



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TRAKTOROVÝ VALNÍKOVÝ NÁVĚS 5T

TRACTOR SEMI-TRAILER 5T

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jaromír Havel

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jaromír Havel**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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 bakalářské práce:

Traktorový valníkový návěs 5t

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Koncepční návrh přípojného vozu typu návěs za traktor. Konstrukce vozu je pro třístranné sklápění. Převážná část vozu je valníkového typu, ruční mechanismem otevíratelné bočnice.

Požadované technické parametry:

Maximální nosnost přepravního vozu do 5 000 kg.

Parametry valníkové nástavby – plocha cca 8 m².

Maximální rychlost přepravy 25 km/h.

Podvozek jednonápravový.

Hydraulické sklápění valníkové nástavby, pohon od traktoru.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor traktorových přepravních vozů obdobné hmotnostní kategorie.

Rešeršní rozbor legislativních předpisů.

Koncepční návrh návěsu.

Funkční, rozměrové a silové výpočty.

Upřesnění konstrukce vozu s návrhem komponent.

Pevnostní analytický výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Výkres sestavy přepravního vozu.

Podsestava svařence rámu.

Dílenské výrobní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.).
Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady
vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je konstrukční návrh traktorového valníkového jednonápravového návěsu o nosnosti 5 tuny. Navrhovaný návěs je valníkového typu s třístranným vyklápěním. Úvod je věnován legislativním požadavkům na provoz a konstrukci přípojných vozidel a návěsů, požadavkům na vybavení a na bezpečnost. Následuje rešerše vybraných typově podobných návěsů dostupných na českém trhu. Hlavní část je věnována vlastnímu návrhu konstrukce a designu návěsu a návrhu příslušenství, aby návěs vyhovoval všem požadavkům. Podrobně je analyzován rám návěsu v kritických bodech. Provedeny jsou nezbytné pevnostní výpočty mezních stavů rámu a ověřena vhodnost navržených materiálů a jednotlivých komponentů. Proveden je výpočet svahové dostupnosti. Práce je doplněna základními výpočty, tabulkami a ilustračními fotografiemi. Přílohou jsou kompletní výkresy sestavy svařence, detailů rámu podvozku a obrázky návěsu z 3D modelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Traktorový návěs, návěs jednonápravový, valníkový sklopný návěs, třístranný sklápěcí návěs, konstrukce návěsů, zemědělská přeprava

ABSTRACT

The task of this bachelor's thesis is the structural design of a tractor flatbed one axis trailer with a load capacity of 5 metric tons. The proposed semi-trailer is a flatbed type with three-way tipping. The introduction is devoted to legislative requirements for the operation and construction of trailers and semi-trailers including requirements for safety and accessories. Followed by a research of selected semi-trailers of a similar type available on the Czech market. The main part of thesis describes construction and design of semi-trailer and the design of accessories so that the semi-trailer meets all requirements. The semi-trailer frame is analysed in detail at critical points. The necessary strength calculations of the limit states of the frame are carried out and suitability of the proposed materials and individual components is verified. The slope accessibility calculation is performed. The work is supplemented with basic calculations, tables and illustrative photographs. Attached are complete drawings of the weldment assembly, detailed drawings of the chassis frame and images of the trailer from the 3D model.

KEYWORDS

Tractor semi-trailer, one-axis semi-trailer, flatbed tipping semi-trailer, Three-way tipping semi-trailer, semi-trailer design, agricultural transport

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAVEL, Jaromír. *Traktorový valníkový návěs 5t*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Jaroslav Kašpárek. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/156981>.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. května 2024

.....

Jaromír Havel



PODĚKOVÁNÍ

Hlavní poděkování patří vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za jeho ochotu, užitečné rady, připomínky a poskytnuté materiály. Dále bych rád poděkoval Farmě Benák za poskytnutí konzultací při návrhu a Ing. Michalu Pikulovi ze společnosti ZDT za přehled potřebných legislativních nařízení.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Legislativa	12
1.1 Obecné požadavky	12
1.2 Požadavky na zařízení pro osvětlení	15
1.3 Výbava vozidel doplňkovými zařízeními	18
1.4 Spojitelnost jízdnic souprav	18
2 Rešerše návěsů obdobné hmotnostní kategorie	19
2.1 Návěs ZDT NS7.3	19
2.2 Návěs WTC Písečná BIG7.5	20
2.3 Návěs Fliegl TDK 80A-88VR	20
2.4 Srovnání	21
3 Návrh návěsu	23
3.1 Návrh rámu podvozku.....	23
3.2 Zdvihací zařízení.....	25
3.3 Zařízení k uložení valníkové nástavby.....	28
3.4 Podjezdová ochrana	29
3.5 Náprava	29
3.6 Podpěrná noha.....	32
3.7 Kola.....	34
3.8 Valníková nástavba	35
3.9 Spojovací zařízení	37
4 Výpočty	40
4.1 Kontrola hlavních nosníků na ohyb při klidovém stavu	40
4.2 Kontrola příčných nosníků na ohyb při klidovém stavu	45
4.3 Určení maximální svahové dostupnosti	49
Závěr	50
Použité informační zdroje	51
Seznam použitých zkratk a symbolů	54
Seznam příloh.....	56
Seznam samostatných příloh.....	56

ÚVOD

Historie lidstva je úzce spjatá se zemědělstvím. Tato těžká práce vedla již v polovině minulého století k rozmachu mechanizace. Rozvoj moderních přívěsů a návěsů v českých zemích začal s příchodem traktorů po II. světové válce. Zpočátku byly k dispozici traktory o malém výkonu a zastávaly hlavně polní práce, kdy doprava byla řešena především na krátké vzdálenosti. Zpočátku byly používány dvoukolové jednonápravové káry, plošiny a jednoduché dvounápravové přívěsy vycházející konstrukčně z vozů tažených koňmi nebo dobyt看em.

Tyto dopravní prostředky nebyly vybaveny brzdovou soustavou, elektroinstalací ani vyklápěním. Kolektivizace a zvětšování československých zemědělských podniků vyžadovala zvětšování výkonu zemědělských strojů a traktorů. Zvyšovaly se požadavky na převážení nákladu na větší vzdálenosti. S příchodem moderních traktorů Zetor I. a II. unifikované řady v 60. a 70. letech 20. století se staly standardem především tří, pěti, sedmi a později i devítitunové dvounápravové přívěsy s možností dvoustranného hydraulického vyklápění, později jednonápravové návěsy s vyklápěním dozadu s automaticky otevíraným zadním čelem. Současně se modernizovala brzdová soustava. Původně nebrzděné přívěsy s mechanickou parkovací brzdou tak bylo možné brzdít vzduchovými brzdami, a tím dosáhnout větší tonáže přívěsů. Vyklápění korby zpočátku nebylo žádné, poté u menších přívěsů mechanické, a nakonec moderní hydraulické. Protože traktory měly v té době konstrukční rychlost jen do 25 km/h, spotřeba paliva na kilometr byla vyšší a množství přepraveného nákladu nižší. Toto vedlo k hojnému využívání nákladních automobilů a jejich dvounápravových přívěsů na delší vzdálenosti.

S příchodem moderních výkonných a těžších traktorů s konstrukční rychlostí i nad 40 km/h, se situace v následujících letech opět změnila. Trh tak nabízí velkoobjemové a velkotonážní návěsy pro různé účely s nosností až do 30 tun. V současnosti je doprava v zemědělství řešena převážně traktory s návěsy. Masové rozšíření návěsů umožnila zvýšená nosnost náprav traktorů a lepší průchodnost terénem proti soupravě s dvou nebo vícenápravovým přívěsem, kde hmotnost není na zadní nápravu traktoru přenesena vůbec. Tato moderní přípojná vozidla splňují nejnovější normy. Jsou vybavena nejen moderními brzdovými systémy, elektroinstalací, hydraulickým vícestranným vyklápěním, ale na přání mohou výrobci nabídnout například odpružení náprav a oje anebo též kamerový systém, či regulaci tlaku v pneumatikách.

1 LEGISLATIVA

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013 [1] naposledy upraveného nařízením č. 2019/519 [2], spadá daný návěs do kategorie R_{3a} (přípojná vozidla s maximální konstrukční rychlostí rovnou nebo nižší než 40 km/h, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 3500 kg, ale nepřevyšuje 21000 kg). Tento předpis je dále doplněn nařízením (EU) č. 2015/208 [3] a nařízením týkajícího se brzdových systémů (EU) č. 2015/68 [4]. Tato dvě nařízení, byla naposledy pozměněna dle (EU) č. 2018/829 [5] a (EU) č. 2018/828 [6] a stanovují požadavky na schvalování zemědělských a lesnických vozidel pro provoz na pozemních komunikacích. Předpisy především v oblasti brzdových systémů jsou velice rozsáhlé a tato zařízení podléhají nejrůznějším zkouškám. Z tohoto důvodu byly vybrány požadavky nejdůležitější, ale také rozměrové a hmotnostní. Vybrané předpisy, pokud není uvedeno jinak, se týkají přímo kategorie přípojných vozidel R_{3a}.

1.1 OBECNÉ POŽADAVKY

Požadavky na kompaktnost konstrukce vozidel

- Vozidla musí být konstruována tak, aby po dobu jejich obvyklé životnosti byla dle jejich použití dostatečně spolehlivá. Pokyny k údržbě musí být uvedeny v návodu k obsluze.

Požadavky na vnějšek vozidla a příslušenství

- Vnější povrch vozidla nesmí mít žádné ostré části nebo výčnělky, které by mohly zvyšovat nebezpečí osob v případě srážky.
- Části vozidla, které vyčnívají více než 5 mm nad povrch, nesmí mít poloměr zaoblení menší než 2,5 mm.

Požadavky na registrační značky

- Místo určené pro montáž registrační značky musí být tvořeno rovným nebo téměř rovným povrchem o rozměrech buď 520 mm x 120 mm nebo 255 mm x 165 mm.
- Střed značky nesmí být napravo od podélné střední roviny vozidla.
- Spodní okraj značky musí být ve výšce od 300 mm do 4000 mm od země.

Požadavky na povinné štítky a označení

- Na vozidle musí být na snadno dostupném místě pevně uchycen štítek, který musí obsahovat všechny údaje stanovené zákonem.
- Identifikační číslo vozidla musí být vyznačeno jak na štítku, tak na rámu vozidla.

Požadavky na rozměry a hmotnosti přívěsného vozidla

- Maximální rozměry vozidla: Délka: 12 m
 Šířka: 2,55 m
 Výška: 4 m
- Přípustná přípojná hmotnost je hmotnost jednoho přívěsu nebo součet hmotností více přívěsů. Tato hmotnost nesmí překročit technicky přípustnou přípojnou hmotnost traktoru a spojovacího zařízení.

Požadavky na maximální hmotnost naloženého vozidla

- Za maximální přípustnou hmotnost vozidla se pro vozidla kategorie R s nevykyvnou ojí považuje součet maximálních přípustných hmotností na nápravu.
- Pro jednonápravové vozidlo kategorie R je maximální přípustná hmotnost na nepoháněnou nápravu 10 t a pro poháněnou nápravu 11,5 t.

Požadavky na bezpečnost elektrických systémů

- Elektrické kabely musí být odolné nebo chráněné proti oděru, mazivu a palivu.
- Pojistky nebo jiné ochrany proti přetížení musí být instalovány do všech obvodů s výjimkou těch vysokoproudých.

Požadavky na zařízení pro ochranu proti podjetí zezadu

- Vozidlo kategorie R3a musí být konstruováno nebo vybaveno tak, aby v celé své šířce zajišťovalo účinnou ochranu proti podjetí zezadu.
- Pokud vozidlo kategorie R3a není vybaveno zařízením na ochranu proti podjetí, musí být v nenaloženém stavu spodní okraj ochrany proti podjetí maximálně 550 mm nad vozovkou a zároveň musí být zařízení upevněno co nejbližší zadní části vozidla.
- Zařízení na ochranu proti podjetí zezadu nesmí být širší než zadní náprava včetně obou pneumatik. Zároveň zařízení nesmí být užší než zadní náprava o více než 100 mm ani na jedné straně.
- Výška průřezu příčnicku musí činit alespoň 100 mm a poloměr zaoblení hran musí být nejméně 2,5 mm.

Požadavky na schválení vozidla z hlediska montáže pneumatik

- S výjimkou vozidla určeného k užití, které je neslučitelné s požadavky předpisu EHK OSN č. 106, musí být všechny pneumatiky namontované na vozidlo v souladu s tímto předpisem.
- Všechny pneumatiky na téže nápravě musí být stejného typu. Tento požadavek nemusí být dodržen v případě dvojité či trojitě montáže, za předpokladu, že se jedná o pneumatiky stejného druhu užití, konstrukce, rychlostního indexu a vnějšího průměru. Pneumatiky musí být na vozidle uloženy symetricky.

- V případě dvojité montáže musí být navíc součet všech maximálních zatížení pneumatik na téže nápravě roven minimálně 1,14násobku maximální přípustné hmotnosti na nápravu a v případě trojité montáže minimálně 1,2násobku.
- Hustící tlaky pro jednotlivé pneumatiky se na vozidle uvedou čitelně na vhodném místě. Stejně tak musí být hustící tlaky uvedeny v návodu k obsluze.
- Index únosnosti jednotlivých pneumatik musí být alespoň stupně odpovídajícího maximálnímu přípustnému zatížení pneumatiky.
- V případě cyklického provozu, kdy při jedné cestě je vozidlo naložené a při druhé nenaložené, lze zvýšit únosnost pneumatiky až o 20 %.
- Pokud předepsaný hustící tlak vozidla přesáhne 500 kPa, nesmí kontaktní tlak pneumatiky s vozovkou přesáhnout 0,8 MPa.

Požadavky na mechanická spojovací zařízení

- Maximální statické svislé zatížení spojovacího zařízení nesmí překročit 3000 kg a v případě spojovacího zařízení typu koule 4000 kg.
- Spojovací zařízení musí být vyrobeno dle příslušné normy ISO v závislosti na jeho konkrétním typu.

Požadavky na pneumatická brzdová zařízení a parkovací brzdu

- Brzdový systém musí splňovat funkci provozního, nouzového a parkovacího brzdění.
- Části brzdového systému musí být konstruovány tak, aby v běžných provozních podmínkách spolehlivě plnily svou funkci a odolávaly korozi.
- Tažené vozidlo musí být vybaveno automatickým zátěžovým regulátorem brzdného účinku. Tato podmínka nemusí být dodržena, pokud se jedná o vozidlo s konstrukční rychlostí do 30 km/h a z technických důvodů nemůže být vybaveno tímto regulátorem. V takovém případě musí být opatřeno zařízením, které umožňuje alespoň tři samostatná nastavení brzdného účinku.
- Spojení pneumatického brzdového systému traktoru a tažného vozidla musí být uskutečněno buď jedním pneumatickým přívodním vedením a jedním ovládacím vedením, nebo jedním pneumatickým přívodním vedením, jedním ovládacím vedením a jedním elektrickým ovládacím vedením.
- Brzdový systém musí zajistit, aby v případě rozpojení soupravy nebo porušení pneumatického vedení, bylo zajištěno zastavení taženého vozidla.
- Každé tažené vozidlo vybavené systémem provozního brzdění musí být vybaveno parkovací brzdou.
- Zásobníky stlačeného vzduchu musí po osmi plných zdvizích systému provozního brzdění zajistit minimálně poloviční tlak vzduchu oproti tlaku dosaženému při prvním zabrzdění.

1.2 POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ PRO OSVĚTLENÍ

Přípojná vozidla kategorie R_{3a} jsou dle doplňujícího nařízení komise (EU) 2015/208 [3] povinně vybavena následujícími zařízeními vyzařujícími nebo odrážejícími světlo. V případech, kde není psáno jinak, se nařízení týkají přímo kategorie R_{3a}. Druhy zařízení nezmíněné v tomto výčtu, jsou na vozidlech kategorie R_{3a} buď zakázány, nebo jsou nepovinné.

