



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh univerzálního přívěsného vozíku
zejména pro přepravu motocyklů**

**Design of universal trailer for motorcycle
transportation**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Ondřej DAŇHELKA

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Češpíro, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Daňhelka** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **508937**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh univerzálního přívěsného vozíku zejména pro přepravu motocyklů

Název bakalářské práce anglicky:

Design of Universal Trailer for Motorcycle Transportation

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte v rámci rešerše přehled specificky používaných přívěsných vozíků za osobní automobily. Navrhněte konstrukční řešení vozíku, zpracujte návrh nosné konstrukce a proveďte základní pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů. Vyhotovejte 3D model a vybranou výkresovou dokumentaci přívěsného vozíku pro přepravu motocyklů.

Seznam doporučené literatury:

Švec, V.: Části a mechanismy strojů – Spoje a části spojovací. ČVUT Praha, 1997
Jančík, L., Zýma, J.: Části a mechanismy strojů. ČVUT Praha 2004

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

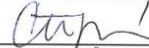
Ing. Zdeněk Češíro, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS

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


Datum zadání bakalářské práce: **09.04.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **02.08.2024**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Zdeněk Češíro, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


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

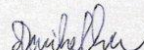

doc. Ing. Miroslav Špáněl, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

23.4.2024

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Zdeňka Češpíra, Ph.D., s použitím pouze odborné literatury a zdrojů uvedených v seznamu použité literatury, jež je součástí této bakalářské práce.

V Praze dne:

.....

Ondřej Daňhelka

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Češpírovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k obsahové stránce práce, jež mi poskytl formou konzultací v průběhu vypracovávání této bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří i dalším členům z ostatních ústavů Fakulty strojní ČVUT v Praze, kteří mi poskytli cenné rady především u pevnostních výpočtů. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za obrovskou podporu během studia a zejména při tvorbě této bakalářské práce.

Anotační list

Jméno autora:	Ondřej Daňhelka
Název bakalářské práce:	Návrh univerzálního přívěsného vozíku zejména pro přepravu motocyklů
Anglický název:	Design of universal trailer for motorcycle transportation
Rok zpracování:	2024
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Zdeněk Češpíro, Ph.D.
Bibliografické údaje:	
	počet stran: 82
	počet obrázků: 66
	počet tabulek: 12
	počet příloh: 4
Klíčová slova:	přívěsný vozík, motocykl, legislativa, rám, sklopná nástavba, pevnostní výpočty
Key words:	trailer, motorbike, legislation, frame, hinged platform, strenght calculations

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem univerzálního přívěsného vozíku s uzpůsobením pro přepravu motocyklů. První část práce je věnována rešerši přívěsných vozíků dostupných na trhu. Následuje shrnutí požadavků legislativy, které musí přípojné vozidlo splňovat, aby mohlo být provozováno na pozemních komunikacích. V dalších částech práce je detailně proveden rozbor hlavních konstrukčních součástí přívěsu. Závěr bakalářské práce se zabývá pevnostními výpočty vybraných částí a ekonomickým zhodnocením přívěsného vozíku.

Abstract

This thesis deals with structural design of universal trailer with ability for motorcycle transport. The first part of the thesis is devoted to research of the trailers market. The following part is a summary of the legislative requirements which trailer must have for the operation on the the public road communications. The next parts of thesis provide a detailed analysis of the main structural parts of the trailer. The conclusion of the bachelor's thesis deals with the strenght calculations of selected parts and the economic evaluation of the trailer.

Obsah

1. Úvod	1
2. Přípojné vozidlo	2
2.1. Jízdní souprava s přívěsem	2
2.2. Jízdní souprava s návěsem.....	3
3. Rešerše přívěsů	4
3.1. Valníkové přívěsy	4
3.1.1. Přívěsy s koly vedle ložné plochy.....	4
3.1.2. Přívěsy s koly pod ložnou plochou	5
3.2. Sklápěcí přívěsy	6
3.2.1. Přívěsy s hydraulickým zvedákem	6
3.2.2. Ručně sklápěné valníkové přívěsy a plata	6
3.2.3. Sklopné přívěsy ovládané manuálně hydraulickou pumpou nebo hydraulickým elektro-agregátem.....	7
3.3. Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou	7
3.4. Převravníky aut.....	8
3.5. Přívěsy pro přepravu zvířat.....	9
3.6. Skříňové přívěsy.....	9
3.7. Převravníky zejména stavební techniky	10
3.8. Přívěsy na přepravu lodí a skútrů	11
3.9. Přívěsy pro přepravu motocyklů	11
3.10. Obytné přívěsy.....	12
4. Legislativa	13
4.1. Požadavky na uživatele.....	13
4.2. Spojitelnost vozidel v jízdní soupravu	13
4.3. Rozměry přípojných vozidel	14
4.4. Hmotnosti	14
4.5. Nejvyšší technicky přípustná rychlost a její označení na přípojném vozidle	14
4.6. ABS přípojného a taženého vozidla	14
4.7. Osvětlení přípojných vozidel	14
4.7.1. Brzdová svítilna.....	15
4.7.2. Zadní obrysová svítilna	15
4.7.3. Zadní směrový ukazatel	16
4.7.4. Zadní couvací světlomet.....	16

