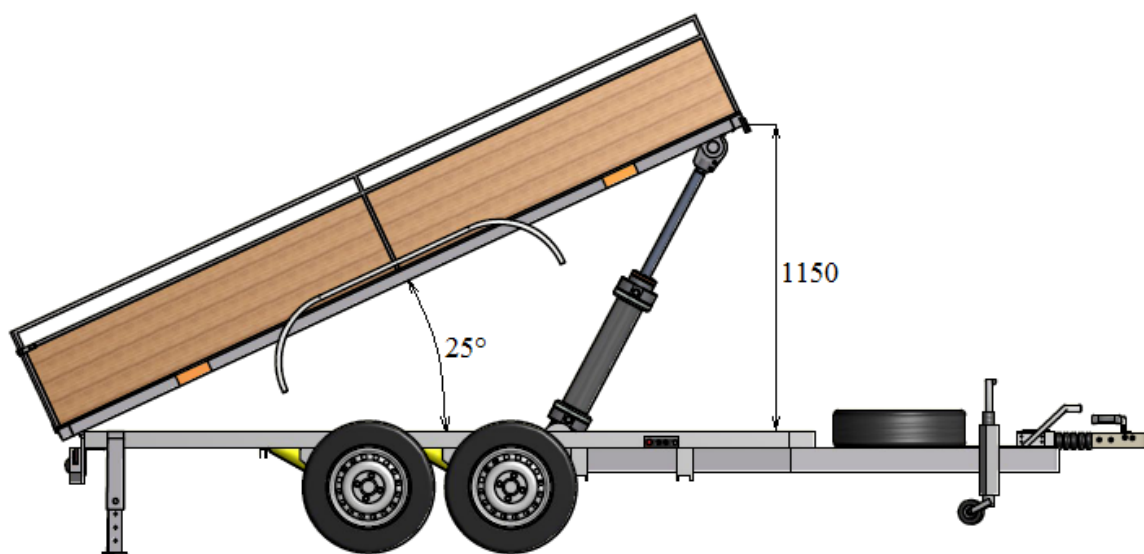
Hydraulický válec přeměňuje tlakovou energii na energii mechanickou. Je sestaven ze svařované trubky s přesně opracovaným vnitřním průměrem. Na ní jsou navařeny přípojovací hrdla pro vstup tlakové kapaliny a zátka společně s pevným okem válce. Oko válce i oko pístní tyče je osazeno kloubovým ložiskem. Víko pro vedení pístní tyče spolu s těsníci prvky je našroubováno do trubky pláště válce. Válec je uložen ve své spodní části na pevné konstrukci a zajištěn ložiskovým pouzdrem proti pohybu. Konstrukce je přivařena k příčnícům rámu přívěsu. V horní části je oko válce pevně spojeno s konstrukcí, která je přivařena k příčnícům, které jsou pod ložnou plochou přívěsu. Ovládání hydraulického válce je zajištěno ovladačem, který je umístěn na konzoly, která je na podélném jeklu rámu pod ložnou plochou. Elektrická energie je dodávána přes kabeláž a 13 – pólovou vidlici spojenou s elektroinstalací tažného vozu nebo z baterie pod ložnou plochou přívěsu [12].

Technické parametry hydraulického válce

- vnitřní průměr: 115 mm
- průměr pístnice: 55 mm
- zdvih válce: 500 mm
- jmenovitý tlak: 3 MPa
- max. pracovní tlak: 5 MPa
- pracovní rychlost: $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- naklopení ložné plochy: 25 [°]



Obr. 2.9 Ložná plocha sklopená – klidový stav

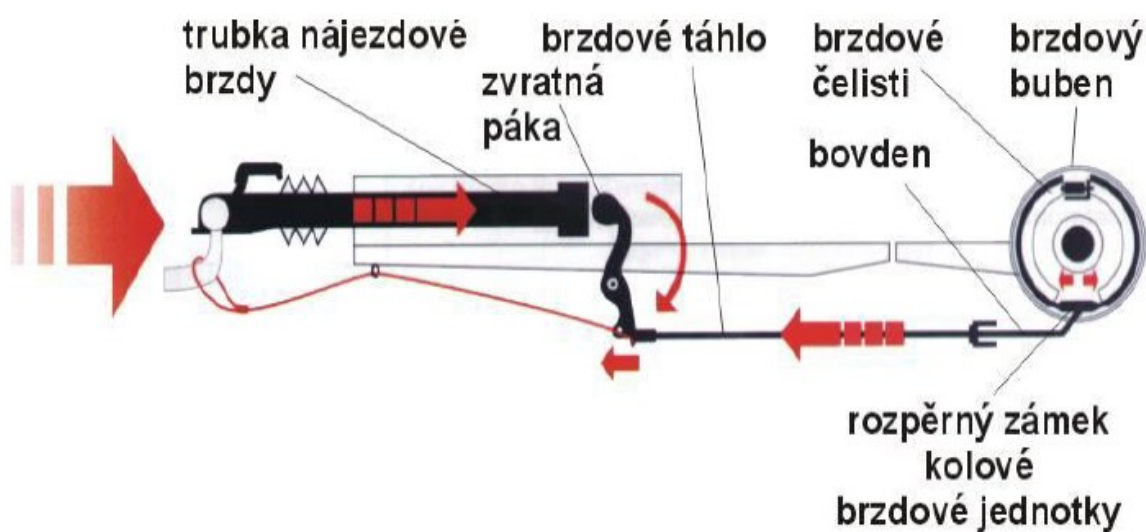


Obr. 2.10 Maximální poloha naklonění ložné plochy

2.6 Stabilizační prvky přívěsu

Tažná spojka a nájezdová brzda

Při brzdění tažného motorového vozidla působí ve spojení s přívěsem setrvačné síly přívěsu, které způsobují jeho přiblížení k tažnému vozu. Tento vzájemný pohyb umožňuje ovládací zařízení, které je konstruováno ve formě kluzáku, jenž je suvně uložen na oji přívěsu, a jehož součástí je vlastní spojovací zařízení s tažným vozem. Podmínkou správné funkce, je vyvození tlumící síly v kluzáku při přibližování přívěsu k vozu a při jeho oddalování, když vůz zrychluje. Nevýhodou tohoto řešení je, že při couvání soupravy do kopce, dochází k přibrzdování přívěsu a tím i k znesnadňování pohybu a ovládání [12].