Požadavky na osvětlení a světelnou signalizaci a jejich zdroje světla

- Žárovky a LED světla, jež jsou namontovány na vozidle kategorie R musí splňovat příslušné požadavky stanovené v předpisech EHK OSN č.37,99 a 128.
- Světla, kterými je osazeno vozidlo kategorie R, musí splňovat příslušné požadavky na vozidla kategorie O podle předpisů EHK OSN.

Zpětná svítidla

- Nepovinně jedna nebo dvě svítidla.
- Umístění na výšku musí být nejméně 250 mm a nejvýše 1200 mm nad vozovkou. Pokud to tvar karoserie nedovoluje, je možno zvýšit vzdálenost až na 3000 mm při úhlu sklonění dolů nejméně 3°. V případě navýšení vzdálenosti až na 4000 mm, je nutný úhel sklonu nejméně 6°.
- Na délku je požadováno umístění na zadní části vozidla.

Směrová svítidla

- Povinně dvě zadní směrové svítidla.
- Vnější okraj světlometu, který je nejvzdálenější od střední podélné roviny vozidla, nesmí být dále než 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla.
- V případě, že je svislá vzdálenost mezi směrovou svítidou a obrysovou svítidou menší než 300 mm, smí být vzdálenost vnějšího okraje vozidla od vnějšího okraje směrové svítidly maximálně o 50 mm větší než vzdálenost vnějšího okraje vozidla od vnějšího okraje obrysové svítidly.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levého a pravého světlometu nesmí být menší než 500 mm.
- Umístění nesmí být níže než 400 mm a výše než 2500 mm. V případě celkové šířky vozidla menší než 1300 mm, lze vzdálenost zmenšit až na 350 mm.

Výstražný signál

- Musí být možné současným spuštěním směrových svítlen.

Brzdová svítidla

- Povinně dvě zadní brzdové svítidla.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levého a pravého světlometu nesmí být menší než 500 mm. V případě celkové šířky vozidla menší než 1400 mm, lze vzdálenost zmenšit až na 400 mm.

- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 2500 mm nad vozovkou.
- Na délku je požadováno umístění na zadní části vozidla.

Svítilna zadní registrační tabulky

- Počet a umístění musí být takový, aby bylo zajištěno osvětlení registrační značky.

Přední obrysová svítilna

- Povinně dvě zařízení na přípojných vozidlech o šířce překračující 1600 mm nebo jejichž maximální konstrukční rychlost přesahuje 40 km/h.
- Vnější okraj světloometu, který je nejvzdálenější od střední podélné roviny vozidla, nesmí být dále než 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levého a pravého světloometu nesmí být menší než 500 mm.
- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 2500 mm nad vozovkou.
- Na délku nejsou žádné požadavky za předpokladu, že jsou světloometry orientovány směrem dopředu.

Zadní obrysová svítilna

- Povinně dvě zadní obrysové svítilny.
- Vnější okraj světloometu, který je nejvzdálenější od střední podélné roviny vozidla, nesmí být dále než 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levého a pravého světloometu nesmí být menší než 500 mm. V případě celkové šířky vozidla menší než 1400 mm lze vzdálenost zmenšit až na 400 mm.
- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 2500 mm nad vozovkou. V případě celkové šířky vozidla menší než 1300 mm, lze vzdálenost zmenšit až na 250 mm.
- Na délku je požadována vzdálenost maximálně 1000 mm od zádi vozidla.

Zadní mlhová svítilna

- Nepovinně jedna nebo dvě zadní mlhové svítilny.
- Vzdálenost na šířku musí být minimálně 100 mm od brzdové svítilny.
- V případě jedné svítilny je vyžadováno umístění na opačné straně vozidla, než je předepsáno jezdit v zemi registrace vozidla.
- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 1900 mm nad vozovkou. Pokud to tvar karoserie neumožňuje, je možno vzdálenost zvýšit až na 2500 mm.
- Na délku je požadováno umístění na zadní části vozidla.

Zadní odrazka trojúhelníková

- Povinně dvě zadní trojúhelníkové odrazky, přičemž vrcholy trojúhelníků musí směřovat vzhůru.
- Vnější okraj odrazky, který je nejvzdálenější od střední podélné roviny vozidla, nesmí být dále než 400 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levé a pravé odrazky nesmí být menší než 600 mm. V případě celkové šířky vozidla menší než 1300 mm, lze vzdálenost zmenšit až na 400 mm.
- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 1500 mm nad vozovkou.

Přední odrazka jiná než trojúhelníková

- Povinně dvě přední odrazky.
- Vnější okraj odrazky, který je nejvzdálenější od střední podélné roviny vozidla, nesmí být dále než 150 mm od nejvzdálenějšího vnějšího okraje vozidla.
- Vzdálenost vnitřních okrajů levé a pravé odrazky nesmí být menší než 600 mm. V případě celkové šířky vozidla menší než 1300 mm, lze vzdálenost zmenšit až na 400 mm.
- Umístění na výšku musí být nejméně 300 mm a nejvýše 1500 mm nad vozovkou. Pokud to tvar karoserie nedovoluje, musí být odražeče tak nízko, jak to je možné.
- Na délku je požadováno umístění na přední části vozidla.

Boční odrazka jiná než trojúhelníková

- Na vozidlech jejichž délka přesahuje 4,6 m povinně takový počet odrazek, aby byly splněny požadavky níže.
- Umístění na výšku musí být nejméně 400 mm a nejvýše 900 mm nad vozovkou. Pokud to tvar karoserie nedovoluje, může být vzdálenost navýšena až na 1500 mm.
- Na délku může být nejpřednější odrazka od přední části vozidla vzdálena maximálně 3000 mm a vzdálenost mezi sousedními odrazkami nesmí přesáhnout 6000 mm. Vzdálenost nejzadnější odrazky od zádního okraje vozidla nesmí být více než 3000 mm.

Boční obrysová svítilna

- Na vozidlech jejichž délka přesahuje 4,6 m, povinně takový počet, aby byly splněny požadavky níže.
- Umístění na výšku musí být nejméně 250 mm a nejvýše 2500 mm nad vozovkou.
- Na délku může být nejpřednější svítilna od přední části vozidla vzdálena maximálně 3000 mm a vzdálenost mezi sousedními svítilnami nesmí přesáhnout 6000 mm. Pokud to tvar karoserie nedovoluje, může být vzdálenost mezi sousedními svítilnami navýšena až na 4000 mm. Vzdálenost nejzadnější svítilny od zádního okraje vozidla nesmí být více než 3000 mm.
- Plocha výstupu světla může být totožná s plochou výstupu světla boční odrazky.

Štítek pro zadní značení pomalých vozidel

- Nepovinně na vozidlech, jejichž maximální konstrukční rychlost nepřevyšuje 40 km/h.

1.3 VÝBAVA VOZIDEL DOPLŇKOVÝMI ZAŘÍZENÍMI

Dle vyhlášky č. 153/2023 Sb. o schvalování technické způsobilosti vozidel musí být vozidla vybavena doplňkovými zařízeními. [7]

- Všechna přípojná vozidla o největší povolené hmotnosti, větší než 750 kg, musí být vybavena nejméně dvěma zakládacími klíny. Klíny musí být lehce přístupné a musejí být upevněny tak, aby se v provozu nemohly samovolně uvolnit.
- Náhradním kolem a vybavením k jeho výměně musí být vybaveno vozidlo kategorie R, s výjimkou vozidla, které je provozováno na omezeném území v dosahu servisních služeb svého poskytovatele.
- Vozidla kategorie R s konstrukční rychlostí nepřevyšující 45 km/h musí být na zádi v levé polovině vybavena označením nejvyšší povolené rychlosti zaokrouhlené na nejbližší nižší celé číslo.

1.4 SPOJITELNOST JÍZDNÍCH SOUPRAV

Dle vyhlášky č. 209/2018 Sb. o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel musí jízdní soupravy traktoru a návěsu splňovat následující požadavky. V opačném případě by mohla být ohrožena bezpečnost silničního provozu. [8]

- Hmotnost přípojného vozidla u jízdních souprav s tažným vozidlem, jehož nejvyšší konstrukční rychlost je do 40 km/h, nesmí překročit dvouapůlnásobek hmotnosti taženého vozidla.
- Každá souprava vozidel musí být schopna otočení se v kruhu o vnějším poloměru 12,5 m a vnitřním poloměru 5,3 m.
- Maximální délka soupravy traktoru s jedním přípojným vozidlem činí 18 m a se dvěma přípojnými vozidly 22 m.

2 REŠERŠE NÁVĚSŮ OBDOBNÉ HMOTNOSTNÍ KATEGORIE

Na českém trhu je značný výběr návěsů v zadané hmotnostní kategorii s užitečnou hmotností okolo 5 t. Každý z návěsů disponuje jinými parametry a záleží pouze na konkrétních požadavcích zákazníka, kombinace, kterých výhod, je pro předpokládané použití nejvíce vyhovující. Pro tuto rešerši byly vybrány návěsy společnosti ZDT, WTC Písečná a německé společnosti Fliegl. I když jsou hlavní parametry, jako je například ložná plocha či objem korby, u většiny nabízených návěsů podobné, jednotlivé návěsy se odlišují především konstrukcí rámu, volbou náprav a kol, ale také nejrůznější doplňkovou výbavou. Návěs Fliegl, ačkoliv jeho nosnost nepatrně převyšuje zvolenou konkurenci, byl vybrán záměrně, a to z důvodu mnoha odlišností vhodných k porovnání.

2.1 NÁVĚS ZDT NS7.3

ZDT, celým názvem Zemědělská a dopravní technika spol., s.r.o., je malá firma se sídlem společnosti v Novém Veselí na Vysočině. Zabývá se vývojem a výrobou zemědělské dopravní techniky a byla založena v roce 1993 [9]. Sídlo společnosti se nachází v areálu bývalé Strojní a traktorové stanice, která se od roku 1952 specializovala především na generální opravy návěsů a přívěsů [10].

Návěs (viz *Obr. 1*) disponuje jednoduchým robustním rámem tvořeným dvěma podélnými nosníky uloženými do V. Jako příplatkovou výbavu lze zvolit nástavky bočnic, které navyšují objem korby až na 8,8 m³, případně je možné vyměnit klasická světla za LED svítidly. Návěs je standardně dodáván s pneumatickým dvouhadicovým brzdovým systémem, ale na přání zákazníka je možné vůz za stejnou cenu vybavit brzdovým systémem jednohadicovým. V případě předpokladu použití především na nebezpečných cestách je doporučen výběr širších pneumatik. Spojovací zařízení je výměnné, výškově polohovatelné s okem o průměru 40 mm. Velkou výhodou je nízká pořizovací cena a poměrně velká svahová dostupnost. [11]



Obr. 1 Návěs ZDT NS7.3 [11]

2.2 NÁVĚS WTC PÍSEČNÁ BIG7.5

Společnost WTC Písečná sídlí v Písečné poblíž Jeseníku. V současnosti zahrnuje její výrobní program až 50 typů produktů určených především k dopravě v zemědělství [12].

Výrobkem společnosti WTC je detailně zpracovaný návěs (viz *Obr. 2*) s obdélníkovým rámem, který už v základní výbavě obsahuje odpruženou nápravu ADR, díky čemuž je vybaven automatickým zátěžovým regulátorem brzdného tlaku. Rám podvozku má výškově stavitelnou oj, na jejíž konec je možné si vybrat typ spojovacího zařízení. Standardně se dodává se vzduchovými dvouhadicovými brzdami, ale za předpokladu snížení maximální konstrukční rychlosti na 30 km/h je možná i varianta s brzdami jednohadicového typu. Bočnice lze vyklápat jak na horním, tak na spodním pantu, a v případě nutnosti se sloupky i bočnice nechají demontovat. WTC k návěsu nabízí širokou škálu doplňků, jako je plachtová konstrukce, držák rezervního kola, LED světla, a samozřejmě jsou i nástavky bočnic. [13]



Obr. 2 Návěs WTC Písečná BIG7.5 [13]

2.3 NÁVĚS FLIEGL TDK 80A-88VR

Fliegl Agrartechnik spadá pod rozsáhlou německou skupinu Fliegl, vlastníci několik závodů po celé Evropě, která se kromě výroby zemědělské techniky věnuje i například výrobě kamionových návěsů. [14]

I když se jedná o menší návěs, Fliegl TDK 80A-88VR (viz *Obr. 3*) je již vybaven dvěma odpruženými nápravami s listovými pery, usazenými na obdélníkovém podvozku. Rám je značně silnější než u vybraných konkurentů. Standardně je vybaven dvouhadicovými brzdami, umožňujícími rychlost 40 km/h. Dodává se se spojovacím zařízením typu oko o průměru 40 mm, ale na přání jej lze vybavit i jinými typy spojovacích zařízení, stejně jako se nabízí velké množství příplatkového příslušenství. Takovým může být např. plachta, závěs pro další přívěs nebo couvací kamera. Nástavky bočnic je možné aplikovat v několika řadách, případně je vyměnit za silážní či senážní nástavbu. Dno korby je vybaveno plechem o vysoké tvrdosti a

boky se směrem dozadu mírně rozšiřují pro snazší vyklápění. Zadní čelo může být hydraulicky otevíratelné. [15]



Obr. 3 Návěs TDK 80A-88VR [15]

2.4 SROVNÁNÍ

Jednoznačně určit, který návěs je nejlepší nebo který se nejvíce vyplatí, nelze říct, protože každý z návěsů disponuje rozdílnými parametry a v zásadě je i možnost vyžádat u výrobců případné menší úpravy. Při výběru je tedy důležité vybrat si dle vlastních preferencí, kterými mohou být rozměry a objem ložné plochy, velikost kol z důvodu průchodnosti terénem, maximální rychlost nebo i typ nápravy. Jedním z hlavních parametrů je svahová dostupnost, která může být pro některé zemědělce hospodařící ve svazích klíčová.

Z hlediska výbavy disponuje nejlepší flexibilitou návěs WTC, který nabízí rozsáhlou škálu doplňkové výbavy. Všechny tři návěsy mají vyměnitelný typ spojovacího zařízení. Návěs ZDT jako jediný v základním provedení nemá odpruženou nápravu. Tou je ale za příplatek možné ho vybavit a v kombinaci s dvouhadicovými brzdami mu tak navýšit maximální dovolenou rychlost na 40 km/h.

Návěs Fliegl disponuje kónickou korbou, rozšiřující se směrem dozadu pro snazší vyklápění nákladu. Navíc je možné ho vybavit více řadami bočnic, případně silážní nebo senážní nástavbou. Tím nabízí možnost největšího objemu korby, vhodného pro převoz velkého množství materiálu, a navíc i možnost hydraulicky vyklápěného zadního čela. Zároveň má nejvyšší nosnost a lze ho vybavit závěsem a hadicovými přípojkami pro připojení přívěsu.

Pokud se jedná o srovnání daných návěsů, určitě je jedním z nejdůležitějších aspektů cena. Ceny se pohybují v rozsáhlé škále od cca 240 000 Kč po cca 450 000 Kč bez DPH, a to především v závislosti na výbavě. Abychom dosáhli alespoň trochu přijatelného srovnání, je nutné vzít v úvahu nutnost doplnění návěsu ZDT o jeho doplňkovou výbavu – odpruženou nápravu. I v tomto případě bude návěs ZDT pravděpodobně cenovým favoritem, se zároveň největší svahovou dostupností. Na druhé straně, v případě siláží či senáží, se jako lepší volba

jeví návěs Fliegl s jeho vyšší nosností a možností nástaveb. Jeho hmotnost je také rozložena do více kol, takže se dá předpokládat lepší prostupnost nezpevněným terénem. V následující tabulce (viz Tab. 1) se nachází přehled nejdůležitějších parametrů, všech tří návěsů.