4.7.5.	Zadní mlhová svítlna	17
4.7.6.	Osvětlení registrační značky	18
4.7.7.	Přední obrysové světlo	18
4.7.8.	Přední odrazka	18
4.7.9.	Boční odrazka	18
4.7.10.	Zadní odrazka.....	19
4.8.	Blatníky, podběhy, lapače nečistot.....	19
4.9.	Pneumatiky	20
4.10.	Povinná výbava	20
5.	Seznámení s konstrukcí přívěsu, technické parametry	21
5.1.	Představení konstrukce, náhled a popis 3D modelu	21
6.	Návrh jednotlivých konstrukčních celků přívěsu	24
6.1.	Konstrukce rámu	24
6.2.	Konstrukce tažné oje	26
6.3.	Konstrukce bočnic	27
6.4.	Konstrukční provedení předního a zadního čela	27
6.5.	Konstrukce podlahy	29
7.	Návrh homologovaných komponentů přívěsu pro přepravu motocyklů	30
7.1.	Náprava.....	30
7.2.	Kola	31
7.3.	Blatníky	31
7.4.	Spojovací zařízení	32
7.5.	Opěrné kolečko.....	33
7.6.	Šroubový klikový zvedák.....	34
7.7.	Kotvící prvky	35
7.8.	Držák na motocykly	36
7.9.	Nájezd	38
7.10.	Osvětlení a elektroinstalace	39
8.	Pevnostní kontrola základních částí přívěsného vozíku	42
8.1.	Poloha těžišť	42
8.2.	Poloha nápravy	42
8.2.1.	Předběžný návrh umístění nápravy-prázdný přívěsný vozík.....	43
8.2.2.	Výpočet síly působící na tažné zařízení od prázdného vozíku při vzdálenosti nápravy 2246 mm.....	45

8.2.3.	Kontrola svislého zatížení tažného zařízení v případě nakládky 3 motocyklů	45
8.3.	Kontrola zatížení opěrného kolečka	47
8.4.	Kontrola vřetena-pohybového šroubu zvedáku.....	49
8.4.1.	Návrh a kontrola pohybového šroubu	52
8.5.	Kontrola spojovacího čepu	55
8.6.	Kontrola rozpěry oje	57
8.7.	Kontrola příčného uzavřeného profilu rámu.....	58
8.7.1.	Rovnoměrné zatížení příčného uzavřeného profilu	59
8.7.2.	Nerovnoměrné zatížení příčného uzavřeného profilu	60
9.	Ekonomické zhodnocení přívěsu	61
10.	Závěr.....	63
	Seznam použité literatury	65
	Seznam použitých počítačových programů.....	68
	Seznam obrázků	68
	Seznam tabulek.....	70
	Seznam příloh	70
	Seznam použitých zkratek a symbolů.....	71

1. Úvod

Cílem následující bakalářské práce je navrhnout univerzální přívěsný vozík zejména pro přepravu motocyklů. Potřeba převozu lidí, zvířat nebo věcí z jednoho místa na druhé se řadí mezi obvyklé denní záležitosti. Souhrnně se tento proces označuje názvem doprava, která je v současnosti velmi důležitá pro společnost. Doprava, ať už automobilová, letecká, vodní či jiná, umožňuje přemísťovat lidi, suroviny a další zboží mezi danými regiony, zároveň své uplatnění nalezne například v průmyslu a obchodu. Nyní se ovšem potýká se závažnými problémy jako jsou bezpečnost, dopravní zácpy, hluk, nepochybně její dopady na životní prostředí a velká závislost na fosilních palivech.

Pro bezpečnost provozu na podzemních komunikacích je nutné volit vhodné prostředky pro přepravu nákladů. V praxi je potřeba převážet různorodý náklad, jako je například sypký materiál, dřevo, zahradní technika nebo speciální břemena typu motocyklů, čímž vznikla potřeba přívěsných vozíků. Na trhu se lze setkat s celou řadou variant přívěsných vozíků, kterými se výrobci zabírají pro uspokojení zvyšujících se požadavků od zákazníka.

Návrh přívěsných vozíků se zabývá problematikou všestranného použití. V následující bakalářské práci je navržen přívěs splňující podmínku různorodosti nakládky k uspokojení potřeb převozu běžného uživatele, zároveň vyhovuje požadavkům pro přepravu až 3 motocyklů. V první části práce je rešerše variant přívěsů dostupných na trhu, zároveň se zabývá legislativou upravující technické požadavky přípojných vozidel pro provoz na pozemních komunikacích. V následujících částech probíhá samotný systematický návrh dílčích částí přívěsu pro získání jeho celku. Závěrečná část obsahuje základní pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů. Součástí práce je 3D model přívěsného vozíku a příslušná výkresová dokumentace.

Při konceptu přívěsného vozíku je dbáno na jednoduchost, opravitelnost, se zaměřením na odolnost vůči opotřebení, které je dáno samotným používáním a účinkem přírodních vlivů jako je koroze. Samotná konstrukce přívěsného vozíku je provedena tak, aby bylo možné užívání přípojného vozidla na pozemních komunikacích. Použité komponenty musí být homologované nebo navržené tak, aby splňovaly dané podmínky pro provoz vozidla na pozemních komunikacích a bylo možné schválit jeho technickou způsobilost.

2. Přípojně vozidlo

Silniční nemotorové vozidlo určené k tažení jiným vozidlem, s nímž tvoří jízdní soupravu. Spadá do kategorie O dle zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu na pozemních komunikacích. Zákon rozděluje přípojná vozidla následovně:

- O1-přípojná vozidla, jejichž největší přípustná (maximální) hmotnost nepřevyšuje 750 kg.
- O2-přípojná vozidla, jejichž největší technicky přípustná (maximální) hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg.
- O3-přípojná vozidla, jejichž největší technicky přípustná (maximální) hmotnost převyšuje 3500 kg, ale nepřevyšuje 10000 kg.
- O4-přípojná vozidla, jejichž největší technicky přípustná (maximální) hmotnost převyšuje 10000 kg.
- OT1-přípojná vozidla traktoru, jejichž největší technicky přípustná hmotnost nepřevyšuje 1500 kg.
- OT2-přípojná vozidla traktoru, jejichž největší technicky přípustná hmotnost převyšuje 1500 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg.
- OT3-přípojná vozidla traktoru, jejichž největší technicky přípustná hmotnost převyšuje 3500 kg, ale nepřevyšuje 6000 kg.
- OT4-přípojná vozidla traktoru, jejichž největší technicky přípustná hmotnost převyšuje 6000 kg.