Obr. 2.11 Princip nájezdové brzd [12]

Opěrné kolečko

Výškově stavitelné opěrné kolečko (obr. 2.12) má středový čep opatřen aretací, která po posunutí mezi prolisy v disku zamezí otáčení kolečka. Po vysunutí se výsuvná část protáčí kolem svislé osy. Při manipulaci a poježdění s přívěsem lze tak snadno měnit směr jízdy. Plní opěrnou funkci, když není přívěs připojen k tažnému vozu a také zajišťuje vodorovnou polohu přívěsu. Je umístěno v přední části přívěsu a pevně připojeno k oji [11].

Technické parametry opěrného kolečka

-	statická nosnost:	max. 700 kg
-	dynamické zatížení	500 kg (během pojezdu)
-	průměr kolečka:	200 mm
-	šířka kolečka:	50 mm
-	průměr svislé trubky:	60 mm
-	max. zdvih:	220 mm
-	náboj ložiska:	kluzný [-]



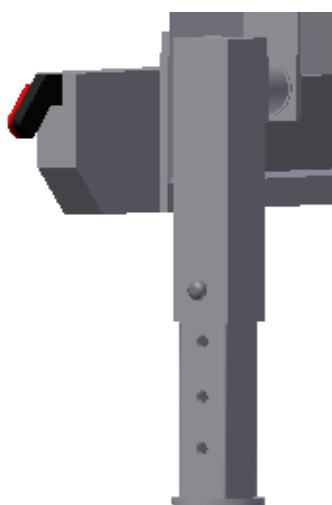
Obr. 2.12 Opěrné kolečko

Opěrné nohy

Opěrná noha (obr. 2.13) se montuje na přírubu. Na přírubě lze opěrnou nohu volně otáčet a aretovat ji v pracovní svislé poloze nebo v přepravní vodorovné poloze. Aretační kolík na řetízku zajistí žádanou pracovní polohu a také bezpečné zajištění polohy proti povolení během jízdy přívěsu.

Technické parametry opěrné nohy

- max. povolené zatížení 1 500 kg
- max. výsuv 220 mm
- celková výška při zasunutí: 325 mm
- celková výška při vysunutí: 545 mm



Obr. 2.13 Opěrná noha

2.7 Podlaha a bočnice

Materiál podlahy a bočnic je z vodě a ořeru odolné jedenáctivrstvé překliřky tlouřky 15 mm. Bočnice jsou navíc zpevněné relingem (jeklovou ohrádkou).

Tab. 2.4 Výhody hliníkových a překliřkových bočnic [14]

Výhody hliníkových bočnic	Výhody překliřkových bočnic
Pevnost	Pevnost
Vhodné při řastém odjímání	Odolnost proti odírání a opírání
Lehkost	Cena – levnější

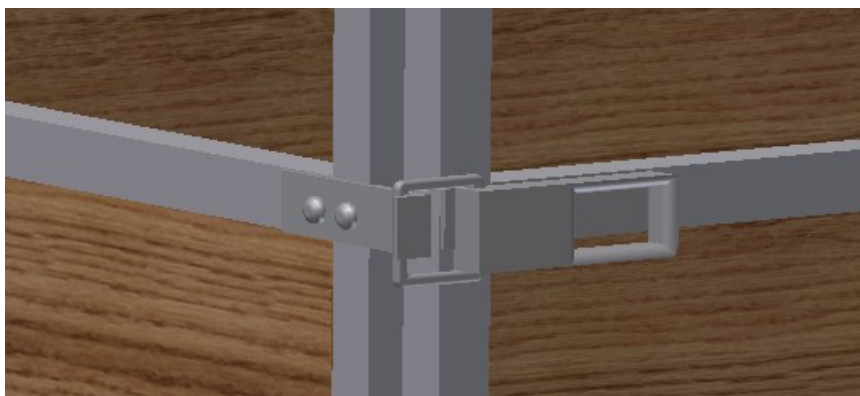


Obr. 2.14 Otevřené zadní řelo přívěsu

2.8 Zajiřtění bočnic a nákladu

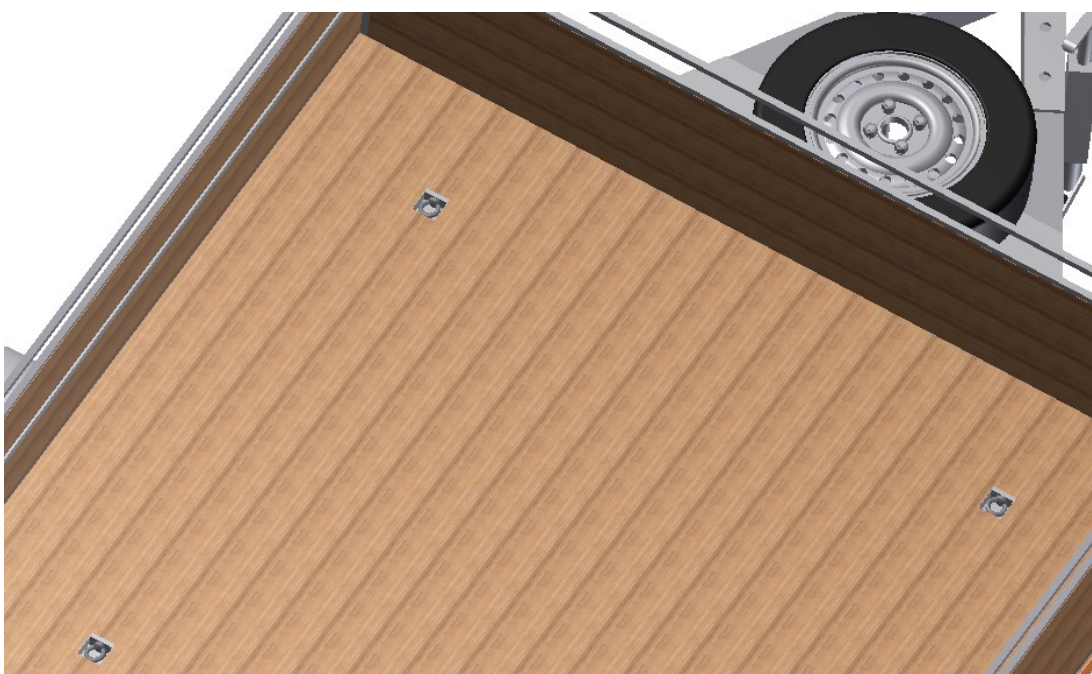
Bočnice přívěsu jsou pevné, není umožněno jejich otevření ři naklonění. Přední a zadní řela jsou konstruována jako pohyblivá, jde je tudíž otevírat a manipulovat s nimi. Uzavřetí předního a zadního řela k bočnicím přívěsu je zajiřtěno mechanickým zámekem.