Tab. 1 Srovnání parametrů návěsů [11; 13; 15]

Parametr	ZDT NS7.3	WTC Písečná BIG 7.5	Fliegl TDK 80A-88VR
Celková hmotnost [kg]	7000	7000	8000
Užitečná hmotnost [kg]	5124/4929	5500	6050
Úhel vyklápění zadní/stranový [°]	45/45	52/40	55/55
Rozměry ložné plochy [mm]	4010x2200x1000	4000x2340x1160	4500x2220x1700
Objem nástavby bez nástavků [m ³]	4,4	5,5	5,1
Objem nástavby s nástavky [m ³]	8,8	9,6	15,2
Délka/Šířka/Výška [mm]	5569x2360x2131	5605x2480x2160	6100x2300x2200
Rozměr pneumatik	12,5/80-18	400/60-15,5	15/55-17
Oko oje	40	40/50/K80	40/50/K80
Maximální rychlost [km/h]	30	40	40
Počet náprav	1	1	2
Typ nápravy	pevná	odpružená	odpružená
Sklápění	třístranné	třístranné	třístranné
Svahová dostupnost [°]	12	8	10

3 NÁVRH NÁVĚSU

Hlavním úkolem této práce je koncepční návrh konstrukce návěsu dle následujících parametrů, a to především rámu jeho podvozku. Vedle předpisů, které je nutné, aby splňovaly prvky jako jsou kola, brzdy či spojovací zařízení, zároveň i návěs samotný musí splňovat některé z hmotnostních a rozměrových požadavků, ať už jde o montáž světelných zařízení nebo podjezdové ochrany. Tyto konkrétní požadavky již byly zmíněny (viz kapitola 1).

Základní požadavky:

- Nosnost 5 t
- Třístranné sklápění
- Ručním mechanismem otevíratelné bočnice
- Valníková nástavba
- Ložná plocha valníkové nástavby cca 8 m²
- Maximální konstrukční rychlost 25 km/h
- Jednonápravový podvozek
- Hydraulické sklápění

3.1 NÁVRH RÁMU PODVOZKU

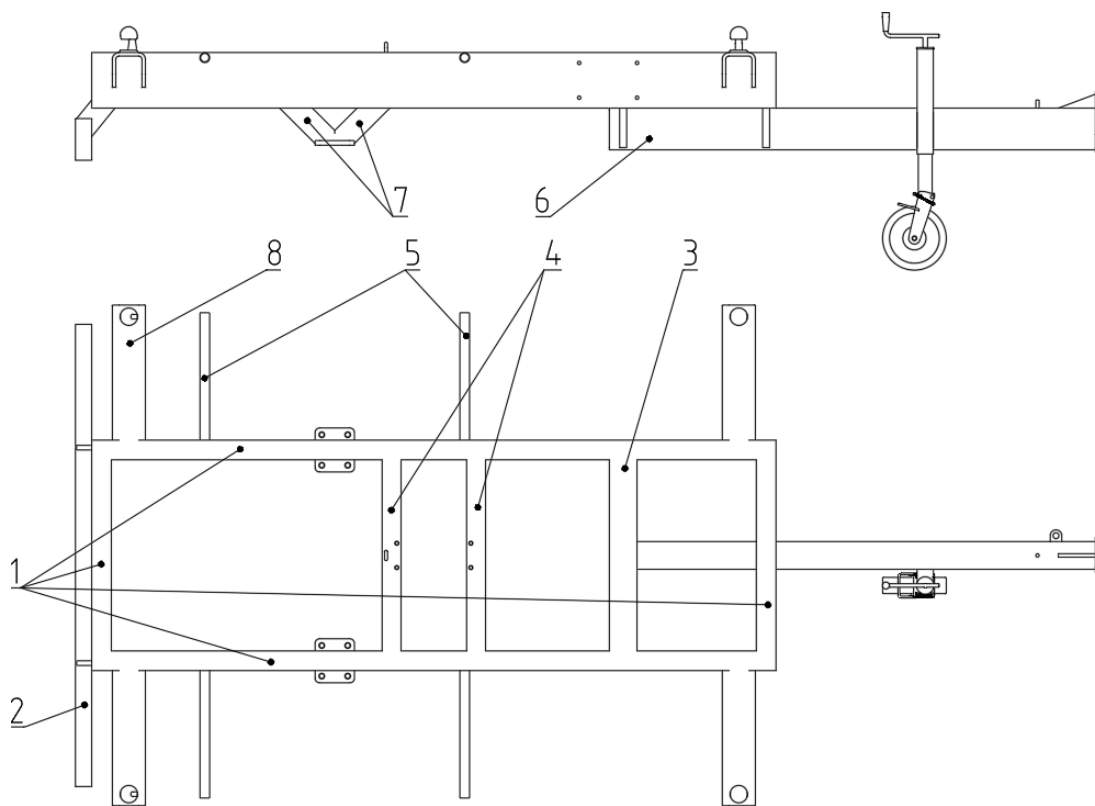
Rám podvozku je hlavní nosnou částí celého návěsu, který je pak dále osazen dalšími prvky, plnícími určité funkce. Rámy návěsů dostupných na trhu se ve většině případů dělí na dva typy. Prvním typem jsou návěsy s obdélníkovým tvarem rámu, kdy jsou hlavní dva podélné nosníky uloženy rovnoběžně a poté spojeny několika příčnými nosníky, k nimž je posléze připevněna oj. Tato varianta nabízí stabilnější řešení často s možností polohovatelné nebo i odpružené oje, a proto je hojně využívána především u návěsů o vyšší nosnosti. Druhé jednodušší a méně konstrukčně i peněžně náročné řešení, je uložení dvou podélných nosníků do tvaru písmene V, kdy se hlavní nosníky sbíhají do bodu, kde je umístěno spojovací přípojné zařízení. V dnešní době jsou již rámy tvořeny převážně z uzavřených ocelových profilů.

Pro mnou navrhovaný návěs byla, z výše uvedených důvodů, volena varianta obdélníkového rámu (viz *Obr. 5*), tvořeného převážně nosníky otevřených profilů, a to kvůli minimalizaci nutnosti opatření vnitřku trubek antikorozií ochranou. Na následujícím obrázku (viz *Obr. 4*) jsou označeny jednotlivé nosníky rámu, které jsou dále pro přehlednost sepsány do tabulky (viz *Tab. 2*) níže. Z důvodu přehlednosti jsou vynechány části rámu, které nejsou považovány za nosníky. Kompletní dokumentace rámu podvozku včetně norem polotovarů jednotlivých částí je obsažena v příloze.

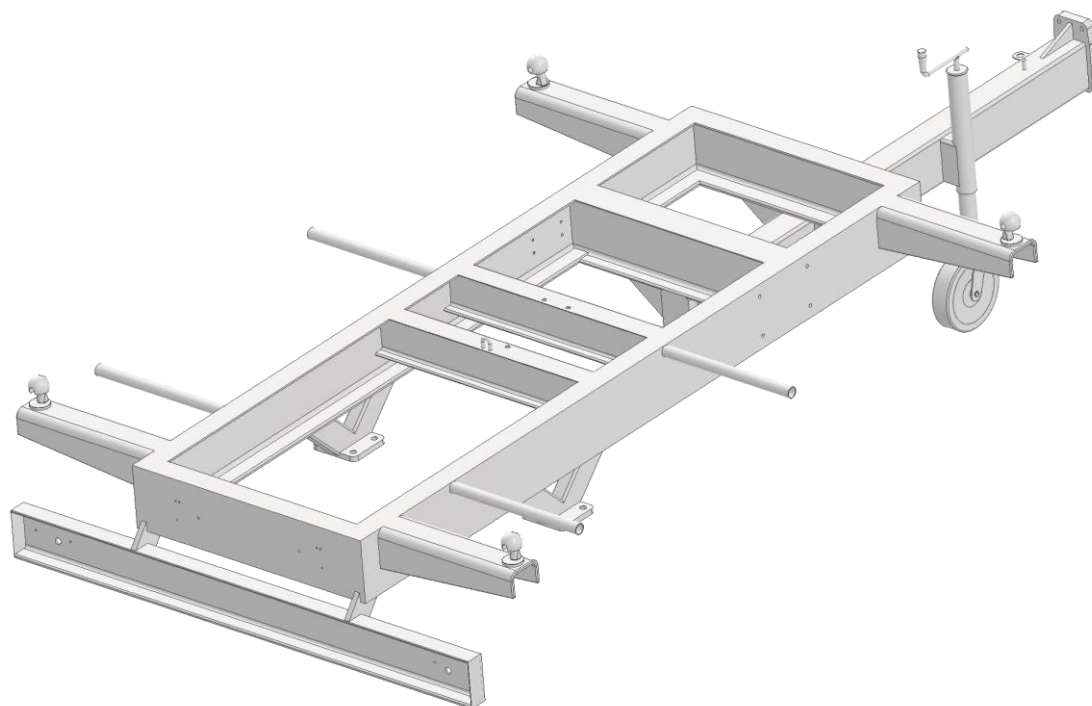
Vybrané polotovary jsou vyrobeny z konstrukčních ocelí S235JR a S355J2. Jedná se o materiály určené pro konstrukce staticky i dynamicky namáhaných strojů. Zároveň je u těchto materiálů zaručena jejich dobrá svařitelnost. [16]

Tab. 2 Přehled parametrů nosníků [17]

Pozice	Prvek	Polotovar	Rozměry [mm]	Materiál
1	Hlavní nosník	U profil	U 240	S235JR
2	Nosník zadního nárazníku	U profil	U 180	S235JR
3	Příčný nosník oje	IPE profil	IPE 240	S235JR
4	Příčný nosník zdvihacího zařízení	IPE profil	IPE 160	S235JR
5	Držák blatníku	Trubka kruhového průřezu	Ø 42,4 x 2,6	S235JR
6	Nosník oje	Trubka obdélníkového průřezu	180 x 120 x 5	S355J2
7	Nosníky nápravy	Trubka obdélníkového profilu	100 x 60 x 6	S235JR
8	Příčný nosník vyklápecí koule	Ohýbaný plech	tl. 10	S235JR



Obr. 4 Přehled nosníků



Obr. 5 Rám podvozku návěsu

3.2 ZDVIHACÍ ZAŘÍZENÍ

Zdvihací zařízení slouží k naklonění valníkové nástavby, aby mohl být vysypán náklad. Pro potřeby vyklápění některých menších vozů, především v minulosti bylo toto zajištěno mechanickým převodem. V dnešní době se ve většině případů využívá převodu hydraulického, který je schopen zajistit dostatečnou sílu i pro zdvih těžších břemen. Protože je pro většinu případů potřebná malá zástavbová výška hydraulického válce, jsou využívány tzv. teleskopické válce, jež obsahují několik pístnic, o postupně zmenšujícím se průměru, vsunutých do sebe. Toto řešení zajišťuje možnost velkého zdvihu. Válec může být uložen buď pod plochou nástavby nebo u jejího předního čela, pokud se nejedná o třístranné sklápění. Další možností může být horizontální uložení. Pro požadavek třístranného sklápění bývá voleno tzv. kardanové uložení, které umožňuje výkyv zvedáku ve dvou osách.

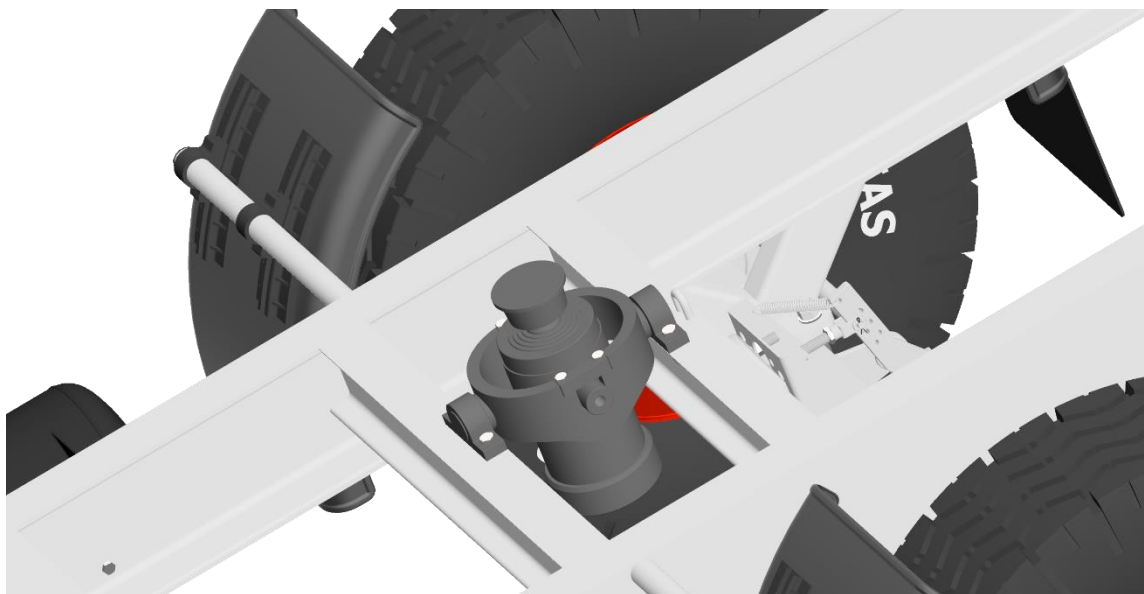
Tab. 3 Sypný úhel jednotlivých materiálů [18]

Přpravovaný materiál	Sypný úhel [°]
Obilné zrna	27
Písek (dle nasycení vodou)	15 - 45
Drcený štěrk	45
Zemina (dle nasycení vodou)	35 - 40

Při volbě vhodného válce musí být brána v potaz především nosnost a zdvih. Požadovaný zdvih byl zvolen v důsledku rozvržení geometrie (viz Obr. 7) z něhož byly získány jednotlivé hodnoty (viz Tab. 5), při vyklápění dozadu i do stran. Válec, kardanové uložení i ložiskové domky byly zvoleny od společnosti Trans-Technik. Parametry zvoleného válce jsou uvedeny níže (viz Tab. 4). Úhly vyklápění byly voleny tak, aby zvládly pokrýt sypný úhel většiny možných přepravovaných materiálů. V tabulce výše je vybráno pár základních (viz Tab. 3). Zároveň bylo nutné dodržet maximální úhel, pro který jsou navrženy vyklápěcí koule (60°), maximální úhel naklonění horního kulového uložení hydraulického zvedáku (30°) a maximální úhel náklonu zvedáku v kardanovém uložení (28°), který se v našem případě týká vyklápění dozadu [19; 20]. Na šířku musí být zvedák umístěn v ose návěsu, aby byl zajištěn stejný úhel vyklápění do obou stran. Na délku pak bylo voleno uložení v polovině korby, aby se při vyklápění do stran zamezilo kroucení korby. Kardan je v rámu otočně uložen, pomocí ložiskových domků, připevněných šrouby na příčné nosníky (viz Obr. 6). Výstup pro hadici je řešen otvorem se závitem v jednom z čepů válce uložených v kardanové kolébce (viz Obr. 6).