Přípojná vozidla se využívají hlavně pro dopravu nákladů, osob nebo pro jejich ubytování. V praxi je dělíme jednodušeji na přívěsy a návěsy. [1] [2] [3]

2.1. Jízdní souprava s přívěsem

Přívěsy jsou přípojná (tažená) vozidla určená k provozu na pozemních komunikacích mající alespoň jednu nápravu, která není zpravidla hnací. Přípojná vozidla jsou tažená některým druhem motorového vozidla, na které je přenášena pouze nepodstatná část z jejich celkové hmotnosti, nejčastěji pomocí oje. V porovnání s návěsy jsou určeny zejména k dopravě různorodé nákladky menších rozměrů. V minulosti měly nákladní přívěsy přední kola říditelná, dnes je již běžně užívané řízení pomocí točnice, kdy přední náprava je řízená a v zadní části bývá jedna až tři pevné. Celá přední náprava přívěsu je připevněna i s odpružením na otočném podvozku, na kterém je kloubově uchycená tažná oj. Nad otočným podvozkem je připojena kuličková točnice, jejíž horní část je spojena s rámem s vysokou torzní tuhostí. U konvenčních přívěsů využíváme zásadně řízení tažnou ojí ve spojení s tažným zařízením (případně u nákladních přívěsů kombinace tažného oka a vidlice). Princip řízení je založen na natáčení celé pevné nápravy. Pevné, neřiditelné nápravy mají výhodu v jednodušší, stabilnější konstrukci povolující vyšší maximální rychlost. Nevýhodou je značné opotřebení pneumatik. [4] [5] [6]

Tažná oj slouží k připojení přívěsu k tažnému vozidlu do závěsného zařízení, může být délkově a výškově přestavitelná. U nákladních vozidel se spojení skládá z tažného oka

ukotveného ve vidlici čepem. U osobních je oj ustavena na tažném zařízení, jež je často i výškově přestavitelné, vozidla prostřednictvím tažné spojky. [4] [5] [6]



Obrázek 1: Čtyřosý točnicový přívěs AGD 3500 kg [7]

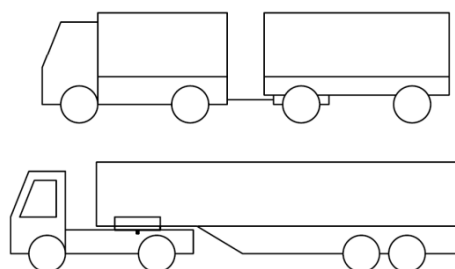


Obrázek 2: Přívěs s neřiditelnými nápravami Brenderup 5375 AL 2500 kg [8]

2.2. Jízdní souprava s návěsem

Návěs vytváří soupravu s tahačem. Jedná se o přípojně vozidlo, které nemá vlastní zdroj pohonu a zpravidla nemá hnací nápravy. Významná část z celkové hmotnosti přípojněho vozidla je přenášena na tahač návěsti skrz spojovací zařízení. Svou přední část ukládají na točnici nebo návěsný čep. Po odpojení tahače je přední část návěsu na jedné nebo většinou na dvou vysouvateľných podpěrách. Návěsové jízdní soupravy se skládají většinou z dvounápravového tahače a třínápravového návěsu, používají se výhradně v dálkové přepravě a jsou uzpůsobené pro přepravu dřeva, živých zvířat, cementu. Mohou být přímo ve speciálním provedení jako chladírenský, cisternový a odtahový návěs. Ve srovnání s přívěsy umožňují přepravu většího množství různorodého nákladu. [4] [5] [6]

Jízdní souprava (přívěsová, návěsová)



Obrázek 3: Jízdní souprava s přívěsem/návěsem [4]

3. Rešerše přívěsů

Následující rešerše se bude zabývat rozdělením přívěsů o celkové hmotnosti nepřesahující 3500 kg, dle jejich specifického použití. Na trhu se lze setkat s celou řadou jejich konstrukčních vylepšení pro usnadnění nakládky a vykládky specifického břemena. Zároveň umožňují jeho komfortní a bezpečné ustavení pro následnou přepravu.

3.1. Valníkové přívěsy

Jedná se o nejrozšířenější a nejuniverzálnější druh přívěsů, sloužící zejména k převozu hmotnostně lehčího a méně rozměrově výrazného nákladu v podobě sypkého materiálu, zahradní techniky. Jedná se o přívěsy s lehkou, stabilní konstrukcí, rozměrově a váhově kompaktními pro připojení za osobní automobil. Vyrábí se v provedení různých variant. Přívěsné vozíky s celkovou hmotností do 750 kg jsou nejčastěji nebrzděné, kdy veškeré zpomalování soupravy se uskutečňuje vlivem automobilu. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady, snadnější údržba. Limitace je v nízké doložitelnosti, maximálně okolo 600 kg, a menší bezpečnosti. Brzděné přívěsy umožňují přepravu značně těžších břemen, odlehčují brzdám tažného vozidla a jsou bezpečnější vzhledem ke kratší brzdě dráze soupravy. Náročná může být údržba vzhledem k nutnosti kontroly brzdového systému a značnou nevýhodou je vyšší cena. Dle konstrukce podvozku dělíme valníkové přívěsy na přívěsy s koly vedle a pod ložnou plochou. [9] [10]

3.1.1. Přívěsy s koly vedle ložné plochy

Brzděné i nebrzděné jednoosé přívěsné vozíky se často konstruují s koly vedle ložné plochy, což zaručuje vzhledem k nižšímu těžišti vyšší stabilitu, lepší jízdní vlastnosti a snadnou manipulaci. V případě nakládání těžších břemen zákazník ocení nízko umístěnou ložnou plochu. Nejčastějším nedostatkem je nemožnost odejmutí bočních postranic, což vede k neuskutečnitelnosti nakládky z boku a horšímu přístupu k nákladu. Boční postranice se vyrábí často jako plechové s povrchovou úpravou zinkování (aluzinek, pozink), jež jsou lehké. Dalším způsob je výroba z voděodolné překližky, která je pevnější a odolává lépe otěru. Rám je výhradně svařovaný z normalizovaných profilů za účelem úspory financí. Jedná se o cenově nejdostupnější kategorii přívěsů. [9] [10]