Zámek uzávěru je opatřen ruční stiskací pojistkou. Po jejím odjištění a otevření páky dojde k otevření čela.



Obr. 2.15 Mechanismus uzávěru bočnic

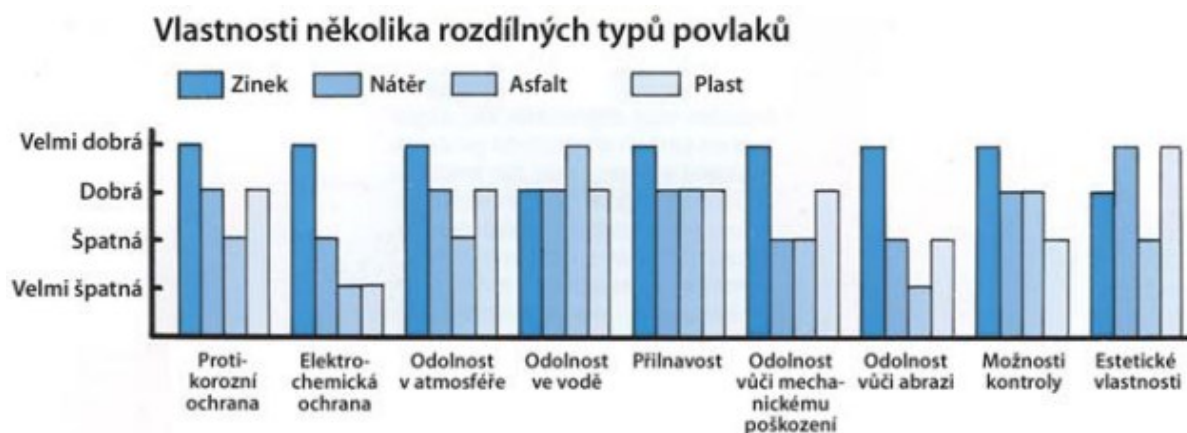
Při převozu nákladu, který je nutno pevně zajistit proti pohybu (transportní paleta, stavební technika atd.) jsou k dispozici v podlaze přívěsu kotevní misky, které jsou pevně spojeny s rámem. Pomocí provazů nebo popruhů lze zajistit pevné a bezpečné ustavení nákladu.



Obr. 2.16 Kotevní misky v podlaze

2.9 Povrchová a protikorozní úprava přívěsu

Povrchová a protikorozní úprava přívěsu je zajištěna žárovým zinkováním. Největší výhodou žárového zinkování jsou nízké náklady a velice dlouhá životnost, proto jde o neekonomičtější způsob dlouhodobé ochrany oceli. Výhodou také je, že údržbu zinkovaných součástí není nutné provádět často, stačí i po delším časovém intervalu. Žárové zinkování spočívá v tom, že jeho povlak, který se spojí se základním kovem (ocelí), vytvoří metalurgickou vazbu. Tento jedinečný povrch nelze docílit žádným jiným způsobem povlaků. Povlak žárového zinkování má velmi vysokou odolnost proti poškození během provozu, skladování, dopravy atd. Svařitelnost zinkovaného materiálu není ideální, a to z důvodu, že zinek nejdříve musíme odstranit ze svařovaného místa. Tím se poruší zinková vrstva. Dalším problémem je, že během svařování dochází k hoření zinku a vznikají jedovaté zplodiny. Nejvhodnější je svařovat rám zkompletovaný (jako svařenec). Svařenec musí splňovat podmínky zinkování. Duté profily musí mít odvětrávací otvory, aby nedošlo k výbuchu par. Dále na zinkovaných profilech nesmí být nečistoty či zbytky po svařování (struska, svářecí zbytky, konzervační prostředky atd.). Tyto nečistoty nelze odstranit mořením a vedou k vadám zinkování [15].



Obr. 2.17 Porovnání vlastností různých povlaků [15]