Tab. 4 Technické specifikace hydraulického válce [19]

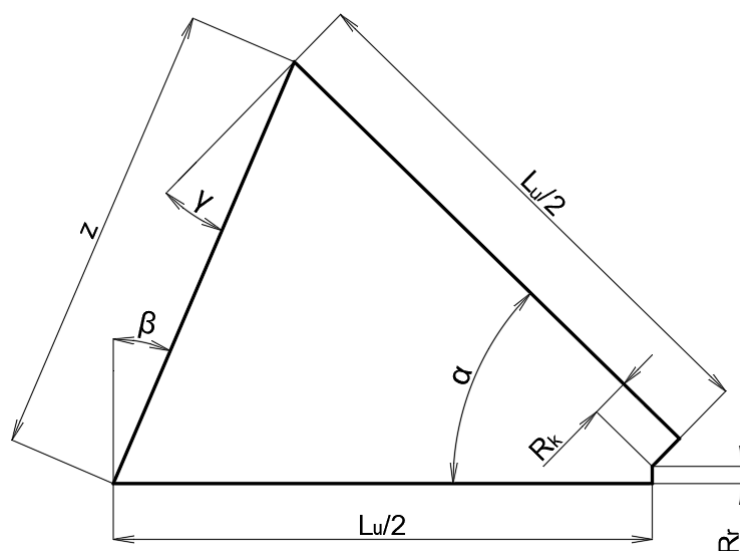
Zdvih [mm]	1000
Nosnost při 100 bar [kg]	9000
Pracovní tlak [bar]	160 - 210
Počet teleskopů	5
Objem válce [l]	9,2
Hmotnost [kg]	34



Obr. 6 Uložení hydraulického válce v rámu

Tab. 5 Rozměry geometrie zdvihu

Rozměr	Dozadu	Do boku
$L_u/2$ [mm] Polovina délky uložení vyklápěcích koulí	1317,5	1030,5
z [mm] Maximální vzdálenost uložení zvedáku a kulového uložení	1121	1121
R_k [mm] Rozdíl výšek uložení korby	80	80
R_r [mm] Rozdíl výšek uložení na rámu	42	42
α [°] Úhel vyklápění	45	59
β [°] Úhel v dolním uložení zvedáku	23,24	30,45
γ [°] Úhel v horním uložení zvedáku	21,75	28,54



Obr. 7 Geometrie zdvihu

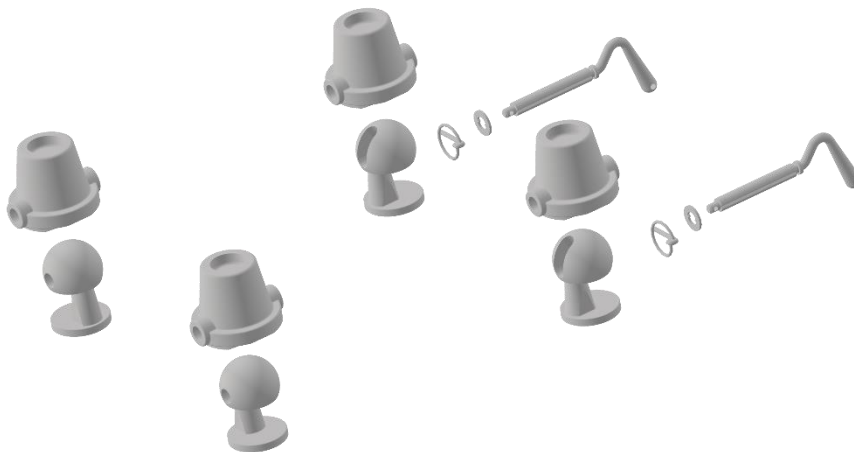
Při požadavku omezení bočního úhlu vyklápění je možno návěs vybavit hydraulickým uzavíracím ventilem, ovládaným napnutím lana při vyklápění.

3.3 ZAŘÍZENÍ K ULOŽENÍ VALNÍKOVÉ NÁSTAVBY

Vyklápění je možno zhotovit dvěma základními způsoby. Prvním z nich jsou kulové čepy navařené na rámu, které zapadají do misek přivařených na korbě. Tento způsob nabízí jednoduché a levné řešení. Druhou možností je uložení v půlválcových vybráních zapadajících do válcových čepů uložených na rámu podvozku (viz *Obr. 8*) [21]. Přední čepy jsou uloženy pevně a zadní čepy jsou spojeny hřídelí, uloženou v ložiskových domcích na rámu, umožňující vyklápění dozadu. Toto řešení je dražší, složitější k montáži, robustnější a má zpravidla vyšší nosnost.



Obr. 8 Uložení v půlválcových vybráních [21]



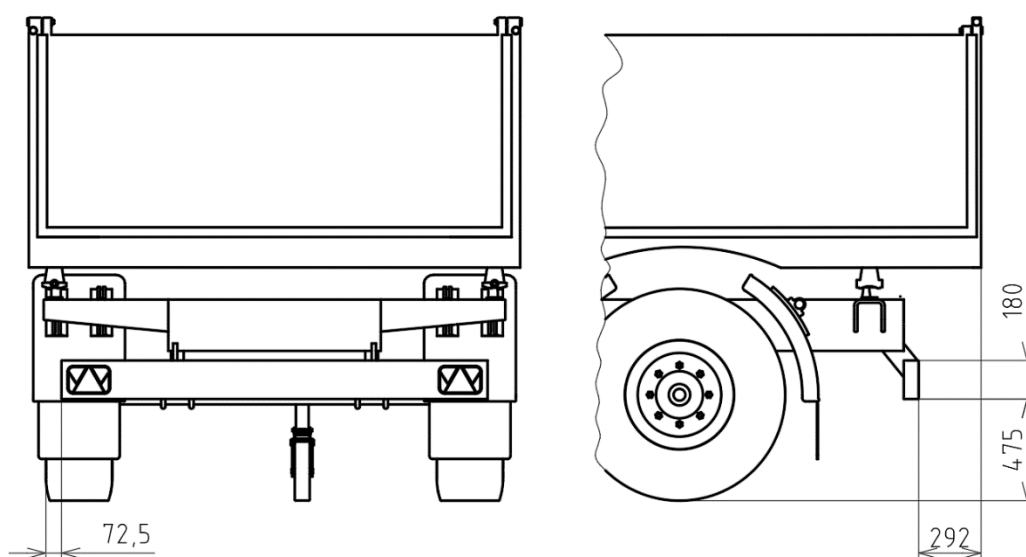
Obr. 9 Sada Hydrolider 75 mm 8 t

Z tohoto důvodu byla volena první varianta, a to od společnosti Hydrolider o průměru 75 mm, nosnosti až 8 t a s maximálním úhlem vyklápění až 60° (viz *Obr. 9*) [22], jejíž funkce je následující. V předním kulovém čepu je vyvrtána díra, do níž se při vyklápění do boku vsune čep. Ten zajistí spojení korby a rámu a zároveň otáčení kolem jeho osy. Zadní kulový čep má navíc tuto díru pro čep profrézovanou tak, aby při vyklápění dozadu dovoloval naklápění čepu v této drážce. Na rámu podvozku i rámu korby jsou dále umístěna oka pro uchycení záchytného lana korby, které zajišťuje, aby nedošlo k vyvrácení korby.

3.4 PODJEZDOVÁ OCHRANA

Dle platné legislativy musí být návěsy konstruovány nebo vybaveny tak, aby byla zajištěna účinná ochrana proti podjetí zezadu. Maximální výška od země musí být 550 mm a výška příčnicku minimálně 100 mm. Zároveň nesmí být příčník na každé straně o více než 100 mm kratší než zadní náprava (viz kapitola 1).

Z důvodu snazší konstrukce a nákladnosti byla volena podjezdová ochrana integrovaná v rámu. Jako její příčník byl použit zadní nárazník, který zároveň slouží jako držák zadních svítlen. Rozměry navržené podjezdové ochrany jsou uvedeny na obrázku (viz *Obr. 10*).



Obr. 10 Rozměry podjezdové ochrany

3.5 NÁPRAVA

Náprava je část vozidla, ke které jsou připevněny kola a která umožňuje jejich otáčení. Nápravy návěsu jsou ve většině případů nehnané a v takovém případě se jedná nejčastěji o nosník kruhového či čtvercového průřezu. Mohou být pevné či odpružené a v případě kategorie R3a musejí být vybaveny brzdami. Nejčastěji se jedná o brzdy bubnové ovládané pneumatickými měchy. Jelikož je náprava hlavní nosný prvek návěsu a přenáší většinu zatížení, je nutné před jejím výběrem určit hmotnost, kterou bude zatěžována.

Pro zjednodušení výpočtu je zatížení plně naloženého návěsu aproximováno jednou silou vycházející z těžiště návěsu. Těžiště i veškeré hmotnosti, byly určeny za pomoci aplikace Autodesk Inventor (viz *Obr. 11*).

Výpočet zatěžující síly

$$F_{T1} = (m_n + m_c - m_p) \cdot g \quad (1)$$

$$F_{T1} = (5000 + 2157 - 365) \cdot 9,81$$

$$F_{T1} = 66629,5 \text{ N}$$

Kde:

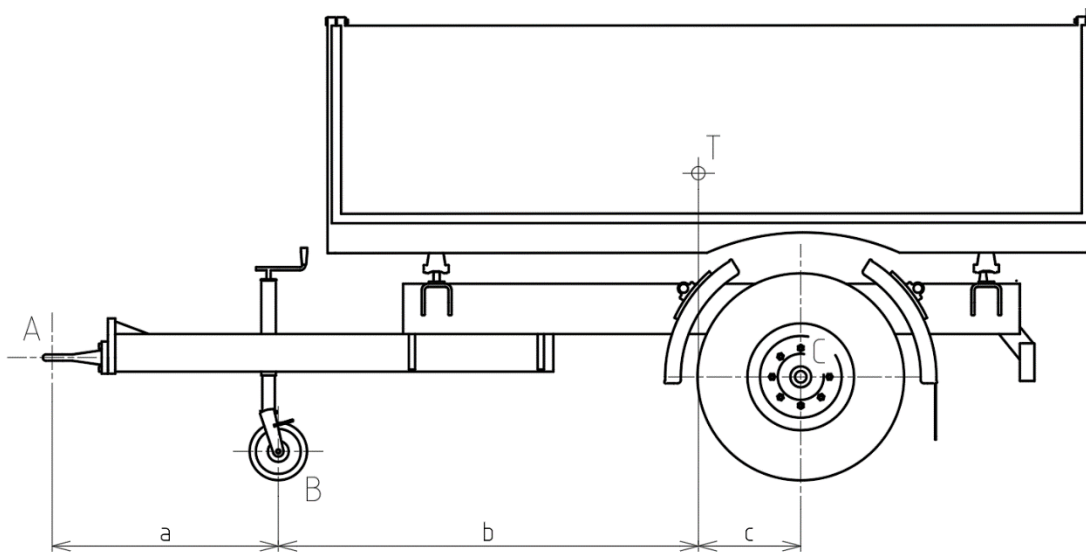
F_{T1} [N] Výsledná zatěžující síla pro výpočet zatížení nápravy

m_n [kg] Hmotnost nákladu

m_c [kg] Celková hmotnost návěsu

m_p [kg] Hmotnost celé nápravy

g [m/s²] Gravitační tíhové zrychlení



Obr. 11 Určení polohy těžiště pro výpočet nosnosti nápravy

Uvolnění (viz Obr. 12)



Obr. 12 Uvolnění pro výpočet nosnosti nápravy

Výpočet reakční síly působící od nápravy

$$\sum M_{ZA} = 0; F_C \cdot (a + b + c) - F_{T1} \cdot (a + b) = 0 \quad (2)$$

$$F_C = \frac{F_{T1} \cdot (a + b)}{(a + b + c)}$$

$$F_C = \frac{66629,5 \cdot (1083,6 + 2013,4)}{(1083,6 + 2013,4 + 490,7)}$$

$$F_C = 57516,4 \text{ N}$$

Kde:

M_{ZA}	[Nmm]	Celkový moment v bodě A
F_C	[N]	Reakční síla působící od nápravy
a	[mm]	Vzdálenost mezi okem oje a podpěrnou nohou
b	[mm]	Vzdálenost mezi podpěrnou nohou a těžištěm
c	[mm]	Vzdálenost mezi těžištěm a nápravou

Výpočet potřebné nosnosti nápravy

$$m_{mp} = \frac{F_C}{g} \quad (3)$$

$$m_{mp} = \frac{57516,4}{9,81}$$

$$m_{mp} = 5863 \text{ kg}$$

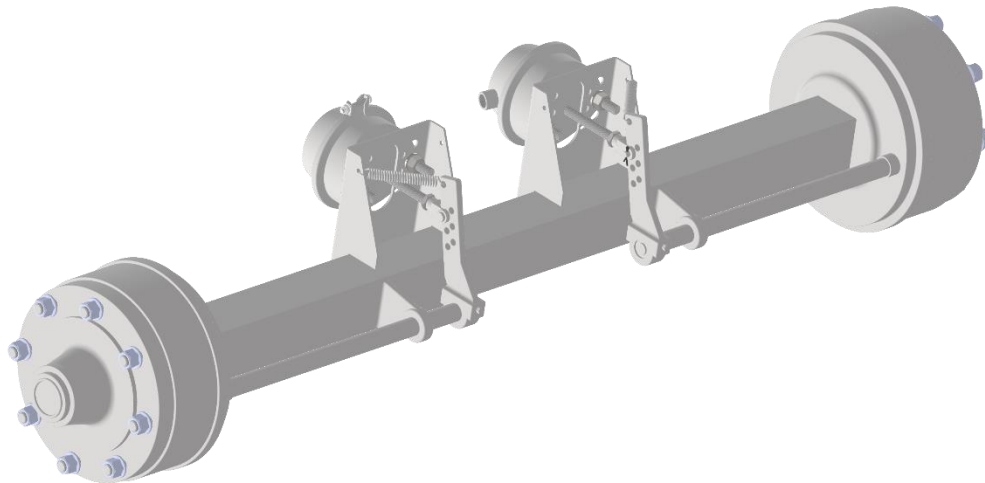
Kde:

m_{mp} [kg] Minimální nosnost nápravy

Na základě výpočtu byla zvolena náprava značky A.D.R. (viz *Obr. 13*). Tato náprava musela být vybrána z důvodu jejích připojovacích rozměrů pro kola, rozměrů brzdového bubnu a také z důvodu nedostatečného výběru náprav na trhu. Požadavek na konkrétní nápravu by mohl být zaslán přímo do společnosti A.D.R, která nabízí prakticky jakékoliv modifikace, jimiž vyráběných náprav. Tímto krokem by se ale náprava prodražila, a proto z hlediska ceny byla vybrána náprava dostupná na e-shopu Granit-parts. Tato náprava má nosník čtvercového průřezu o rozměrech 90 x 90 a je osazena bubnovými brzdami ovládanými pákovým mechanismem [23]. Díky velkému rozchodu nápravy je zaručena dobrá stabilita návěsu. Základní parametry nápravy jsou uvedeny v následující tabulce (viz *Tab. 6*).

Tab. 6 Přehled parametrů nápravy [23]

Rozchod [mm]	1800
Nosnost nápravy při rychlosti 25 km/h a použití jedné nápravy [kg]	10800
Počet a průměr šroubů kol	8 x M18 x 1,5
Rozměr brzd (Průměr x šířka) [mm]	300 x 90
Rozteč šroubů [mm]	275
Průměr náboje [mm]	220



Obr. 13 Náprava A.D.R

3.6 PODPĚRNÁ NOHA

Podpěrná noha je prvek návěsu umístěný na nosníku oje, který při nepoužívání vozu podpírá jeho oj a umožňuje případnou manipulaci s ním. Nohy těžších návěsů bývají sklopné, hydraulicky ovládané a neumožňují manipulaci s vozem, kvůli absenci otočného kolečka, ale také z důvodu velké hmotnosti těchto návěsů. Lehčí návěsy mají nohy výsuvné se šroubovým mechanismem, většinou manuálně ovládané ruční kličkou. Aby byla podpěrná noha schopná udržet vůz i s nákladem je nutné opakovat obdobný výpočet jako při volbě nápravy a zvolit nohu s dostatečnou nosností.

Stejně jako v předešlém případě byly zjištěny potřebné hmotnosti a poloha těžiště pomocí aplikace Autodesk Inventor. Z důvodu zanedbatelného posunutí těžiště při absenci podpěrné nohy, je poloha těžiště uvažována stejná jako v předchozím případě (viz Obr. 11).