Obrázek 4: Nebrzděný přívěs APV N1 750 kg 2100x1280 mm [11]

3.1.2. Přívěsy s koly pod ložnou plochou

Přívěsy s koly pod ložnou plochou se běžně prodávají v provedení jako brzděné i nebrzděné. Vzhledem k dané konstrukci umožňují snadnou manipulaci s nákladem a možnost přístupu k ložné ploše ze všech stran. Bočnice jsou snadno odnímatelné, což umožňuje nakládku z boku. Při přepravě nestandardního velkého nákladu je možné vytvoření plata vhodného pro přepravu palet, mechanizace, malých automobilů, zahradní techniky, motocyklů a čtyřkolek. Pro tento typ vozíků, kde se bočnice často otevírají/demontují, je vhodným materiálem bočnic hliník. Ten je pevný, korozně odolný a vykazuje dlouhou životnost při zachování užitných vlastností. Přívěsy s koly pod ložnou plochou jsou vhodné i pro větší zatížení, standardně do 3500 kg pro běžné osobní automobily, tomu odpovídá i zvýšení počtu náprav. Dvouosé přívěsy rozkládají váhu nákladu rovnoměrněji, poskytují vyšší stabilitu a lepší jízdní vlastnosti zejména na nerovné vozovce. [9] [10]



Obrázek 5: Přívěs Neptun Nordica N20-420 2 KPS 2000 kg 4200x2150 mm [12]

3.2. Sklápěcí přívěsy

Sklopné přívěsy slouží k přepravě zejména sypkých materiálů (písek, štěrk, zemina), menších dopravních prostředků jako je čtyřkolka, motocykl, menší automobil a zahradního náčiní (sekačka, traktůrek). Naložení a složení materiálu je komfortnější i efektivnější. Při návrhu sklápění je nutné dbát na ovladatelnost, bezpečnost a jednoduchost zařízení s možností kontrolovaného, plynulého naklápění. Tyto přívěsy mají obdobnou svařovanou konstrukci rámu jako valníkové přívěsy, povrchovou úpravou je zinkování. Sklápěcí přívěsy jsou dále rozděleny dle variant mechanismu sklápění na ručně a elektricky ovládané. [9]

3.2.1. Přívěsy s hydraulickým zvedákem

Přívěsy s hydraulickým zvedákem umožňují snadné sklápění ložné plochy s nákladem. Zvedák bývá umístěn mezi zesílený, nosný svařovaný rám do oblasti oje a vyztuženého čela. Upevnění je zajištěno kombinací vidlice, oka a čepu. Tento způsob ukotvení zajišťuje eliminaci ohybového namáhání vysouvajícího se pístu. Vzhledem ke kontrolovanému naklápění je možné tyto přívěsy využít při přepravě zahradní a transportní techniky. Ke snížení nájezdového úhlu se využívá prodloužené, zesílené zadní čelo nebo klasické nájezdy. [13]



Obrázek 6: Přívěs Dung A 08.2 ZN [14]

3.2.2. Ručně sklápěné valníkové přívěsy a plata

Jednonápravové sklopné přívěsy se mohou sklápět samovolně vlivem odjištění zajišťovacích uzávěrů na oji a působení gravitační síly. Tyto přívěsy se využívají zejména pro přepravu lehké zahradní techniky nebo dopravních prostředků, kde lze naklápění kontrolovat jen působením lidské síly. Podlaha je stejná jako u většiny přívěsných vozíků, a to z vodězdorné překližky. Pro upevnění břemena je osazená kotvícími oky. [13]



Obrázek 7: Přívěs Agados Handy-8 750 kg sklopný [15]

3.2.3. Sklopné přívěsy ovládané manuálně hydraulickou pumpou nebo hydraulickým elektro-agregátem

Sklopné brzděné přívěsy s koly pod ložnou plochou umožňují sklápění do jedné nebo více stran vlivem hydraulického válce s výsuvným pístem. Píst je uložen mezi dvojitým rámem. Jedna část rámu je připevněna k podvozku a druhá část je základem masivní ložné plochy, což vede ke zvýšení hmotnosti přívěsu. Výhodou je největší nosnost z pohledu sklápěných přívěsů, možnost použití více náprav a schopnost sklápět i do boku. Bočnice jsou výhradně demontovatelné a vyráběné z hliníku. Ovládání hydraulického válce je zajištěno ručně-hydraulickou pumpou nacházející se v přední části oje, nebo elektricky. [13]



Obrázek 8: Třístranný sklápěč ALS 3500 kg 3300x1700 mm [16]

3.3. Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou

Přívěsy se spouštěcí ložnou plochou mají unikátní mechanismus dovolující snížení celé ložné plochy, dokonce její dosednutí na zem. Jedná se o jednonápravové, dvounápravové přívěsy, jejichž sklápěcí mechanismus pracuje na principu pootočení náprav. Tímto pootočením dosedne zadní část ložné plochy na zem, přičemž nájezdový úhel je velmi malý, což umožňuje snadné najetí přepravované techniky. Po naložení a zajištění nákladu se ložná plocha zvedne zpátky do provozu schopné výšky hydraulickým mechanismem. Zdvihání probíhá ručně snadným pumpováním pákou hydraulické pumpy

nebo samočinně elektrohydraulickým agregátem. Daný přívěs je možné použít k dopravě čtyřkolek, motorek, menších aut, zahradní, stavební a komunální techniky a sněžných skútrů. [9]



Obrázek 9: Brzděný hydraulicky spouštěný přívěs AAS 1400 kg, 2600x1550 mm [17]