3 Kontrolní výpočty

3.1 Kontrola rámu

Pevnostní analýza

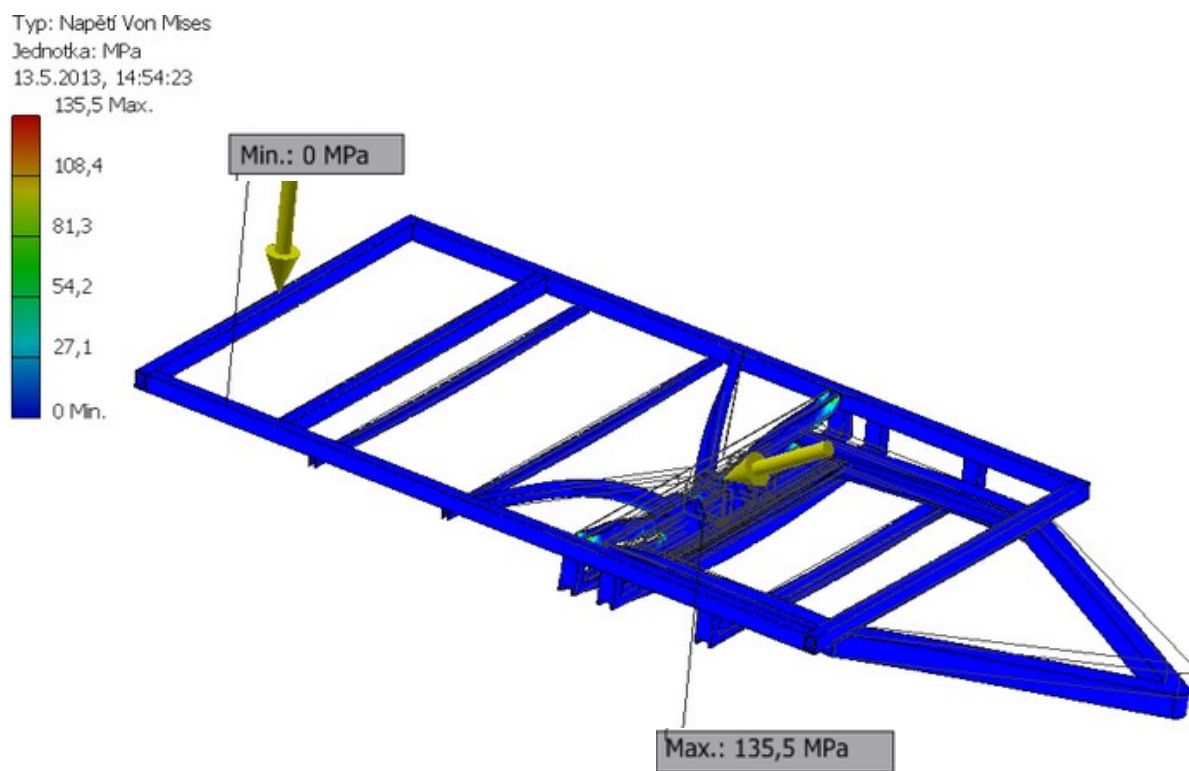
Je numerická metoda, sloužící k simulaci průběhů účinků napětí, deformací, frekvencí, účinků tepla atd. na vytvořeném modelu součásti. Princip spočívá v rozdělení analyzovaného modelu na části. Poté se vytvoří síťový model součásti, kde se zadají předpokládaná zatížení.

Nadefinované okrajové podmínky

Tab. 3.1 Okrajové podmínky

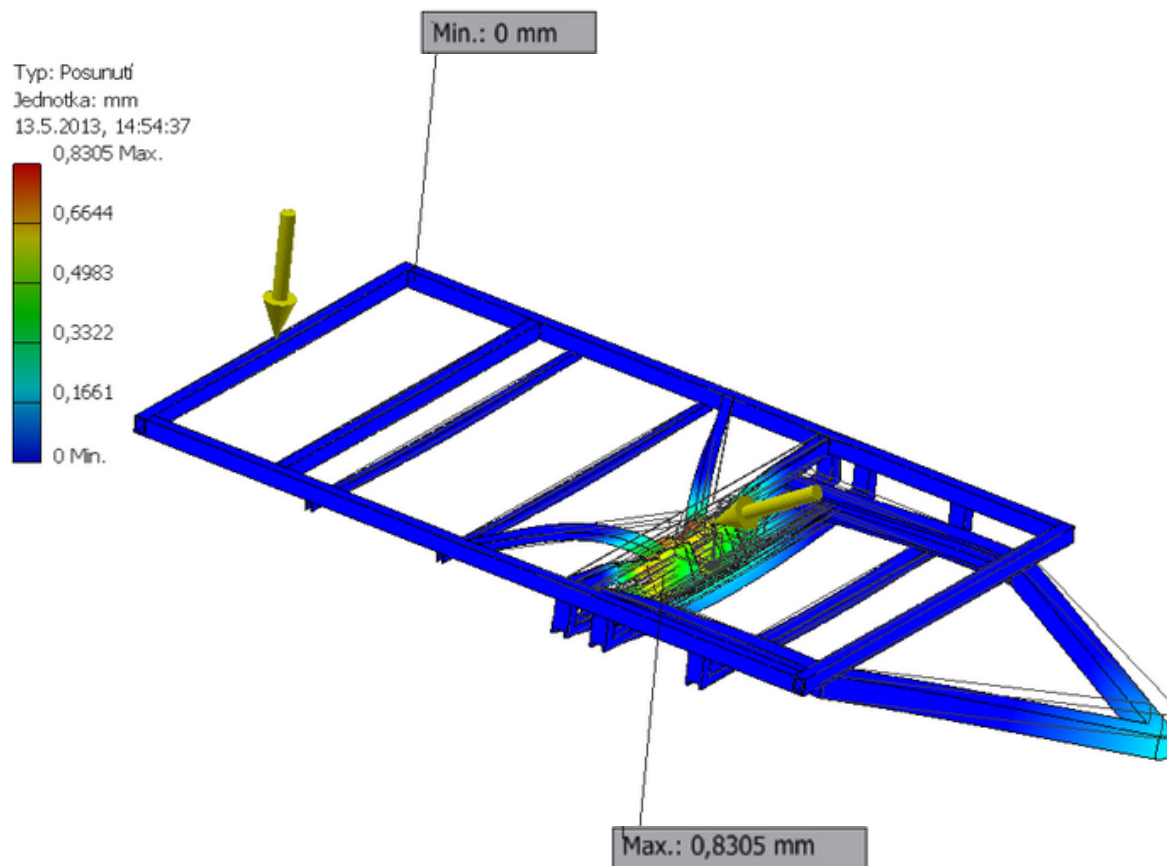
Podmínka	Řešení
Materiál rámu	Ocel 11 523
Dotyky	Vázané – celá konstrukce je svařovaná
Zatížení	$F = 26\,500\text{ N}$ $G = 9,81\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Pevnostní analýzou bylo zkontrolováno uložení hydraulického válce na rámu přívěsu. Konstrukce uložení válce byla zatěžována silou 26 500 N (2 700 kg), což je zhruba hmotnost maximálního naložení a hmotnost korby přívěsu. Po zadání materiálu jednotlivých částí rámu, nastavení vazeb, dotyků, sítě modelu a zadání gravitačního zrychlení, byla provedena simulace. Maximální napětí 135,5 MPa vzniklo na prohnuté výztuze, která podpírá konstrukci uložení hydraulického válce.