Výpočet zatěžující síly

$$F_{T2} = (m_n + m_c - m_p - m_o) \cdot g \quad (4)$$

$$F_{T1} = (5000 + 2157 - 365 - 35) \cdot 9,81$$

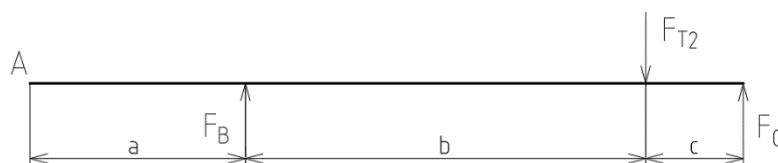
$$F_{T1} = 66286,2 \text{ N}$$

Kde:

F_{T2} [N] Výsledná zatěžující síla pro výpočet zatížení opěrné nohy

m_o [kg] Hmotnost opěrné nohy

Uvolnění (viz Obr. 14)



Obr. 14 Uvolnění pro výpočet zatížení opěrné nohy

Výpočet reakční síly působící od opěrné nohy

$$\sum M_{ZC} = 0; \quad F_{T2} \cdot c - F_B \cdot (b + c) = 0 \quad (5)$$

$$F_B = \frac{F_{T2} \cdot c}{(b + c)}$$

$$F_B = \frac{66286,2 \cdot 490,7}{(2013,4 + 490,7)}$$

$$F_B = 12989,4 \text{ N}$$

Kde:

M_{ZC} [Nmm] Celkový moment v bodě C

F_B [N] Reakční síla působící od opěrné nohy

Výpočet potřebné nosnosti opěrné nohy

$$m_{mo} = \frac{F_B}{g} \quad (6)$$

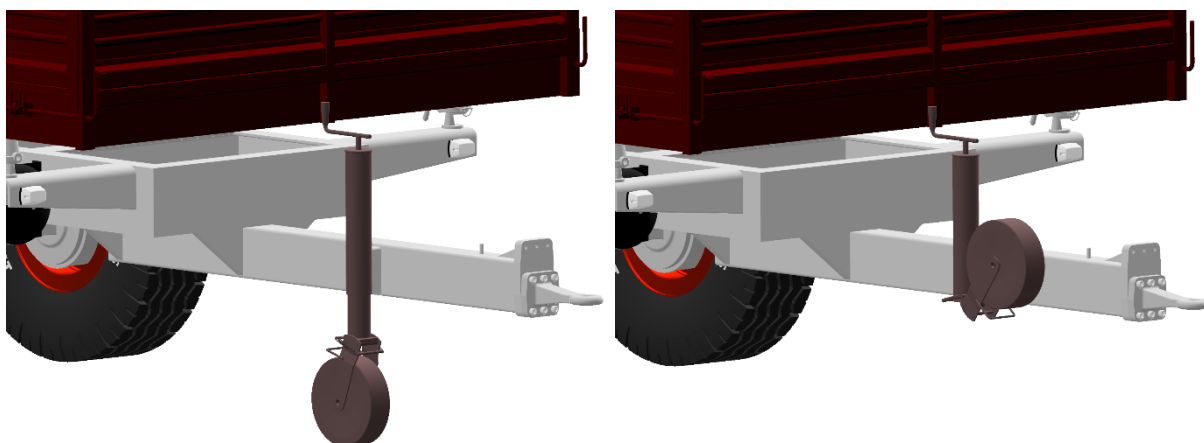
$$m_{mo} = \frac{12989,4}{9,81}$$

$$m_{mo} = 1324,1 \text{ kg}$$

Kde:

m_{mo} [kg] Minimální nosnost opěrné nohy

Protože na trhu není příliš velký výběr opěrných noh s kolečkem pro velká zatížení, byla vybrána opěrná noha Simol s nosností 1500 kg, zdvihem vřetene 300 mm a s možností sklopení kolečka o dalších cca 380 mm. Průměr nosné trubky, která bude následně přivařena k rámu návěsu je 90 mm [24].



Obr. 15 Opěrná noha Simol 1500 kg

3.7 KOLA

Pneumatiky lze vybírat ze dvou základních skupin – diagonální a radiální, z nichž každá má své výhody. Radiální pneumatiky mají vlákna kostry rozmístěna kolmo ke směru jízdy, zatímco vlákna kostry diagonální pneumatiky jsou umístěna šikmo a překrývají se. V dnešní době jsou v zemědělství čím dál častěji využívány pneumatiky radiální, které mají vyšší životnost, nižší spotřebu paliva a menší prokluz. Diagonální pneumatiky jsou využívány především v lesnictví, u stavebních strojů případně pro přípojné vozidla, protože mají nižší pořizovací cenu a jsou méně náchylné k propíchnutí [25].

Pro navrhovaný návěs byly zvoleny diagonální pneumatiky Mitas IM-03 12.5/80-18 14PR TT (viz Obr. 16) na ráfcích 11x18 ET0. Označení TT znamená Tube type – tedy pneumatika určená pro použití s duší. Zkratka PR znamenající Ply rating pak udává počet pláten. Čím vyšší číslo PR je, tím vyšší životnost, odolnost a únosnost pneumatika nabízí. V tabulce níže jsou uvedeny detailní informace o ráfku a pneumatice (viz Tab. 7). V další tabulce (viz Tab. 8) je uvedena změna maximální zátěže pneumatiky při použití na nehnané nápravě, při velké změně zatížení (poměr mezi naloženým a nenaloženým návěsem je větší než 2), v závislosti na maximální dovolené rychlosti [26].

Tab. 7 Parametry kola [26]

Index zátěže	145
Rychlostní index	A8
Základní nosnost [kg]	2900
Nosnost při rychlosti 25 km/h [kg]	4147
Hustící tlak [kPa]	425
Rožteč šroubů [mm]	275
Počet šroubů a velikost	8 x M18
Průměr náboje [mm]	221

Tab. 8 Závislost Maximální rychlosti na nosnosti pneumatiky [26]

Maximální rychlost [km/h]	15	20	25	30	35	40	45	50
Nosnost [kg]	4640	4379	4147	3886	3654	3480	3306	3132



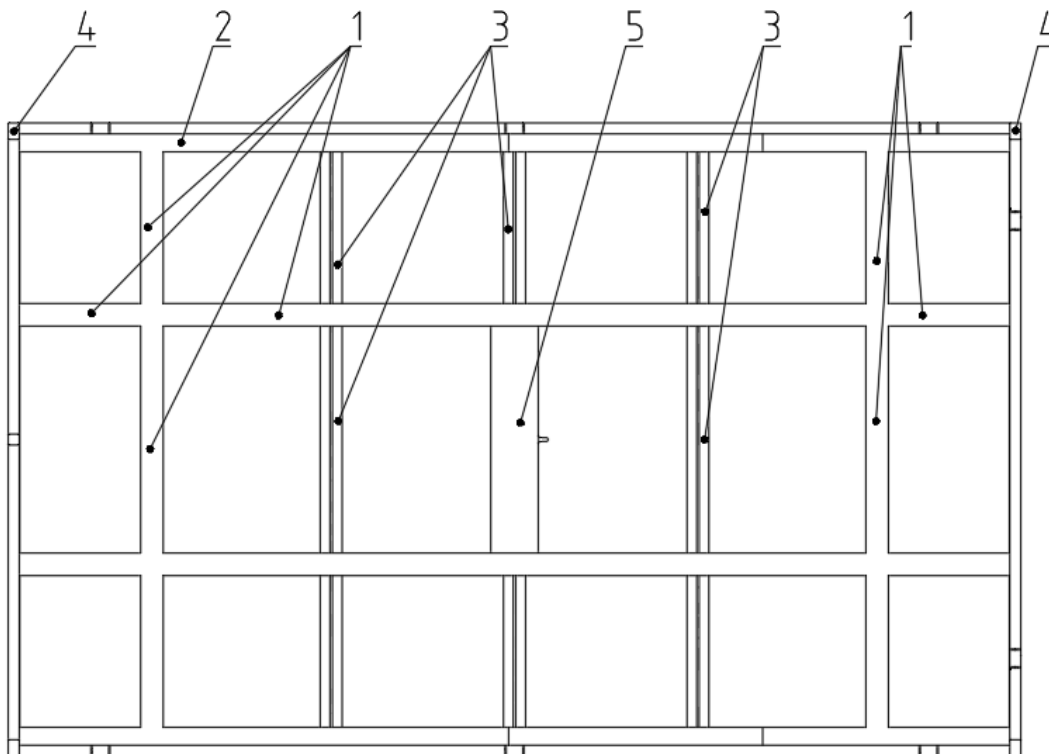
Obr. 16 Pneumatika Mitas IM-03 12.5/80-18 14PR TT [26]

3.8 VALNÍKOVÁ NÁSTAVBA

Valníková nástavba třístranně sklopného návěsu je typ nástavby s rovnou ložnou plochou, třemi sklopnými bočnicemi a jednou pevnou bočnicí vpředu. Zpravidla je umístěna na čtyřech otočných bodech, kdy při vyklápění nástavby se vždy zajistí (většinou kolíkem) dva úložné body, jenž se nachází v ose vyklápění. Nástavby mohou mít různé typy bočnic a odlišné způsoby jejich otvírání.

Pro navrhovaný návěs byla dle zadání zvolena nástavba o ložné ploše 3600 x 2220 mm, odpovídající 7,92 m². Rám podlahy je tvořen převážně ocelovými profily tvaru U, T a IPE a je pokryt plechem tloušťky 4 mm. Jako rohové sloupky nesoucí bočnice, jsou použity trubky uzavřených obdélníkových profilů, které jsou pevně přivařeny k rámu nástavby. Pro bočnice byl použit lisovaný profil HV400/2 mm [27] orámovaný uzavřenými čtvercovými profily 40 x 40 mm. Bočnice se otvírají směrem nahoru a jsou uloženy na čepech zajištěných závlačkami pro snadnou demontáž. Otvírání bočnic je centrální (viz Obr. 18) pro jednotlivé bočnice a díky závlačkám a kolíkům je možné ho celé taktéž demontovat. Zajištění otvírání je provedeno řetízky. Na obrázku (viz Obr. 17) a v tabulce (viz Tab. 9) níže je uveden přehled všech použitých nosníků. Obrázky celé nástavby jsou uvedeny v příloze.

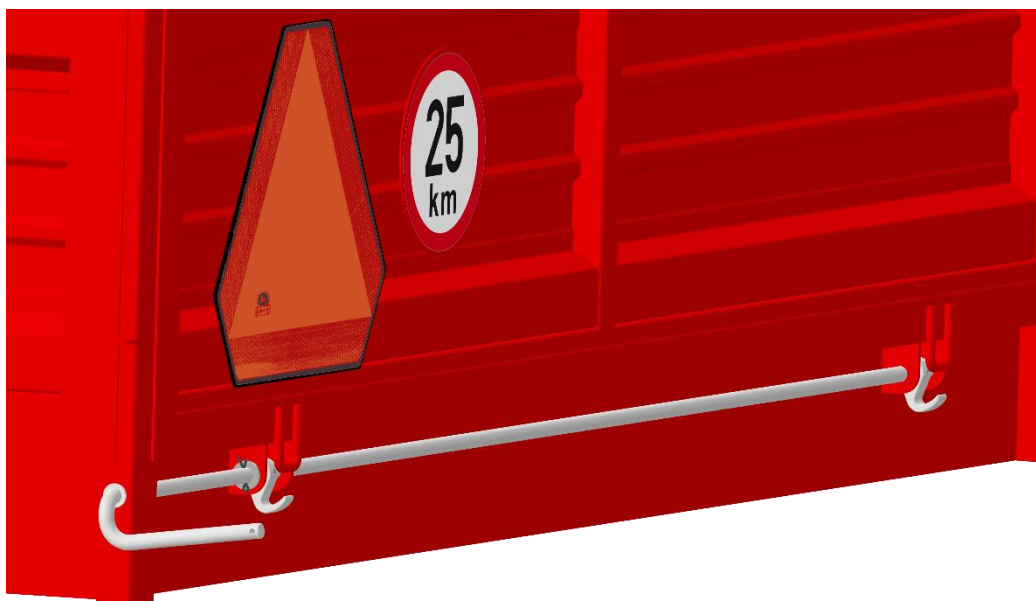
Stejně jako u rámu podvozku je rám nástavby vyroben z konstrukčních ocelí S235JR a S355J2, podmiňujících dobrou svařitelnost. [16]



Obr. 17 Přehled použitých nosníků rámu nástavby

Tab. 9 Přehled použitých nosníků rámu nástavby [17]

Pozice	Prvek	Polotovár	Rozměry [mm]	Materiál
1	Hlavní nosník	IPE profil	IPE 160	S235JR
2	Boční nosník	U profil	U 160	S235JR
3	Vedlejší příčné nosníky	T profil	T 80	S235JR
4	Sloupek bočnice	Trubka obdélníkového průřezu	60 x 40 x 3	S235JR
5	Nosník pro připojení hydraulického válce	Trubka obdélníkového průřezu	180 x 120 x 5	S355J2



Obr. 18 Mechanismus centrálního otevírání bočnic

3.9 SPOJOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spojovacími zařízeními návěsu je součástí umožňující snadné spojení a rozpojení soupravy. Tato zařízení jsou vyráběna dle příslušných norem, přičemž je k dostání několik druhů. Velmi často se jedná o výměnné zařízení s možností výškové změny polohy vůči oji návěsu. Spojení oje a spojovacího zařízení bývá zajištěno šesti či devíti šrouby a nejčastější variantou pro lehčí návěsy je spojovací zařízení typu oko, které může být o průměru 40 mm nebo 50 mm. Další možností může být spojení typu koule pod označením K80. Tato modernější varianta se vyskytuje na návěsech vyšších nosností.

Pro výběr spojovacího zařízení je nutné určit několik parametrů, a to statické zatížení oje, které určíme z předešlých výpočtů a Dc hodnotu a V hodnotu dle následujících vzorců. [28]

Určení statického vertikálního zatížení spojovacího zařízení

$$\sum F_y = 0; \quad F_C + F_A - F_{T1} = 0 \quad (7)$$

$$F_A = F_{T1} - F_C$$

$$F_A = 66629,5 - 57516,4$$

$$F_A = 9113,1 \text{ N}$$

Kde:

F_y [N] Výsledná síla v ose y

F_A [N] Reakční síla působící na spojovací zařízení oje

Přepočítání na hmotnost odpovídající zatížení

$$m_{ms} = \frac{F_A}{g} \quad (8)$$

$$m_{ms} = \frac{9113,1}{9,81}$$

$$m_{ms} = 929 \text{ kg}$$

Kde:

m_{ms} [kg] Minimální zatížení, na něž musí být spojovací zařízení konstruováno

Výpočet Dc hodnoty

Hodnota T odpovídající celkovému zatížení tažného vozidla byla volena pro traktor Fendt 1050 Vario, který disponuje hmotností 14 t [29].

$$Dc = g \cdot \frac{T \cdot m_{mp}}{T + m_{mp}} \quad (9)$$

$$Dc = 9,81 \cdot \frac{14000 \cdot 5863}{14000 + 5863}$$

$$Dc = 40538,9 \text{ N} = 40,54 \text{ kN}$$

Kde:

Dc [N] Teoretická tažná síla mezi tažným vozidlem a přívěsem

T [N] Celková hmotnost tažného vozidla

Výpočet V hodnoty

$$V = y \cdot \frac{x^2}{l^2} \cdot m_{mp} \quad (10)$$

$$V = 2,4 \cdot \frac{3,680^2}{3,097^2} \cdot 5863$$

$$V = 19867,6 \text{ N} = 19,87 \text{ kN}$$

Kde:

V [N] Vertikální zatížení pevné oje přívěsu

y [-] Koeficient závislý na druhu odpružení

l [m] Teoretická vzdálenost oka oje a nápravy

x [m] Délka ložné plochy

Dle těchto hodnot bylo zvoleno standardní závěsné oko 40 mm od značky Scharmüller (viz *Obr. 19*), jež je připevněno šesti šrouby M16. Jeho maximální dovolené hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže (viz *Tab. 10*).