3.4. Převravníky aut

Autopřevravníky jsou speciální přívěsy sloužící k přepravě výhradně automobilů. Přívěs obsahuje příslušenství vhodné k šetrnému a bezpečnému zajištění cenově nezanedbatelnému nákladu, za který lze považovat vozidla. Mezi základní příslušenství spadají rozpěrné tyče s dorazovými klíny pro správné ustavení vozidla, naviják pro případ nakládky nepojízdného automobilu, najížděcí rampa nebo nájezdy, kotvící oka umístěné přímo v podlaze nebo v podélných profilech rámu pro zamezení nežádaného posunu vozidla při přepravování. Podlaha je tvořena protiskluzovým plechem, vodězdornou překližkou nebo hliníkovými profily, případně kombinací. Autopřevravníky mohou mít některý ze systémů sklopného mechanismu uvedený v kapitole 3.2. Pro převoz více vozidel je vhodné použití přívěsu s větším množstvím náprav zajišťujících vyšší stabilitu. Z konstrukčního hlediska, kdy je užší šíře přívěsu, jsou autopřevravníky konstruované s koly pod ložnou plochou. Ti mají méně příznivé jízdní vlastnosti kvůli vyššímu těžišti. [9] [13]



Obrázek 10: Hliníkový autopřevravník APL 2700 kg, 4500x2100 mm [18]

3.5. Přívěsy pro přepravu zvířat

Přívěsy pro přepravu zvířat jsou uzpůsobené pro dopravu menších i větších zvířat, zajišťují jejich maximální zabezpečení a komfort. Při přepravě i menších zvířat, jako jsou například psi, se jedná o nejbezpečnější metodu přepravy zvířete, jež je nedílnou součástí jeho chovu. Řidiči s posádkou nejsou ovlivněni, či dokonce ohroženi jeho působností ve vozidle. Mezi nevýhody spadá nemožnost komunikace mezi zvířetem a řidičem, která lze vyřešit například bezdrátovou kamerou či příposlechem. Výrobci musí brát ohled na přísnější kritéria z důvodu ochrany zvířat. Na zvíře během jízdy působí řada stresových faktorů, jedná se třeba o hluk, vibrace, obecně nezvyklost na jízdu=plachost zvířat na pohyb dopravních prostředků, způsob nakládání a vykládání. Při dálkové přepravě také musí mít přepravovaná zvířata k dispozici potravu a vodu. Všechny tyto specifické požadavky vyžadují konstrukční úpravy přívěsů. Výrobci dbají při návrhu těchto typů přívěsů na odpružení náprav pohlcující značnou část vibrací způsobených vozovkou a na dodržení minimálního rozměru podlahové plochy. Přepravníky pro koně a psi představují značnou část na trhu. Konstrukce těchto dopravníků je vzhledem k vysokému těžišti nutná v provedení přívěsu s koly vedle ložné plochy. Podlaha je z protiskluzových hliníkových profilů, s případnou povrchovou úpravou jako je pogumování, nebo z voděvzdorné překližky. Výklopná rampa obsahuje pro překonání převýšení i příčky zvyšující její drsnost. U přepravníků pro zvířata se často montuje osvětlení do interiéru, větrací okénko pro vnik světla, cirkulaci vzduchu a polstrované bočnice zaručující komfortní přepravu. Nástavba je tvořena z lehkých materiálů jako je laminát, voděvzdorná překližka, sendvičový nebo hliníkový profil. [9] [19]



Obrázek 11: Přepravník na 2 koně PT 2700 L 2700 kg, 3100x1580x2200 mm [20]

3.6. Skříňové přívěsy

Skříňové přívěsy se využívají k dopravování snadno poškoditelného nákladu, jako jsou potraviny, zavazadla. Samotná skříň je tvořena z voděvzdorné překližky, hliníkových lamel, zvýšených plechových bočnic s plastovým víkem nebo případně z tepelně izolovaných sendvičových panelů. Standartně jsou vybavené bočními, předními nebo zadními uzamykatelnými dveřmi. Přední strana bývá zaoblená z důvodu snížení odporu vzduchu. Při

jíždě proudí část vzduchu kolem horní části karoserie a část mezi spodní částí vozidla a povrchem vozovky. Ke znázornění dráhy obtékajících částic vzduchu se využívají proudnice, které jsou při návrhu tvaru karosérie přívěsu zkoumány v aerodynamickém tunelu. Obtékání je simulováno rovnou ve spojení s tažným vozidlem. Míra silového působení obtékajícího vzduchu je řízena převážně tvarem skříně. Vhodnou aerodynamickou karosérií přívěsu se značně sníží potřebná hnací síla, a tím i přírůstek spotřeby paliva motorového vozidla při tažení. Pro zajištění lepší nakládky jsou osazeny sklopnou rampou nebo elektrohydraulickým mechanismem, který spouští celou ložnou plochu. Skříňové přívěsy mohou být dále uzpůsobeny jako přepravníky aut, prodejní stánky nebo jako chladírenské přívěsy. [9] [21]



Obrázek 12: Skříňový přívěs AVZ 35 2700 kg, 3500x1700x1970 mm [22]

3.7. Přepravníky zejména stavební techniky

Přepravníky stavení techniky jsou uzpůsobené k dopravě stavebních, zemědělských strojů a další těžké techniky, mechanizace. Přívěsy mají upravenou konstrukci k dosažení vyšší nosnosti s nízko položenou ložnou plochou. Základním prvkem jsou sklopné či výsuvné nájezdy s možností nastavení na požadovaný rozchod kol, pásů převážených strojů případně vyztužená výklopná rampa. Podlaha musí být odolná vůči opotřebení. Vyrábí se z voděvzdorné překližky, protiskluzového ocelového plechu nebo z hliníkových profilů. [9]



Obrázek 13: Přepravník stavebních strojů Bat B30.36, brzděný, 3000 kg [23]