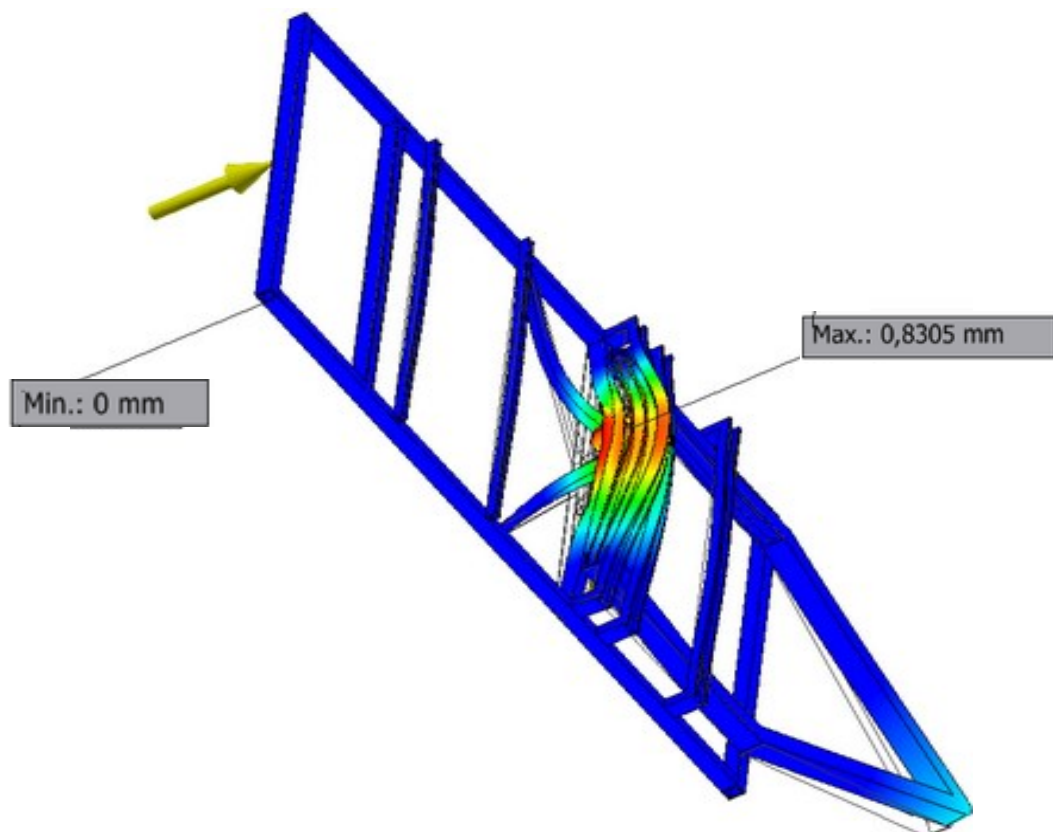


Obr. 3.1 Rozložení napětí na rámu při zatěžování hydraulického válce

Zkontrolováno bylo také posunutí. Maximální posunutí 0,8305 mm opět vzniklo na příčné výztuze, která podpírá konstrukci uložení hydraulického válce.



Obr. 3.2 Maxima posunutí na rámu při zatěžování hydraulického válce



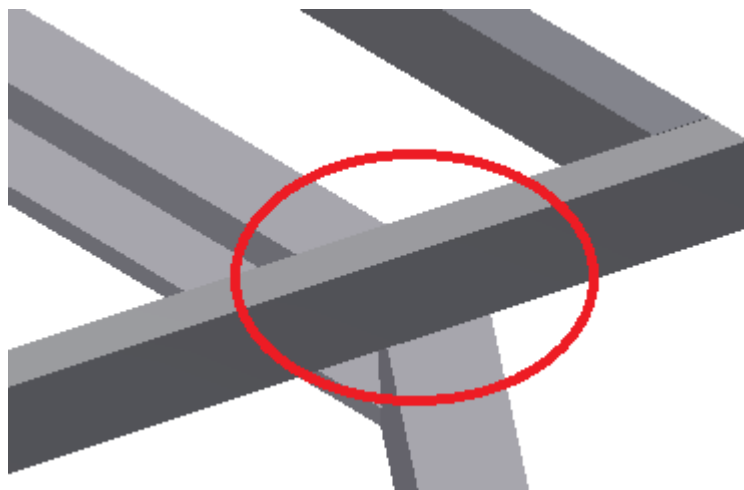
Obr. 3.3 Maxima posunutí na rámu při zatěžování hydraulického válce – zadní pohled

Výsledek

Pevnostní analýzou byly zjištěny konkrétní místa, kde se nachází maximální napětí a maximální posunutí u daného zatížení. Maximální výsledné napětí 135,5 MPa a posunutí 0,8305 mm vyšlo v místě, které se dalo podle charakteru zatěžování předpokládat. Pro snížení napětí a posunutí by se kritické místo muselo ještě více vyztužit nebo použít kvalitnější materiál.

Kontrola svaru rámu

Výpočet proveden pro svar v místě připojení oje k rámu přívěsu. Kontrola svaru provedena dle normy ČSN 05 0120. Nosný profil bude přivařen k rámu čtyřmi koutovými svary. Všechny namáhány na smyk. Dva z nich namáhány rovnoběžně se směrem svaru a dva kolmo na směr svaru. Pro svařování byla zvolena elektroda E-B 122-001 s mezí kluzu $R_e = 430 \text{ MPa}$.