Tab. 10 Maximální přípustné hodnoty závěsného oka [30]

Maximální Dc hodnota [kN]	100
Maximální vertikální zatížení [kg]	1000
Maximální V hodnota [kN]	40



Obr. 19 Standardní závěsné oko Scharmüller 40 mm [30]

Poloha oje na výšku byla volena tak, aby bylo možno připojit návěs vždy pod osu zadních kol traktoru. Umístění oje nad osu zadních kol zapříčiňuje odlehčování předních kol traktoru při pohybu soupravy vpřed.

4 VÝPOČTY

Z důvodu obsáhlosti výpočtů jsou na následujících stranách řešeny pouze některé hlavní mezní stavy rámu podvozku při klidovém stavu. Výpočet svarových spojů rámu není pro jejich množství náplní rozsahu této bakalářské práce, proto velikosti svarů uvedených v přílohových výkresech je nutné brát orientačně.

4.1 KONTROLA HLAVNÍCH NOSNÍKŮ NA OHYB PŘI KLIDOVÉM STAVU

Výpočet zatěžujících sil

Úloha je uvažována jako 2D, kdy každý z vyobrazených kulových čepů nesoucích nástavbu představuje čepy dva. Oba kulové čepy na obrázku (viz *Obr. 20*) přenáší polovinu její váhy doplněnou o váhu nákladu. Vzdálenosti jednotlivých bodů, ve kterých působí zatěžující a reakční síly jsou zakresleny na obrázku níže (viz *Obr. 20*).

$$F_E = F_G = \frac{(m_n + m_k) \cdot g}{2} \quad (11)$$

$$F_E = F_G = \frac{(5000 + 1017) \cdot 9,81}{2}$$

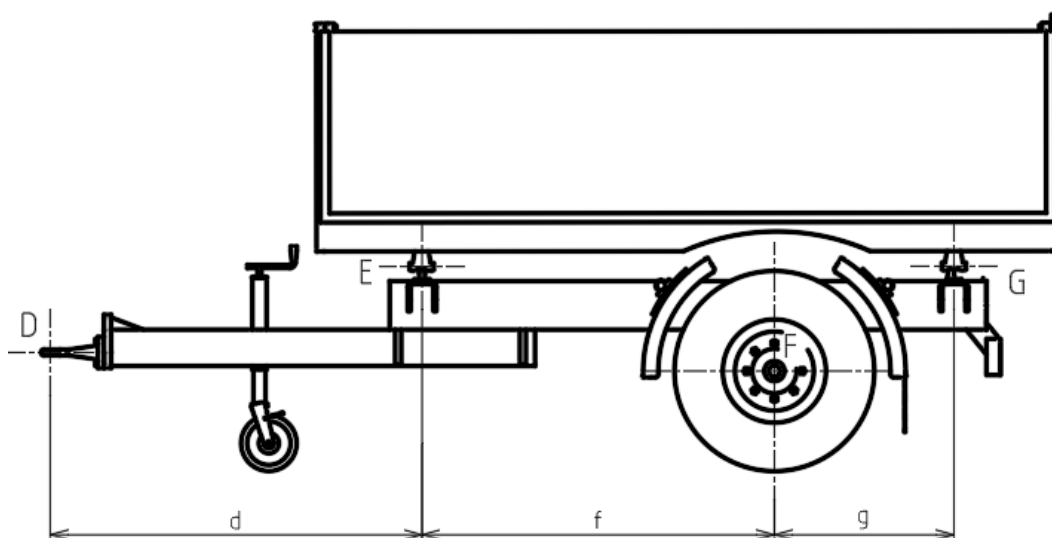
$$F_E = F_G = 29513,4 \text{ N}$$

Kde:

F_E [N] Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující přední kulové uložení

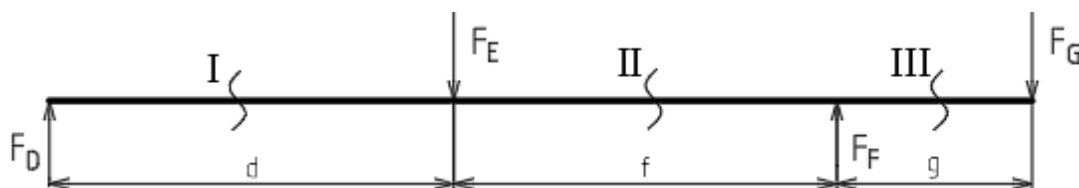
F_G [N] Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující zadní kulové uložení

m_k [kg] Hmotnost valníkové nástavby



Obr. 20 Rozměry pro kontrolní výpočet podélných nosníků

Uvolnění (viz Obr. 21)



Obr. 21 Uvolnění pro výpočet reakčních sil pro kontrolu podélných nosníků

Výpočet reakčních sil

Při výpočtech jednotlivých úseků jsou rovnice normálových a posouvajících sil vynechány, protože nejsou k výpočtům potřeba.

$$\sum M_{ZD} = 0; \quad F_F \cdot (d + f) - F_E \cdot d - F_G \cdot (d + f + o) = 0 \quad (12)$$

$$F_F = \frac{F_E \cdot d - F_G \cdot (d + f + o)}{(d + f)}$$

$$F_F = \frac{29513,4 \cdot 1842,5 + 29513,4 \cdot (1842,5 + 1745,5 + 889,5)}{(1842,5 + 1745,5)}$$

$$F_F = 51985,7 \text{ N}$$

Kde:

M_{ZD} [Nmm] Celkový moment v bodě D

F_F [N] Reakční síla působící od nápravy

d [mm] Vzdálenost mezi okem oje a předním kulovým uložením nástavby

f [mm] Vzdálenost mezi předním kulovým uložením nástavby a nápravou

o [mm] Vzdálenost mezi nápravou a zadním kulovým uložením nástavby

$$\sum F_y = 0; \quad F_D - F_E + F_F - F_G = 0 \quad (13)$$

$$F_D = F_E - F_F + F_G$$

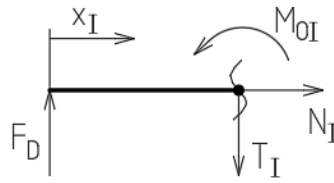
$$F_D = 29513,4 - 51985,7 + 29513,4$$

$$F_D = 7041,1 \text{ N}$$

Kde:

F_D [N] Reakční síla působící od závěsu traktoru

Výpočet VVÚ v úseku I (viz Obr. 22)



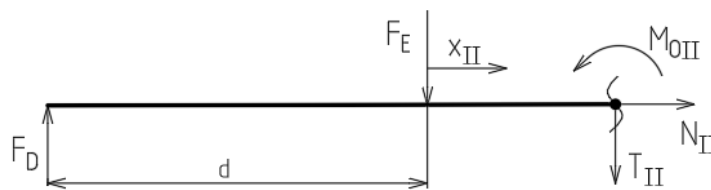
Obr. 22 VVÚ pro úsek I pro kontrolu podélných nosníků

$$M_{OI} = F_D \cdot x_I; \quad x_I \in \langle 0; d \rangle \quad (14)$$

Kde:

M_{OI} [Nmm] Výsledný ohybový moment v úseku I

Výpočet VVÚ v úseku II (viz Obr. 23)



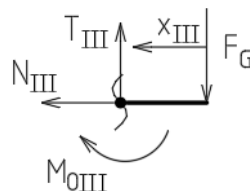
Obr. 23 VVÚ pro úsek II pro kontrolu podélných nosníků

$$M_{OII} = F_D \cdot (d + x_{II}) - F_E \cdot x_{II}; \quad x_{II} \in \langle 0; f \rangle \quad (15)$$

Kde:

M_{OII} [Nmm] Výsledný ohybový moment v úseku II

Výpočet VVÚ v úseku III (viz Obr. 24)



Obr. 24 VVÚ pro úsek III pro kontrolu podélných nosníků

$$M_{OIII} = -F_G \cdot x_{III}; \quad x_{III} \in \langle 0; g \rangle \quad (16)$$

Kde:

M_{OIII} [Nmm] Výsledný ohybový moment v úseku III

Výsledný průběh ohybových momentů (viz Obr. 25)

Z obrázku lze vidět, že nejvíce namáhané místo na ohyb je v bodě uchycení nápravy. Kontrola je nutná také v místě připojení oje k hlavním nosníkům, která je od spojovacího zařízení oje ve vzdálenosti h .

$$M_{O1} = F_D \cdot h \quad (17)$$

$$M_{O1} = 7041,1 \cdot 1682$$

$$M_{O1} = 11843130,2 \text{ Nmm}$$

Kde:

M_{O1} [Nmm] Ohybový moment zatěžující místo připojení oje

h [mm] Vzdálenost místa připojení oje od spojovacího zařízení oje

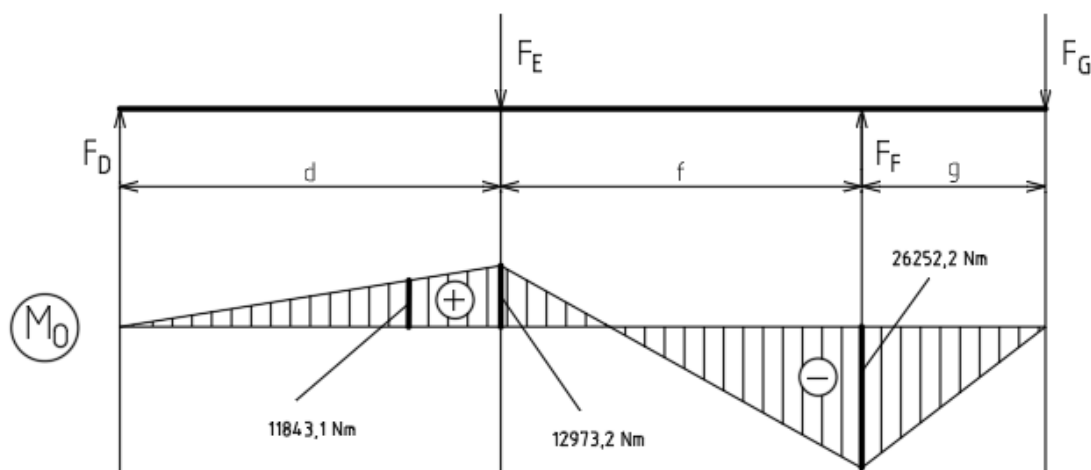
$$M_{O2} = F_G \cdot g \quad (18)$$

$$M_{O2} = 29513,4 \cdot 889,5$$

$$M_{O2} = 26252169,3 \text{ Nmm}$$

Kde:

M_{O2} [Nmm] Ohybový moment zatěžující místo nosníky v místě nápravy



Obr. 25 Výsledný průběh ohybových momentů pro kontrolu podélných nosníků

Určení průřezových modulů kritických míst

První kritický průřez je v místě obdélníkového trubkového profilu o rozměrech 180 x 120 x 5 a jeho průřezový modul v ohybu byl určen z portálu E-konstruktor. V místě druhého kritického průřezu jsou dva nosníky profilu U 240, jejichž průřezový modul je určen z tabulek. (viz Obr. 26)

$$W_{O1} = 147601,9 \text{ mm}^3 \quad [31] \quad (19)$$

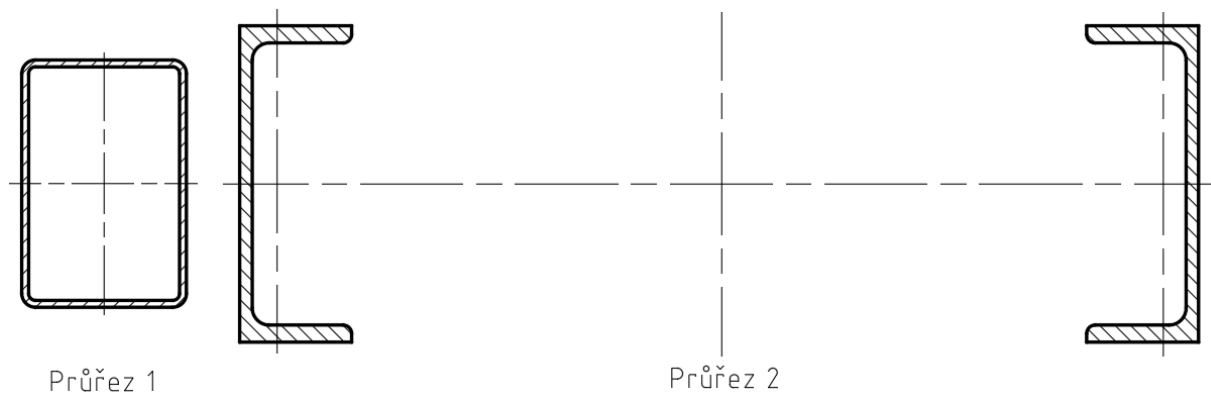
$$W_{O2} = 2 \cdot 300000 \text{ mm}^3 \quad [32] \quad (20)$$

$$W_{O2} = 600000 \text{ mm}^3$$

Kde:

W_{O1} [mm³] Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 1

W_{O2} [mm³] Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 2



Obr. 26 Kritické průřezy 1 a 2

Určení maximálního dovoleného napětí

Mez kluzu je určena prvním trojčíslím dané oceli. Dovolené napětí je následovně dáno podělením meze kluzu dané oceli součinitelem bezpečnosti, který je zvolen 2 a zahrnuje i dynamické vlivy.

$$\sigma_{D01} = \frac{Re_{S355}}{k} \quad (21)$$

$$\sigma_{D01} = \frac{355}{2}$$

$$\sigma_{D01} = 177,5 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{D01} [MPa] Dovolené napětí v ohybu v průřezu 1

k [-] Součinitel bezpečnosti nosníků

$$\sigma_{D02} = \frac{Re_{S235}}{k} \quad (22)$$

$$\sigma_{D02} = \frac{235}{2}$$

$$\sigma_{D02} = 117,5 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{D02} [MPa] Dovolené napětí v ohybu v průřezu 2

Výpočet napětí v kritických bodech

$$\sigma_{01} = \frac{M_{01}}{W_{01}} \quad (23)$$

$$\sigma_{01} = \frac{11843130,2}{147601,9}$$

$$\sigma_{01} = 80,2 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{01} [MPa] Napětí v ohybu v průřezu 1

$$\sigma_{02} = \frac{M_{02}}{W_{02}} \quad (24)$$

$$\sigma_{02} = \frac{26252169,3}{600000}$$

$$\sigma_{02} = 43,8 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{02} [MPa] Napětí v ohybu v průřezu 2

Porovnání vypočtených napětí a dovolených napětí

$$\sigma_{01} < \sigma_{D01} \quad (25)$$

$$80,2 < 177,5$$

$$\sigma_{02} < \sigma_{D02} \quad (26)$$

$$43,8 < 117,5$$

Podélné nosníky jsou při zatížení ohybem **vyhovující**.

4.2 KONTROLA PŘÍČNÝCH NOSNÍKŮ NA OHYB PŘI KLIDOVÉM STAVU

Výpočet zatěžující síly

Pro zjednodušení úlohy je uvažováno rovnoměrné rozložení nákladu v nástavbě a zatížení v místě kulového čepu odpovídající čtvrtině hmotnosti nástavby včetně nákladu. Příčné nosníky jsou vetknuty do nosníků podélných. Potřebné rozměry jsou uvedeny na obrázku níže (viz Obr. 27).