3.8. Přívěsy na přepravu lodí a skútrů

Jednonápravové či vícenápravové brzděné a nebrzděné přívěsy pro přepravu motorových člunů, lodí, skútrů a plachetnic se značně odlišují tvarem vzhledem k rozmanitosti těchto vodních strojů. Často se vyrábí přímo na míru. Konstrukce je násobně povrchově ošetřena pro zamezení degradace materiálu vlivem koroze. Jednotlivé komponenty jsou voděodolné. Mezi důležité příslušenství náleží navigátor za účelem naložení lodě na přívěs, rolny, desky, stavitelné nápravy, podpěry a zadní odnímatelná vysouvací lišta, zvaná koryto, s osvětlením pro možnost pohodlného sundání a naložení lodě. Náprava, opěry, rolny, podpěry, zadní koryto jsou stavitelné u univerzálnějších přívěsů pro dosažení optimálního posazení lodě a těžiště naloženého přívěsu, které značně ovlivňuje jízdní vlastnosti. Pro snížení těžiště, a tedy lepší jízdní vlastnosti, se přívěsy pro přepravu lodí vyrábějí s koly vedle ložné plochy. [13] [24]



Obrázek 14: Přívěs pro přepravu lodí TEMA B20-2000 kg [25]

3.9. Přívěsy pro přepravu motocyklů

Přívěsy pro přepravu motocyklů jsou uzpůsobené výhradně k přepravě motocyklů. Vyrábějí se v provedení jako brzděné a nebrzděné s koly nejčastěji vedle ložné plochy. Umožňují naložení až 3 motocyklů, pro jejichž zajištění jsou v ložné ploše zapuštěné kotvící oka. Konstrukce přívěsu je lehká za účelem maximalizace nosnosti a snadné manipulace v odpojeném stavu. Základními součástmi přívěsů pro přepravu motocyklů jsou koryto (ližina) a rám pro zachycení předního kola motocyklu, jež musí přenášet značné kombinované namáhání. Některé držáky předních kol nabízejí automatickou aretaci. Podlaha je tvořená z vodovzdorné překližky, pozinkovaného plechu nebo v provedení bez podlahy, pouze s ližinami a předními oblouky pro upevnění motorek. Pro jejich snadné naložení se používá rampa, nájezdy nebo mechanismus pro spouštění celé ložné plochy přívěsu. [9] [10]



Obrázek 15: Přívěs pro přepravu motocyklů Agados Kangaro 15 B1, 2500 x 1480 mm [26]

3.10. Obytné přívěsy

Jednouúčelové přívěsy určené k ubytování osob. Vyrábějí se jako jednonápravové, dvounápravové přívěsy s koly pod ložnou plochou, za účelem maximalizace prostoru. Na trhu se objevují nebrzděné obytné přívěsy do 750 kg pro maximálně 2 osoby, které poskytují jen základní zázemí v podobě plnohodnotného spacího prostoru s pár skříňkami pro dostatek úložného prostoru a kuchyňku se základním vybavením. Výhoda malých přívěsů je možnost tažení slabším vozidlem, snazší manipulace a obecně jednodušší, bezpečnější doprava z místa A do místa B. Na trhu převažují větší karavany s vyšším komfortem, které nabízejí spací prostor alespoň pro 4 osoby, špičkové vybavení, což je prostorná kuchyně, koupelna se sprchovým koutem a chemickým záchodem, dostatek úložného prostoru, rozkládací postele s možností transformace na stůl s pohovkou. Tepelná pohoda je zajištěna přímotopy a klimatizací. Konstrukce nástavby karavanů je vzhledem k úspoře hmotnosti řešena jako sendvičová. Sendvičové stěny jsou tvořené 3 vrstvami. Z vnějšku je hliníkový plech, uvnitř překližka nebo lamino a v prostřední vrstvě izolační pěna, polystyren, sloužící jako tepelná izolace. Kvalitnější obytné přívěsy lze používat i celoročně. Důležitou částí podvozku jsou opěrné nohy, které slouží ke stabilizaci a vyrovnání podlahy při odpojení. [21]



Obrázek 16: Obytný přívěs/karavan Hobby Ontour [27]

4. Legislativa

Dopravní prostředky pohybující se na pozemních komunikacích musí splňovat řadu předpisů dbajících na bezpečnost provozu. V případě nebrzděného přívěsného vozíku zejména pro přepravu motocyklů, který je navržen pro denní použití na silnicích, se jedná především o nařízení stanovující zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu na pozemních komunikacích, a s ním související vyhlášky, směrnice. Konstrukce navrženého přívěsu spadá do kategorie přípojných vozidel O1, nepřevyšujících nejvyšší technicky přípustnou hmotnost 750 kg, kde je legislativou ovlivněna řada zásadních konstrukčních částí. Omezení se podstatně týká maximálního rozměru přívěsu, jeho hmotnosti, dovolené rychlosti, způsobu spojitelnosti v soupravu, umístění vhodného osvětlení, obsahu povinné výbavy, použití vhodných ochranných prvků a osazení homologovaného přípojného zařízení.

4.1. Požadavky na uživatele

Pro jízdu s přívěsem kategorie O1 je nutné vlastnit řidičské oprávnění alespoň skupiny B. Držitel řidičského oprávnění skupiny B je oprávněn řídit motorové vozidlo s největší technicky přípustnou hmotností nepřevyšující 3500 kg určené pro přepravu až 8 pasažérů kromě řidiče. K takovému vozidlu smí být zapřaženo přípojně vozidlo s nejvyšší technicky přípustnou hmotností nepřevyšující 750 kg, nebo přípojně vozidlo převyšující největší technicky přípustnou hmotnost 750 kg, pokud hmotnost soupravy nepřevyšuje 3500 kg. [28]