Obr. 3.4 Místo svaru - spojení rámu s ojí přívěsu

Smykové napětí rovnoběžné se směrem svaru

- délka svaru $l_R = 50 \text{ mm}$
- výška svaru $a = 4 \text{ mm}$
- tíhová síla nákladu $F_N = 26\,450 \text{ N}$
- počet nosných členů $n = 4 [-]$

$$F_N = 2700 \cdot 9,81 = 26\,450 \text{ N} \quad (3.1)$$

Výpočtová délka svaru:

$$l_R = l_{R'} - 1,5 \cdot 1,41 \cdot a = 50 - 1,5 \cdot 1,41 \cdot 4 = 41,54 \text{ mm} \quad (3.2)$$

Smykové napětí:

$$\tau_R = \frac{F_N}{2 \cdot a \cdot n \cdot l_R} = \frac{26\,450}{2 \cdot 4 \cdot 41,54 \cdot 4} = 19,89 \text{ MPa} \quad (3.3)$$

Smykové napětí kolmé na směr svaru

- délka svaru $l_K' = 65 \text{ mm}$
- výška svaru $a = 4 \text{ mm}$
- tíhová síla nákladu $F_N = 26\,450 \text{ N}$
- počet nosných členů $n = 4 [-]$

Výpočtová délka svaru:

$$l_K = l_K' - 1,5 \cdot 1,41 \cdot a = 65 - 1,5 \cdot 1,41 \cdot 4 = 56,54 \text{ mm} \quad (3.4)$$

Smykové napětí:

$$\tau_K = \frac{F_N}{2 \cdot a \cdot n \cdot l_K} = \frac{26450}{2 \cdot 4 \cdot 56,54 \cdot 4} = 14,62 \text{ MPa} \quad (3.5)$$

Podmínka koutových svarů:

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\tau_K}{\alpha_K}\right)^2 + \left(\frac{\tau_R}{\alpha_R}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{\sigma_K}{k} \quad (3.6)$$

- součinitel bezpečnosti $k = 1,8 [-]$
- převodní součinitel svarového spoje kolmého $\alpha_{K1} = 0,9 [-]$
- převodní součinitel svarového spoje rovnoběžného $\alpha_{R1} = 0,8 [-]$
- tloušťka materiálu $t = 10 \text{ mm}$
- mez kluzu $\sigma_K = 430 \text{ MPa}$

Součinitel výšky koutového svaru:

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot 10 = 1 \quad (3.7)$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\tau_K}{\alpha_K}\right)^2 + \left(\frac{\tau_R}{\alpha_R}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{\sigma_K}{k}$$

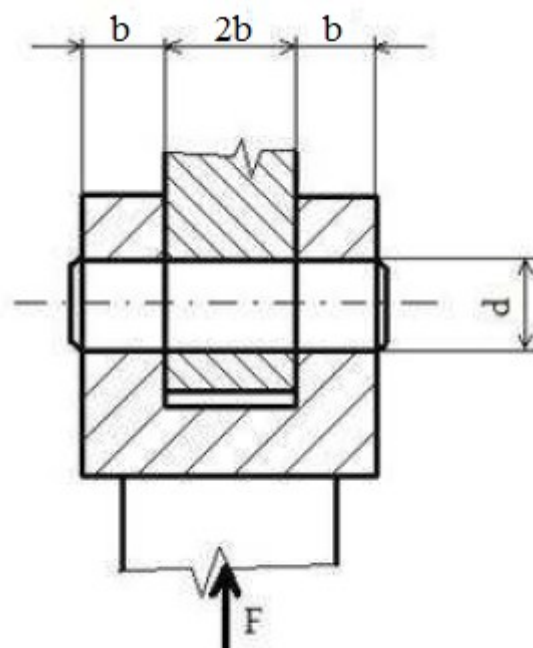
$$\tau = \sqrt{\left(\frac{14,62}{0,9}\right)^2 + \left(\frac{19,89}{0,8}\right)^2} \leq 1 \cdot \frac{430}{1,8} \quad (3.8)$$

$$\tau = 29,71 \leq 238,89 \text{ MPa} \quad \text{Svar vyhovuje.} \quad (3.9)$$

3.2 Kontrola čepového spoje

Čep je umístěn v pouzdrech na horní straně zadního příčnicku a je spojen s dvěma oky, které jsou přivařeny ke spodní části rámu nákladní plochy vozíku. Při zvedání korby vozíku pomocí hydraulického válce, se bude po čepích zajišťovat naklonění korby o daný úhel (zhruba 25°). Čep je z oceli. Počet čepů – 3.

Materiál čepu	11 500
R_{emin}	245 MPa
σ_{DO}	105 MPa
τ_{DS}	50 MPa
P_D	30 MPa
b	20 mm
F	9 000 N



Obr. 3.5 Schéma čepového spoje [2]

Výpočet zatěžující síly čepu:

$$F_{celk} = m \cdot g \quad (3.10)$$

m – hmotnost ložné plochy (cca 200 kg)

– hmotnost nákladu (max. 2500 kg)

$$F_{celk} = 2700 \cdot 9,81 = 26450 \text{ N} \quad (3.11)$$

Síla se rozloží na 3 čepy.

$$F = \frac{F_{celk}}{3} = \frac{26450}{3} = 8835 \text{ N} \quad (3.12)$$

Zatěžující sílu F volím větší a to 9 000 N.

Výpočet potřebného průměru čepu z ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{b}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} = \frac{16 \cdot F \cdot b}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{DO} = \frac{R_e}{k_s} \quad (3.13)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F \cdot b \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 9000 \cdot 20 \cdot 2}{\pi \cdot 245}} = 19,56 \text{ mm} \Rightarrow 24 \text{ mm} \quad (3.14)$$

Velikost průměru čepu volím nejbližší větší normalizovanou velikost a to je $\varnothing 24 \text{ mm}$.