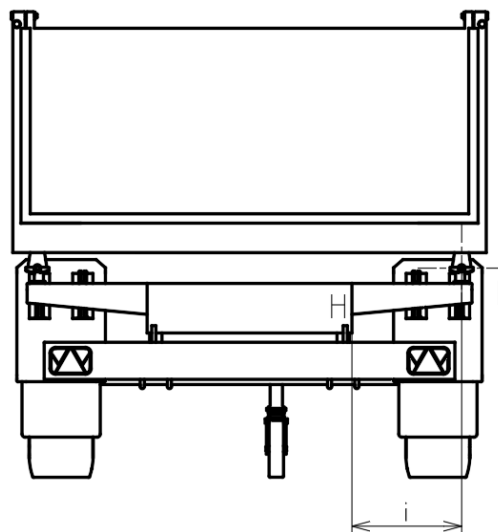
$$F_I = \frac{(m_n + m_k) \cdot g}{4} \quad (27)$$

$$F_I = \frac{(5000 + 1017) \cdot 9,81}{4}$$

$$F_I = 14756,7 \text{ N}$$

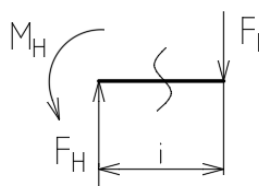
Kde:

F_I [N] Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující umístění kulového čepu



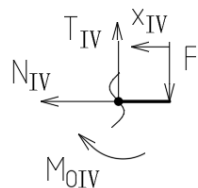
Obr. 27 Rozměry pro kontrolu příčných nosníků

Uvolnění (viz Obr. 28)



Obr. 28 Uvolnění pro kontrolu příčných nosníků

Výpočet VVÚ (viz Obr. 29)



Obr. 29 VVÚ pro kontrolu příčných nosníků

$$M_{OIV} = -F_I \cdot x_{IV}; \quad x_{IV} \in \langle 0; i \rangle \quad (28)$$

Kde:

M_{OIV} [Nmm] Výsledný ohybový moment v úseku IV

Výsledný průběh ohybových momentů (viz Obr. 30)

Z obrázku lze vidět, že nejvíce namáhané místo na ohyb je v bodě uchycení příčných nosníků.

$$M_{O3} = F_I \cdot i \quad (29)$$

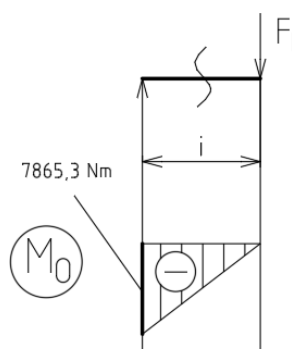
$$M_{O3} = 14756,7 \cdot 533$$

$$M_{O3} = 7865321,1 \text{ Nmm}$$

Kde:

M_{O3} [Nmm] Ohybový moment zatěžující příčný nosník v místě připojení

i [mm] Vzdálenost místa připojení od osy kulového čepu



Obr. 30 Výsledný průběh ohybových momentů

Určení průřezového modulu v kritickém bodě

Kritický průřez se nachází v místě připojení konzole, nesoucí uložení nástavby, k podélným nosníkům. Konzole je vyrobená z ohýbaného plechu tloušťky 10 mm o vnějších rozměrech 143 x 150 mm. Kvadratický moment průřezu (viz Obr. 31) byl určen z aplikace Autodesk Autocad.

$$J_{y3} = 9511252,7 \text{ mm}^4 \quad (30)$$

$$W_{O3} = \frac{J_{y3}}{e} \quad (31)$$

$$W_{O3} = \frac{9511252,7}{56,22}$$

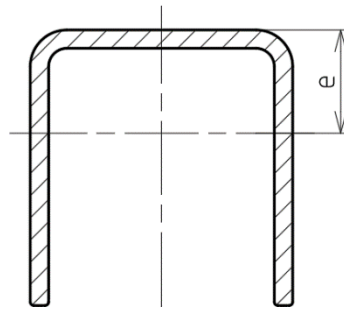
$$W_{O3} = 169179,2 \text{ mm}^3$$

Kde:

J_{y3} [mm⁴] Kvadratický moment průřezu k vodorovné ose v kritickém bodě 3

W_{03} [mm³] Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 3

e [mm] Vzdálenost těžiště průřezu od okrajového vlákna



Obr. 31 Kritický průřez 3

Určení maximálního dovoleného napětí

Součinitel bezpečnosti je zvolen 2 a zahrnuje i dynamické vlivy.

$$\sigma_{D03} = \frac{Re_{S235}}{k} \quad (32)$$

$$\sigma_{D03} = \frac{235}{2}$$

$$\sigma_{D03} = 117,5 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{D03} [MPa] Dovolené napětí v ohybu v průřezu 3

Výpočet napětí v kritických bodech

$$\sigma_{03} = \frac{M_{03}}{W_{03}} \quad (33)$$

$$\sigma_{03} = \frac{7865321,1}{169179,2}$$

$$\sigma_{03} = 46,5 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{03} [MPa] Napětí v ohybu v průřezu 3

Porovnání vypočtených napětí a dovolených napětí

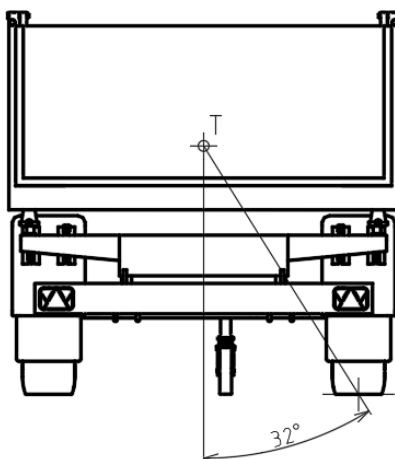
$$\sigma_{03} < \sigma_{D03} \quad (34)$$

$$46,5 < 117,5$$

Příčné nosníky jsou pro zatížení ohybem **vyhovující**.

4.3 URČENÍ MAXIMÁLNÍ SVAHOVÉ DOSTUPNOSTI

Určení teoretického maximálního naklonění návěsu je zjednodušeným způsobem stanoveno spojením bodu těžiště s bodem dotyku kola s vozovkou pomocí přímky. Následně je odečten úhel svírající tato přímka s vertikální osou. Výsledný úhel δ_t (viz *Obr. 32*) je poměrně velký, což je dáno především velkým rozchodem nápravy, který má na stabilitu podvozku velký vliv. Nicméně ve skutečnosti se nedá počítat s rovnoměrným rozložením nákladu a těžištěm v poloviny šířky návěsu. Poloha těžiště se díky nákladu, může i měnit. Dalším aspektem ovlivňující stabilitu je pružnost pneumatik. Proto je následující úhel podělen koeficientem bezpečnosti stanoveným na hodnotu 2. Těžiště bylo určeno z aplikace Autodesk Inventor.



Obr. 32 Výsledný teoretický maximální úhel naklonění

Přepočítání s koeficientem bezpečnosti

$$\delta_s = \frac{\delta_t}{k} \quad (35)$$

$$\delta_s = \frac{32}{2}$$

$$\delta_s = 16^\circ$$

Kde:

δ_s [°] Skutečný maximální úhel naklonění

δ_t [°] Teoretický maximální úhel naklonění

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce má za úkol ověřit a komplexně zpracovat problematiku návrhu zemědělského návěsu nižší hmotnostní kategorie, sladit požadavky legislativní, bezpečnostní, funkční a estetické s požadavky vycházejícími z pevnostních výpočtů konstrukce.

Úvod je věnován legislativním požadavkům na provoz a konstrukci přípojných vozidel a návěsů a dále též požadavkům na vybavení a bezpečnost přípojných vozidel. Následuje rešerše vybraných typově podobných návěsů dostupných na českém trhu.

Hlavní část je věnována vlastnímu konstrukčnímu a designovému návrhu návěsu a návrhu příslušenství. Následuje kapitola, která podrobně analyzuje rám návěsu v kritických bodech. Provedeny jsou nezbytné pevnostní výpočty mezních stavů rámu a ověřena vhodnost navržených materiálů a jednotlivých komponentů. Návrh je doplněn výpočtem svahové dostupnosti návěsu. Práce je doplněna základními výpočty, tabulkami a ilustračními fotografiemi. Přílohou jsou kompletní výkresy sestavy svařence a detailů rámu podvozku, obrázky pohledů z 3D modelu navrhovaného návěsu.

Během zpracovávání tématu bylo zjištěno, že kompletní návrh přípojných vozidel, je natolik obsáhlý, že několikrát přesahuje požadavky na rozsah bakalářská práce. Přestože byly uvažovány minimální požadavky na materiál vycházející z pevnostních výpočtů a minimální požadavky na vybavení návěsu příslušenstvím, není součástí práce ekonomický rozbor návrhu, výroby a uvedení na trh. Ekonomika případné výroby tohoto návěsu bude vycházet z daného výrobního podniku, bude podléhat jeho velikosti, výrobním, nákupním a prodejním možnostem, variabilitě a výběru nabízeného příslušenství. Na konečné náklady tak bude mít zásadní vliv výrobní množství vycházející z marketingové strategie. Podnětem k této bakalářské práci bylo proniknutí do problematiky zákonů skloubených s praxí při reálném navrhování, přičemž byla zjištěna rozsáhlost problematiky.

Výsledkem práce je třístranně sklopný návěs, při jehož návrhu byla zjištěna celá řada problémů, které musely být řešeny tak, aby bylo možné vyhovět jak konstrukčním možnostem jednotlivých dílů, tak platné legislativě.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013 o schvalování zemědělských a lesnických vozidel a dozoru nad trhem s těmito vozidly. In: *Sbírka zákonů*.
- [2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/519, kterým se mění nařízení (EU) č. 167/2013 o schvalování zemědělských a lesnických vozidel a dozoru nad trhem s těmito vozidly. In: *Sbírka zákonů*.
- [3] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2015/208, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013, pokud jde o požadavky na funkční bezpečnost vozidel pro účely schvalování zemědělských a lesnických vozidel. In: *Sbírka zákonů*.
- [4] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2015/68, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013, pokud jde o požadavky na brzdění vozidel pro účely schvalování zemědělských a lesnických vozidel. In: *Sbírka zákonů*.
- [5] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2018/829, kterým se mění a opravuje nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2015/208, pokud jde o požadavky na funkční bezpečnost vozidel pro účely schvalování zemědělských a lesnických vozidel. In: *Sbírka zákonů*.
- [6] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2018/828, kterým se mění nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2015/68, pokud jde o požadavky týkající se protiblokovacích brzdových systémů, vysokotlakých zásobníků energie a hydraulických spojení jednohadicového typu. In: *Sbírka zákonů*.
- [7] Vyhláška č. 153/2023 Sb., Vyhláška o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů*.
- [8] Vyhláška č. 209/2018 Sb., Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. In: *Sbírka zákonů*.
- [9] *O společnosti ZDT*. Online. Zemědělská a dopravní technika spol., s.r.o. Dostupné z: <https://www.zdt.cz/cz/o-nas/o-spolecnosti-zdt>. [cit. 2024-05-14].
- [10] *Z historie ZDT*. Online. AGROTEC Zemědělská technika. Dostupné z: <https://www.eagrotec.cz/zdt>. [cit. 2024-05-14].
- [11] *Zemědělská a dopravní technika spol., s.r.o.* Online. Návěsy třístranné. Dostupné z: <https://www.zdt.cz/cz/vyroby/jednoucelove-stroje/navesy-tristranne>. [cit. 2024-05-14].
- [12] *O společnosti*. Online. WTC Písečná. Dostupné z: <https://wtc-pisecna.eu/o-spolecnosti>. [cit. 2024-05-14].

- [13] *Traktorový návěs BIG7.5*. Online. WTC Písečná. Dostupné z: <https://wtc-pisečna.eu/t-raktorovy-naves-big-7-5>. [cit. 2024-05-14].
- [14] *Fliegl Fahrzeugbau*. Online. Wikipedia. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Fliegl_Fahrzeugbau. [cit. 2024-05-14].
- [15] *Fliegl TDK*. Online. Agrozet. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/fliegl-tdk-d78157.html>. [cit. 2024-05-14].
- [16] SVOBODA, Pavel a BRANDEJS, Jan. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vydání šesté, přepracované a doplněné. Brno: CERM, akademické nakladatelství, 2019. ISBN 978-80-7623-010-1.
- [17] *Ferona*. Online. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>. [cit. 2024-05-19].
- [18] GLOVER, T. J. *Pocket Ref*. Třetí vydání. Sequoia Publishing, 1995. ISBN 978-1885071002.
- [19] *Hydraulický válec teleskopický - typ C*. Online. Trans Technik. Dostupné z: <https://www.trans-technik.cz/valec-hydraulicky-teleskopicky-typ-c-0722100-505>. [cit. 2024-05-20].
- [20] *Ložisko pro třístranný pohyb válce o152 mm (Kardan)*. Online. Trans Technik. Dostupné z: <https://www.trans-technik.cz/kardan-pr-152-mm-0722000-152>. [cit. 2024-05-20].
- [21] *Uložení korby*. Online. L.D.S. Svar mont. Dostupné z: <https://lds-svarmont.cz/produkty/oprava-zkorodovaneho-ulozeni-korby/>. [cit. 2024-05-21].
- [22] *Sada pro sklapění přívěsu*. Online. Hydrolider. Dostupné z: https://hydrolider.cz/cs_CZ/p/Kompletni-sada-ctyr-hnizdo-s-kulovych-o-prumeru-75-mm-pro-sklapeni-privesu%2C-prepravky-nebo-skrine-do-hmotnosti-8-tun/20626. [cit. 2024-05-21].
- [23] *A.D.R. Brzděná náprava*. Online. Granit-parts. Dostupné z: <https://www.granit-parts.cz/e/product/22000016M?id=58793428>. [cit. 2024-05-21].
- [24] *Opěrné kolo přívěsu Simol nosnost 1500 kg*. Online. Díly na traktory. Dostupné z: <https://dilynatraktory.cz/podperne-kolecko-12637>. [cit. 2024-05-21].
- [25] *Základní informace o pneu*. Online. Hledám pneu. Dostupné z: <https://www.hledampneu.cz/zakladni-informace-o-pneu/>. [cit. 2024-05-21].
- [26] *Pneu Mitas IM-03 12.5/80-18 14PR TT*. Online. Mitas-pneu. Dostupné z: http://www.mitas-pneu.cz/implementy-nosne-pneumatiky/mitas_im-03_12-5-80-18_14pr_tt. [cit. 2024-05-21].