4.2. Spojitelnost vozidel v jízdní soupravu

Nebrzděné přívěsy spadající do kategorie O1 jsou určeny především ke spojování s tažnými vozidly typu M a N. Hmotnost přívěsu nesmí být vyšší než hodnota největší povolené hmotnosti nebrzděného přípojného vozidla, jež je zapsána v technickém průkazu tažného vozidla, pro vyhovující spojitelnost. Další podmínkou pro zapojení nebrzděného přívěsného vozíku je, že jeho okamžitá hmotnost (=hmotnost zjištěná v určité chvíli při provozu na pozemních komunikacích) musí být nejvýše poloviční oproti provozní hmotnosti připojovaného vozidla kategorie M nebo N, do nichž spadá běžný osobní automobil. Šířka přípojného vozidla kategorie O1 a O2 tvořící jízdní soupravu s taženým motorovým vozidlem typu M1 („motorová vozidla s nejvýše osmi místy k sezení kromě místa k sezení řidiče a bez prostoru pro stojící cestující“) a N1 („motorová vozidla s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tuny“) je omezena tak, aby bod činné svítící plochy přední obrysové svítilny tažného vozidla nebyl dále než 400 mm od roviny vymezující největší šířku přípojného vozidla. Pro obratnost a vhodnou manévrovatelnost musí být jízdní souprava schopna otočit se v kruhu o vnějším poloměru 12,5 m a vnitřním 5,30 m. Svislé zatížení pevné oje musí být kladné u přívěsů s jednou nápravou ležící uprostřed jeho konstrukce. Nedochozí tak k odlehčování zadních náprav tažného automobilu, čímž je zajištěna vyšší stabilita soupravy. [3] [29]

4.3. Rozměry přípojných vozidel

Pro kategorii vozidel O1 a O2 legislativa přesně stanovuje limitní, maximální rozměry. Přívěs nesmí překročit hodnotu šíře 2,55 m. Výška maximálně dosahuje 4 m a největší délka těchto přípojných vozidel je omezena hodnotou 8 m při použití spojovacího zařízení spadajícího do třídy B50-X. To se skládá z příslušné hlavice pasující na kouli o průměru 50 mm. Celková délka jízdní soupravy s jedním přívěsem nesmí překročit délku 18,75 m. [29]

4.4. Hmotnosti

Zatížení na jednu nápravu nesmí přesáhnout 10 t. Překročení by ohrožovalo bezpečnost provozu a negativně by se podílelo na stavu komunikací. Součet okamžitých hmotností obou vozidel musí být nižší než největší technicky přípustná hmotnost jízdní soupravy, uvedená v technickém průkazu tažného vozidla. [29]

4.5. Nejvyšší technicky přípustná rychlost a její označení na přípojném vozidle

Maximální rychlost jízdní soupravy je stanovena nejpomalejším vozidlem v soupravě, základní hodnota nejvyšší povolené rychlosti jízdní soupravy je 80 km/h. Přívěsné vozíky jsou běžně schvalované na rychlosti 100 Km/h, případně 130 km/h, a jsou osazeny příslušnou značkou o nejvyšší dovolené rychlosti dle platného předpisu. Označení je v provedení kruhu bílé barvy, který je lemován červenou barvou o vnějším průměru 200 mm (výjimka stanovená pro přívěsy kategorie O1, O2, kde postačuje průměr 150 mm). Obsažené číslice mají černou barvu, jejich velikost se pohybuje v rozmezí 75 až 80 mm a tloušťka čar u číslic je definována hodnotou 12 mm. Značka musí být čitelná, nesmí být zakryta. Pokud to konstrukce dovoluje, umísťuje se na zadní karoserie přívěsu, konkrétně do levé poloviny. Výrobce je nucen dodržet řadu kritérií pro schválení vyšší dovolené konstrukční rychlosti. Základem je volit pneumatiky s dostatečným rychlostním indexem a zajistit protokol vydaný technickou zkušebnou obsahující hodnocení jízdních vlastností posuzující stabilitu přípojných vozidel v dané rychlosti. [2] [28]

4.6. ABS přípojného a taženého vozidla

Na skupinu O1 se nevztahují žádná kritéria z pohledu použití ABS. V případě nebrzděného i brzděného přívěsu je vhodné užívat tažené vozidlo s ABS z důvodu vyšší bezpečnosti a stability soupravy při brzdění. [29]

4.7. Osvětlení přípojných vozidel

Přívěsný vozík je nutné osadit vyhovujícím světelným zařízením vůči předpisu EHK č. 48 a samozřejmě vyhlášce 153/2023 Sb. Světelná zařízení jsou nedílnou součástí úspěšné homologace vozidla, na jejich vhodně zvolený druh a umístění je brán důraz. Světelná zařízení produkující světlo v takové míře, že osvětlují komunikace, a jsou potřebná pro orientaci řidiče, se nazývají světlomety. Svítily produkují pouze světelný signál, jejichž účelem je upozornit ostatní účastníky na samotné vozidlo a jeho chování. Přední světlomety se u přípojných vozidel nepoužívají, osazují se pouze zadními couvacími

světlo, nutnými pro jízdu vzad při horší viditelnosti. Z pohledu svítidel se na přípojných vozidlech využívá jejich široké množství variací. Jedná se o brzdové, mlhové, směrové, přední a zadní obrysové a osvětlení registrační značky. Odrazky se řadí mezi svítilny, jsou určeny ke zviditelnění vozidel v případě jejich osvětlení jiným zdrojem světla. Většina přípojných vozidel využívá zadní světla skupinová, sloučená nebo sdružená, které mohou v jedné lampě obsahovat směrovou, obrysovou, mlhovou, brzdovou svítilnu, couvací světlo a osvětlení registrační značky. [13] [30]

4.7.1. Brzdová svítlna

Brzdové svítilny se řadí z hlediska bezpečnosti mezi nejdůležitější a jsou jimi osazovány všechny druhy přípojných vozidel. Musí se rozsvítit při sešlápnutí brzdového pedálu. Jejich červená záře je intenzivnější než u obrysových světel. Účel brzdových svítlen je upozornit ostatní účastníky silničního provozu na zpomalování. Přívěs musí mít na zádi řádně upevněny 2 kusy brzdových svítlen. Poloha je definována, umísťují se na šířku nejméně 600 mm od sebe, s výjimkou vozidel užších 1300 mm, u nichž mohou být blíže, a to minimálně 400 mm od sebe. Výškově jsou situovány v rozmezí 350 mm až 1500 mm od vozovky. [31]