Délka náboje táhla 2b musí vyhovovat podmínce pro měrný tlak v táhle:

$$p_1 \leq p_D \quad (3.15)$$

$$\frac{F}{2b \cdot d} \leq p_D$$

$$\frac{9000}{2 \cdot 20 \cdot 24} \leq 30 \quad (3.16)$$

$$9,375 \text{ MPa} \leq 30 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje.}$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$p_1 = \frac{F}{S_1} = \frac{F}{d \cdot 2b} = \frac{9000}{24 \cdot 40} = 9,375 \text{ MPa} \quad (3.17)$$

$$p_2 = \frac{F}{S_2} = \frac{F}{d \cdot 2 \cdot b} = \frac{9000}{24 \cdot 40} = 9,375 \text{ MPa} \quad (3.18)$$

S_1 a S_2 jsou průměty skutečných stykových ploch do roviny.

$p_1, p_2 < p_D$ Čep na otláčení vyhovuje.

Kontrola čepu na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 9000}{\pi \cdot 24^2} = 9,95 \text{ MPa} \quad (3.19)$$

$$\tau_s < \tau_D$$

$$9,95 \text{ MPa} < 50 \text{ MPa} \quad (3.20)$$

Čep na smyk vyhovuje.

Kontrola ohybového napětí v čepu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F \cdot (2b + 2 \cdot b)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot 8} = \frac{4 \cdot F \cdot (2b + 2 \cdot b)}{\pi \cdot d^3} = \frac{4 \cdot 9000 \cdot (40 + 2 \cdot 20)}{\pi \cdot 24^3} = 73,68 \text{ MPa} \quad (3.21)$$

$$\sigma_o < \sigma_D$$

$$73,68 \text{ MPa} < 105 \text{ MPa} \quad (3.22)$$

Čep na ohybové napětí vyhovuje.

3.3 Kontrola hydraulického válce

Výpočet plochy válce:

$$S = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,115^2}{4} = 0,0105 \text{ m}^2 \quad (3.23)$$

Pracovní tlak:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{2700 \cdot 9,81}{0,0105} = 2,52 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad (3.24)$$

3.4 Výpočet brzdění

Při brzdění přívěsu je zrychlení záporné. Místo záporného znaménka se používá výraz poměrné zpomalení, které je poměrem záporného zrychlení a tíhového zrychlení.

Tíhová síla působící na stojící přívěs:

$m = 3\,000 \text{ kg}$max. hmotnost naloženého přívěsu

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

$$G = m \cdot g = 3000 \cdot 9,81 = 29430 \text{ N} \quad (3.25)$$

Při výpočtu brzdění se uvažuje hodnota zpomalení 0,5.g. Z toho je vypočítáno poměrné zpomalení:

$$z = -\frac{x}{g} = -\frac{-0,5 \cdot g}{g} = 0,5 \quad (3.26)$$

U rovnoměrně zatíženého přívěsu, se těžiště nachází uprostřed mezi nápravami a statické zatížení nápravy se vypočte takto:

$$Z_{Pstat} = \frac{G}{2} = \frac{29430}{2} = 14715 \text{ N} \quad (3.27)$$

V případě nerovnoměrného zatížení přívěsu nákladem a případného stání ve svahu o úhlu α se zatížení nápravy počítá takto:

$$Z_{Pstat} = G \cdot \left(\frac{l_z}{l} \cdot \cos \alpha - \frac{h}{l} \cdot \sin \alpha \right) \quad (3.28)$$

l_z = vzdálenost nápravy od těžiště [mm]

l = rozvor přívěsu [mm]

h = výška těžiště [mm]

α = úhel sklonu svahu [°]

Brzdná síla pro vypočítané zatížení nápravy:

$$B_N = f_N \cdot Z_{Pstat} = 0,75 \cdot 14715 = 11037 \text{ N} \quad (3.29)$$

$f_N = 0,75$hodnota z tabulky pro suchý asfalt

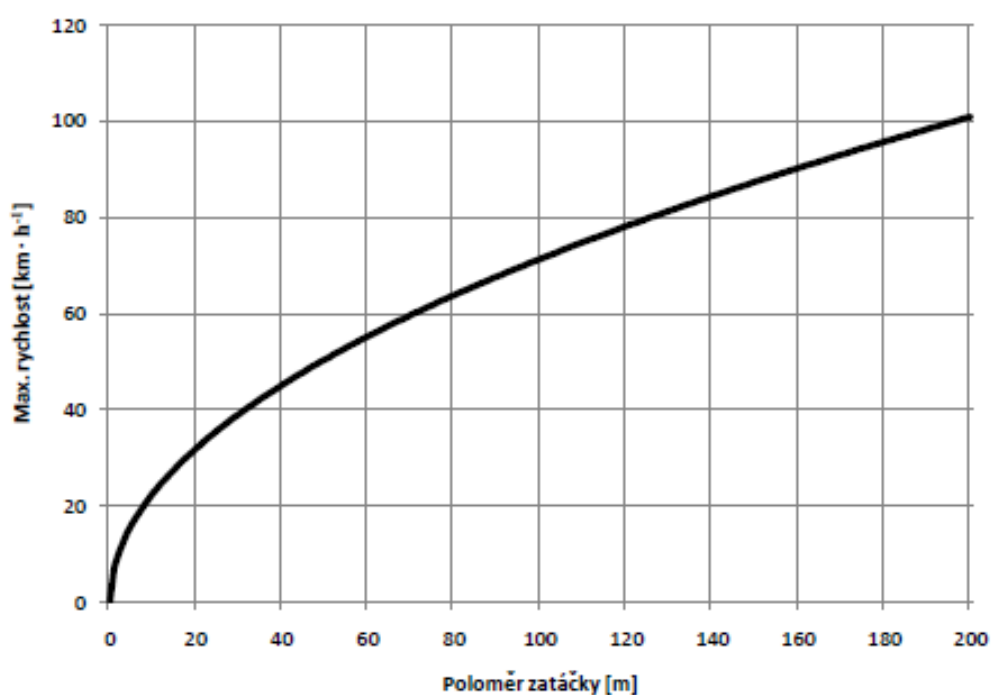
Tab. 3.2 Součinitele přilnavosti pro různé povrchy [16]