- [27] *Bočnice HV400/2 mm*. Online. Alsap. Dostupné z: https://www.alsap.cz/bocnice-ocelova-hv-400-2-mmp47477/?vid=48&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwoa2xBhACEiwA1sb1BFcpepJJxQhDnuYsSv6vtK2q5D07dLVJE02xeiwGh18oshbvPvmerxoCLhsQAvD_BwE. [cit. 2024-05-22].
- [28] *Kataog dílů*. Online. Granit-parts. Dostupné z: https://okat.granit-parts.com/index.php?customer=granitparts&shopLanguage=GT&articleNumbers=654950013&catalogLanguage=cz_CZ&catalogName=Fricke_Katalog_2&sid=&onlinekatpage=1017&im=1. [cit. 2024-05-22]. Str. 4.
- [29] *Fendt 1050 Vario*. Online. Agrofee. Dostupné z: <https://www.agrofee.cz/post/fendt-1050-vario-ob%C5%99%C3%AD-traktor-s-v%C3%BDkonem-517-kon%C3%AD>. [cit. 2024-05-22].
- [30] *Standardní závěsné oko 40 mm*. Online. Scharmueller. Dostupné z: <https://www.scharmueller.at/en/towing-eyes/flange/00.652.10.0-30867.html>. [cit. 2024-05-22].
- [31] *Technické výpočty*. Online. E-konstrukter. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/14-kvadraticky-moment-a-modul-prurezu-v-ohybu/104-kvadraticky-moment-prurezu-jaklu>. [cit. 2024-05-22].
- [32] ŘASA, J. a ŠVERCL, J. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. Praha: SCIENTIA, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Vzdálenost mezi okem oje a podpěrnou nohou
b	[mm]	Vzdálenost mezi podpěrnou nohou a těžištěm
c	[mm]	Vzdálenost mezi těžištěm a nápravou
Dc	[N]	Teoretická tažná síla mezi tažným vozidlem a přívěsem
d	[mm]	Vzdálenost mezi okem oje a předním kulovým uložením nástavby
e	[mm]	Vzdálenost těžiště průřezu od okrajového vlákna
F_A	[N]	Reakční síla působící na spojovací zařízení oje
F_B	[N]	Reakční síla působící od opěrné nohy
F_C	[N]	Reakční síla působící od nápravy
F_D	[N]	Reakční síla působící od závěsu traktoru
F_E	[N]	Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující přední kulové uložení
F_F	[N]	Reakční síla působící od nápravy
F_G	[N]	Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující zadní kulové uložení
F_I	[N]	Výsledná síla od nákladu a nástavby zatěžující umístění kulového čepu
F_y	[N]	Výsledná síla v ose y
F_{T1}	[N]	Výsledná zatěžující síla pro výpočet zatížení nápravy
F_{T2}	[N]	Výsledná zatěžující síla pro výpočet zatížení opěrné nohy
f	[mm]	Vzdálenost mezi předním kulovým uložením nástavby a nápravou
g	[m/s ²]	Gravitační tíhové zrychlení
h	[mm]	Vzdálenost místa připojení oje od spojovacího zařízení oje
i	[mm]	Vzdálenost místa připojení od osy kulového čepu
I_{y3}	[mm ⁴]	Kvadratický moment průřezu k vodorovné ose v kritickém bodě 3
k	[-]	Součinitel bezpečnosti nosníků
l	[m]	Teoretická vzdálenost oka oje a nápravy
M_{O1}	[Nmm]	Ohybový moment zatěžující místo připojení oje
M_{O2}	[Nmm]	Ohybový moment zatěžující místo nosníky v místě nápravy
M_{O3}	[Nmm]	Ohybový moment zatěžující příčný nosník v místě připojení
M_{OI}	[Nmm]	Výsledný ohybový moment v úseku I
M_{OII}	[Nmm]	Výsledný ohybový moment v úseku II
M_{OIII}	[Nmm]	Výsledný ohybový moment v úseku III
M_{OIV}	[Nmm]	Výsledný ohybový moment v úseku IV

M_{ZA}	[Nmm]	Celkový moment v bodě A
M_{ZC}	[Nmm]	Celkový moment v bodě C
M_{ZD}	[Nmm]	Celkový moment v bodě D
m_c	[kg]	Celková hmotnost návěsu
m_k	[kg]	Hmotnost valníkové nástavby
m_{mo}	[kg]	Minimální nosnost opěrné nohy
m_{mp}	[kg]	Minimální nosnost nápravy
m_{ms}	[kg]	Minimální zatížení, na něž musí být spojovací zařízení konstruováno
m_n	[kg]	Hmotnost nákladu
m_o	[kg]	Hmotnost opěrné nohy
m_p	[kg]	Hmotnost celé nápravy
o	[mm]	Vzdálenost mezi nápravou a zadním kulovým uložením nástavby
T	[N]	Celková hmotnost tažného vozidla
V	[N]	Vertikální zatížení pevné oje přívěsu
W_{O1}	[mm ³]	Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 1
W_{O2}	[mm ³]	Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 2
W_{O3}	[mm ³]	Průřezový modul průřezu v ohybu v kritickém bodě 3
x	[m]	Délka ložné plochy
y	[-]	Koeficient závislý na druhu odpružení
σ_{D01}	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu v průřezu 1
σ_{D02}	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu v průřezu 2
σ_{D03}	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu v průřezu 3
σ_{O1}	[MPa]	Napětí v ohybu v průřezu 1
σ_{O2}	[MPa]	Napětí v ohybu v průřezu 2
σ_{O3}	[MPa]	Napětí v ohybu v průřezu 3
δ_s	[°]	Skutečný maximální úhel naklopení
δ_t	[°]	Teoretický maximální úhel naklopení

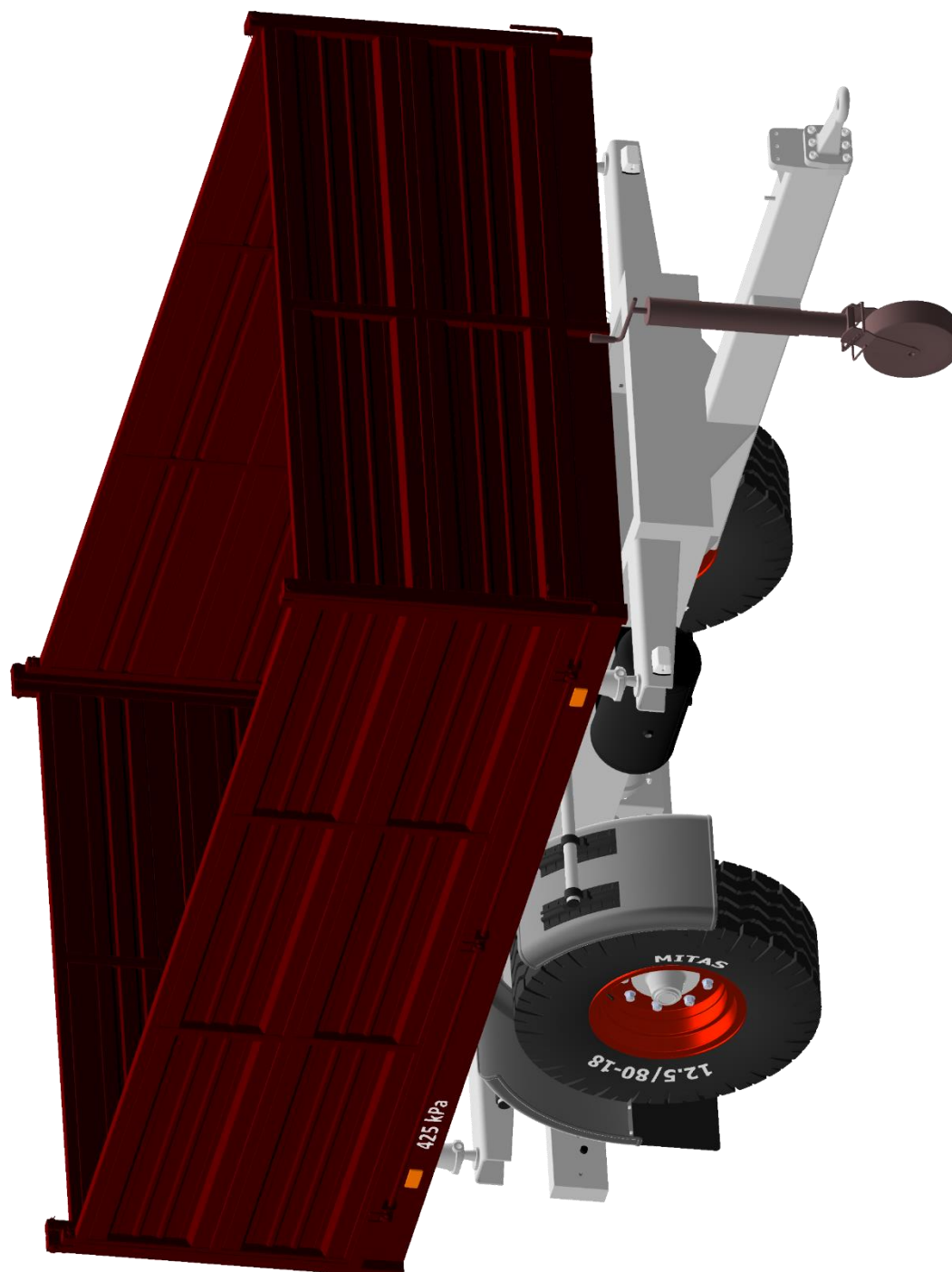
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Pohled na návěs zředu
Příloha 2	Pohled na návěs zezadu
Příloha 3	Pohled na rám návěsu zředu
Příloha 4	Pohled na návěs zezadu
Příloha 5	Vyklápění návěsu dozadu
Příloha 6	Vyklápění návěsu do boku

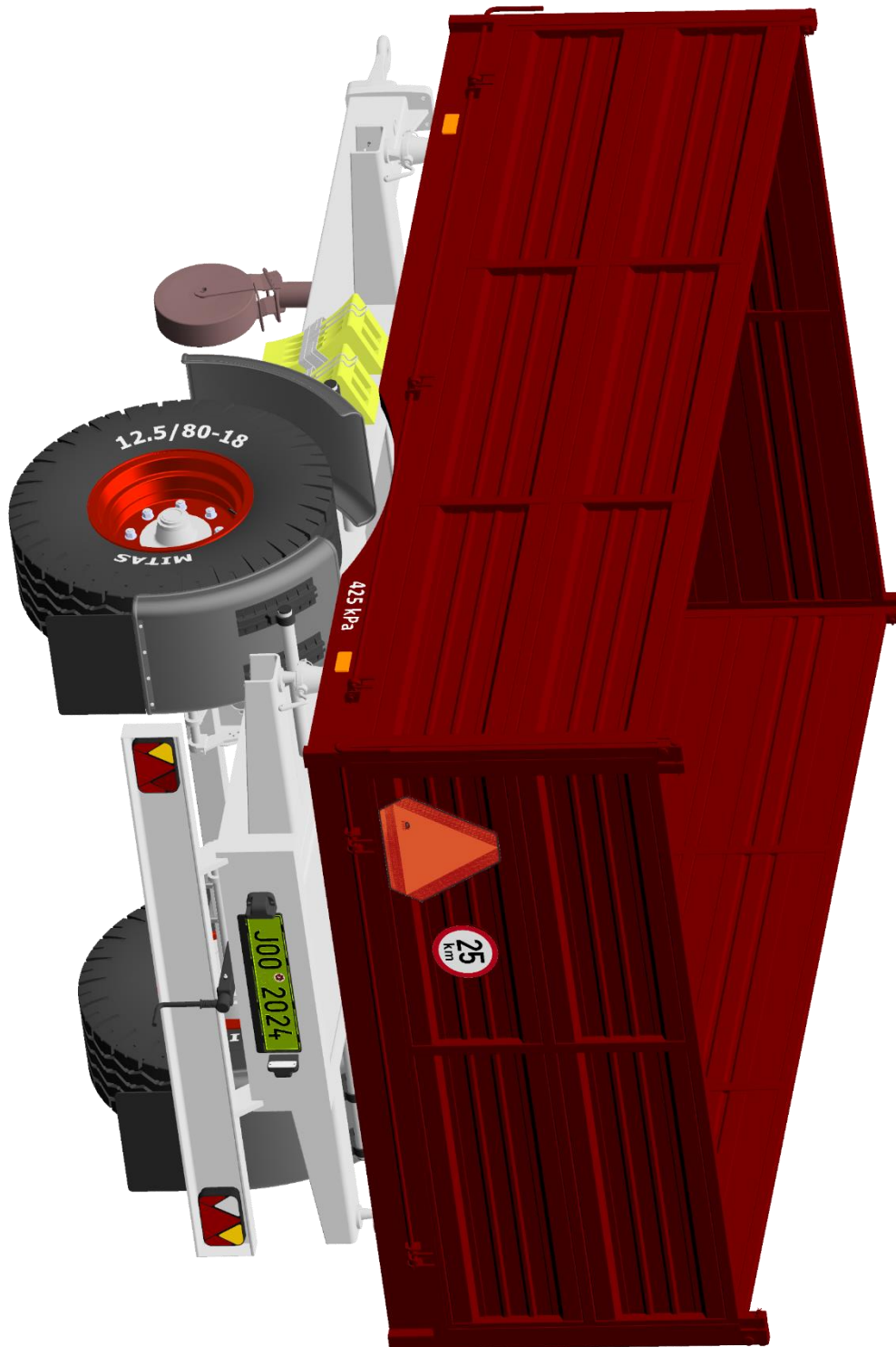
SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkresy součástí
Příloha 2	Výrobní výkres svařence rámu
Příloha 3	Výrobní výkres sestavy návěsu

Pohled na návěš zředu



Pohled na návěs zezadu



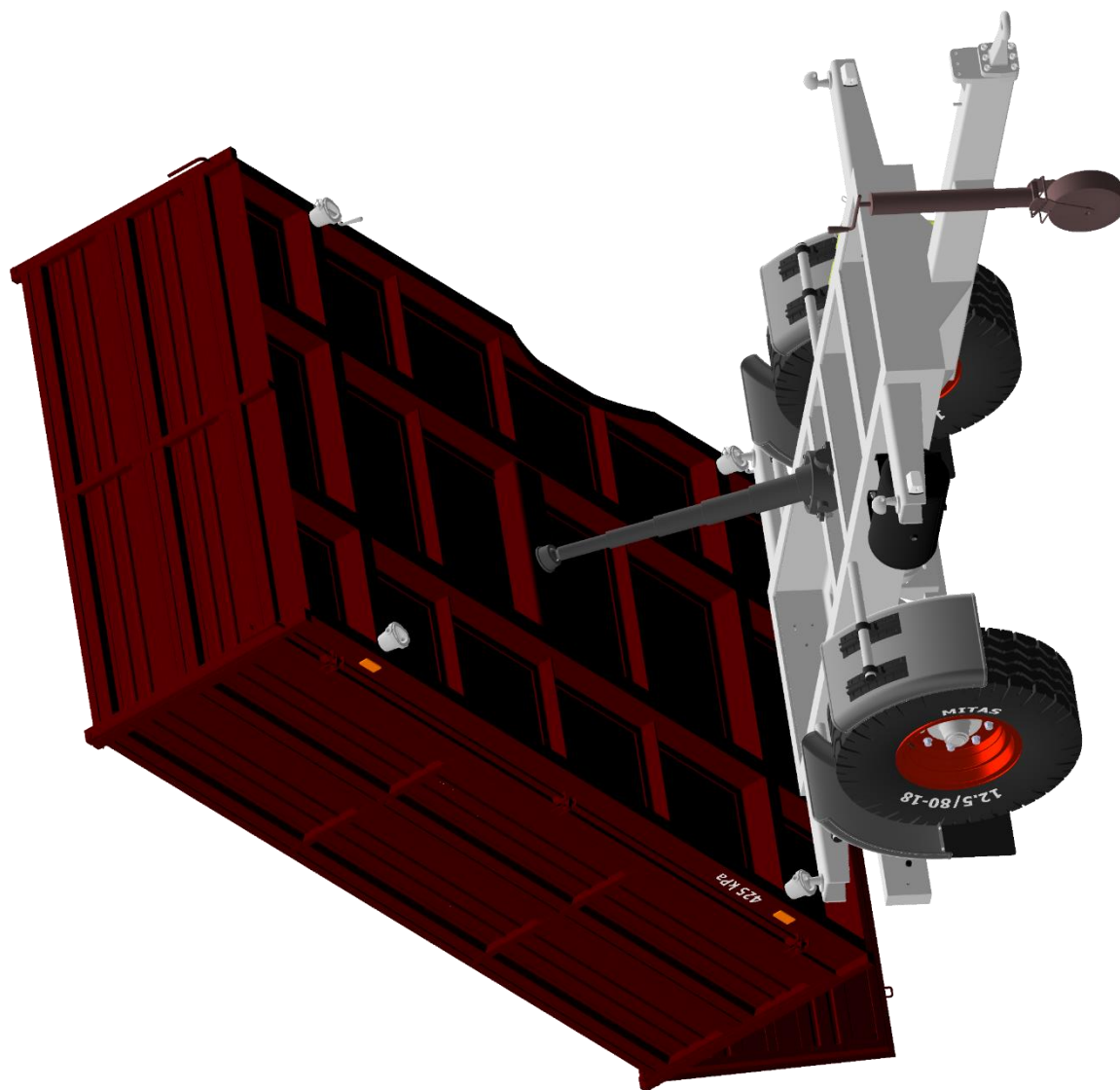
Pohled na rám návěsu zředu



Pohled na návěs zezadu



Vyklápění návěsu dozadu



Vyklápění návěsu do strany