Vozovka		Hodnota	Vozovka		Hodnota
beton	suchý	0,8 – 1,0	asfalt	suchý	0,6 – 0,9
	mokrý	0,5 – 0,8		mokrý	0,3 – 0,8
dlažba	suchá	0,6 – 0,8	makadam	suchý	0,6 – 0,8
	mokrá	0,3 – 0,5		mokrý	0,3 – 0,5
polní cesta	suchá	0,4 – 0,6	tráva	suchá	0,4 – 0,6
	mokrá	0,3 – 0,4		mokrá	0,2 – 0,5
hluboký písek, sníh		0,2 – 0,4	náledí		0,1 – 0,3

Průjezd zatáčkou

Maximální rychlost přívěsu při průjezdu zatáčkou je závislá na tíhovém zrychlení g , rozchodu náprav t , poloměru zatáčky R a výšce těžiště nákladu h . Výsledná maximální rychlost se vypočte takto:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{g \cdot t \cdot R}{2 \cdot h}} \quad [km/h] \quad (3.30)$$



Obr. 3.6 Maximální rychlost průjezdu zatáčkou [16]

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout dvou nápravový přívěsný vozík určený primárně pro převoz těžkého stavebního materiálu nebo stavební techniky. Návrh byl doplněn o možnost sklopení ložné plochy, a to jedním směrem dozadu. Tento technický prvek byl vyřešen pomocí hydraulického válce, který umožňuje naklopení ložné plochy o úhel 25 stupňů. Válec je pevně spojen s konstrukcí, která je spojena s rámem přívěsného vozíku. Rám přívěsu je z ocelových profilů, které jsou k sobě přivařeny. Tyto profily byly navrženy s ohledem na vysokou pevnost a tuhost, aby bez problémů vydrželi velké zatížení přívěsu a splňovaly bezpečnostní podmínky. Maximální dovolená rychlost přívěsu je dle konstrukce 100 km/h. Konstrukce přívěsu byla řešena v provedení s koly vedle ložné plochy, z důvodu nižší nakládací hrany, nižšího těžiště, a tudíž i lepších jízdních vlastností přívěsu. Nosnost přívěsu byla díky dvěma robustním nápravám a pevného svařovaného rámu stanovena na 2 500 kg. Práce obsahuje vlastní konstrukční návrh řešení přívěsu, doplněný o popis jednotlivých komponent.

Ve výpočtové části práce je zkontrolováno pevnostní analýzou uložení hydraulického válce na konstrukci rámu. Zjištěno bylo místo maximálního napětí a maximální posunutí. Dále byla provedena kontrola čepového spoje, po kterém se zajistí naklopení ložné plochy. V další části byl zkontrolován svar rámu s ojí přívěsu a vypočítána brzdná síla.

5 Seznam použité literatury

Knihy a příručky:

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky. Albra – Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [2] KALÁB, K.: Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 91 s., ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] KALÁB, K.: Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 130 s., ISBN 978-80-248-1860-3.
- [4] KALÁB, K.: Návrh a výpočet řemenového převodu – vysokoškolská příručka. Ostrava 2008
- [5] MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: Výpočty a konstrukce strojních dílů. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2005, 72 s. ISBN 80-248-0878-1.
- [6] ŠVERCL, J.: Technické kreslení a deskriptivní geometrie. Scientia – Pedagogické nakladatelství, Praha, 2003. ISBN 80-7183-297-9.
- [7] KROFTA, M.: Převážné právo v dopravě. Leges – Úřední nakladatelství, Praha, 2010. ISBN 978-80-87212-17-2.
- [8] BUĎA, J.: Jak předcházet bezpečnostním rizikům v silniční dopravě. Vogel – Úřední nakladatelství, Praha, 2010. Č. 306211.
- [9] JANOTA, A. PŘIBYL, P. SPALEK, J.: Analýza a řízení rizik v dopravě. Praha, 208. ISBN 807300214.

Internet:

- [10] Přívěs. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99%C3%ADv%C4%9Bs>
- [11] Výběr přívěsu. In: Agados [online]. 2009 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.agados.cz/poradna/jak-spravne-vybrat-prives>
- [12] Přívěsné vozíky. Vozík [online]. 2012, 9568-5412-125 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.vapp.cz/eshop/>
- [13] Zákonné požadavky. Zákon [online]. 2012, č. 17 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.obytne-auta-ostava.cz/Zajimavosti/10-Ridicke-opravneni-B-E>
- [14] Převoz materiálu. Toni car [online]. 2011 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.privesy-tonicar.cz/privesy-03t---35t.html>

- [15] Příručka žárové zinkování. Ochrana povrchu kovů [online]. 2009, č. 1
[cit.2013-05-18] Dostupné z: http://www-zinkoza.sk/ziarove_zinkovanie.pdf
- [16] Nákladní přívěsy-snížená ložná plocha. Nákladní přívěsy [online]. 2013, č. 03
[cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.boeckmann-centrum.cz/nakladni-privesy/zvysena-lozna-plocha/ch-series-3000>
- [17] Brzděné přívěsy. Vozíky [online]. 2005 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z:
<http://www.privesne-voziky.cz/brzdene-privesy.html>
- [18] Převravníky. In: Převravníky techniky [online]. 2011 [cit. 2013-05-13].
Dostupné z: http://caravanpark.cz/userfiles/file/Agados_prepravniky_2013.pdf

6 Seznam příloh

<u>PŘÍLOHA</u>	<u>NÁZEV</u>	<u>OZNAČENÍ</u>	<u>FORMÁT</u>
A	Dvou nápravový přívěs	KUR0036-SB3KVS02	A1
B	Rám	Rám přívěsu	A2
C	Opěrné kolečko	KUR0036-SB3KVS02-01	A3
D	Držák světel	KUR0036-SB3KVS02-23	A3
E	Datový disk CD		

Použitý software:

Microsoft Office Word 2007

Autodesk AutoCAD 2011

Autodesk Inventor Professional 2011

Závěrem bych rád poděkoval Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za cenné rady a vedení při zpracování bakalářské práce.