Obrázek 17: Umístění brzdových svítlen [31]

4.7.2. Zadní obrysová svítlna

Zadními obrysovými svítilnami jsou osazeny všechny druhy přípojných vozidel, využívají se ke zvýraznění obrysu vozidla, zejména při snížené viditelnosti. Řidič je povinen při tažení přípojného vozidla použít tyto svítilny a mít je nepřetržitě rozsvícené po celou dobu jízdy. Dva kusy zadních obrysových svítlen červené barvy je nutné umístit do výšky 350 až 1500 mm nad vozovku, nejméně 600 mm od sebe, s výjimkou vozidel užších 1300 mm, kde postačuje vzdálenost 400 mm, do maximální vzdálenosti 400 mm od obrysu vozidla na kterékoliv straně. [31]



Obrázek 18: Umístění zadních obrysových světel [31]

4.7.3. Zadní směrový ukazatel

Zadní blikače jsou povinné pro všechna přípojná vozidla, mají stanovenou oranžovou barvu, jejich funkce je zásadní pro bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Signalizují změnu směru jízdy. Účastníci silničního provozu jsou povinni užít znamení o změně směru, například při odbočování, vyjíždění z kruhového objezdu nebo při přejetí do jiného pruhu. Signál je nutné užít před započítím úkonu. V případě blikajících směrovek na obou stranách se jedná o výstražné znamení upozorňující ostatní řidiče na zvláštní nebezpečí. Umísťují se na každou stranu vozidla pro znázornění odbočení vpravo, vlevo do výšky 350 až 1500 mm od vozovky, maximálně 400 mm od vnějšího obrysu na kterékoliv straně vozidla, ve vzdálenosti minimálně 600 mm mezi oběma blikači, s výjimkou vozidel se šířkou nepřekračující 1300 mm, kde postačuje 400 mm. [31]



Obrázek 19: Umístění zadních směrovek [31]

4.7.4. Zadní couvací světlomet

Couvací zadní světla jsou povinná pro veškerá přípojná vozidla s výjimkou vozidel kategorie O1, kde vzhledem k menší velikosti valné většiny přívěsných vozíků nejsou

potřebné. Někteří výrobci ovšem osazují i třídu O1 jedním nebo dvěma, zásadně bílými couvacími světly, za účelem upozornění na jízdu vzad a následně i pro osvětlení komunikace vzhledem k lepší orientaci při jízdě vzad. Aktivace světlometů probíhá pouze při zařazení zpátečky. Poloha výšky couvacích světlometů na zádi se definuje v rozmezí 250 mm až 1200 mm od vozovky. [31]



Obrázek 20: Umístění couvacích světlometů [31]

4.7.5. Zadní mlhová svítlna

Zadními obrysovými světly jsou osazovány veškeré přívěsy, jejich zásadním úkolem je zviditelnit dopravní prostředek při špatné viditelnosti, čímž je myšlena mlha, smog, hustý déšť, sněžení a další. Přípojná vozidla se osazují minimálně jedním mlhovým světlem výrazně červené barvy se zaručenou značně vyšší svítivostí, než je tomu u obrysových světel. V případě použití jedné mlhovky je dáno její umístění na straně vozidla, jež je protilehlá směru dopravy. V Česku se nachází vlevo na zádi karoserie. Dalším požadavkem je minimální vzdálenost od brzdových světel, která musí být větší než 100 mm. Výškově je poloha mlhovky dána v intervalu 250 až 1000 mm nad vozovkou. [31]



Obrázek 21: Umístění zadní mlhové svítlny [31]

4.7.6. Osvětlení registrační značky

Povinnost osvětlit registrační značku odpovídá pro přívěsy kteréhokoliv druhu. Jedná se o minimálně jednu svítilnu bílé barvy, jež zajistí potřebnou čitelnost registrační značky v případě snížené viditelnosti. Zpravidla se pro optimální viditelnost používají nejméně 2 zdroje světla, nacházejí se nad nebo vedle registrační značky. [31]

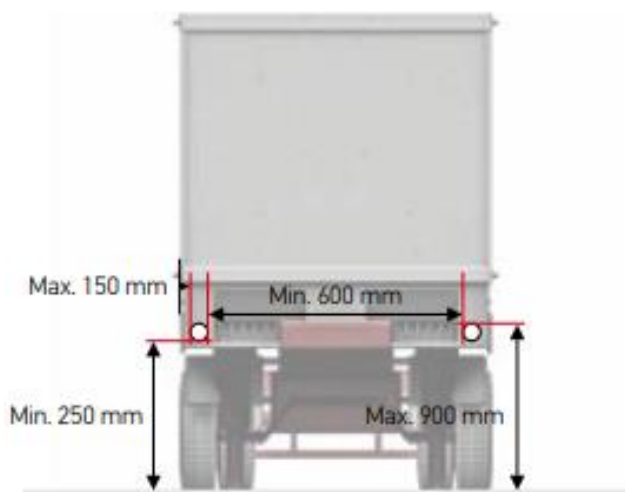
4.7.7. Přední obrysová světla

Přední obrysová světla jsou povinná pro přípojná vozidla jejichž šířka přesahuje 1600 mm. Jedná se nejčastěji o 2 bílá světla kruhového průřezu umístěná na přední části nejdále 150 mm od vnějšího okraje na jakékoliv straně vozu. Výškově jsou ve vzdálenosti 250 až 1500 mm od pozemní komunikace. [31]

Přívěsy musí být viditelné i při odpojení nebo odstavení soupravy například na parkovištích, tedy v případech, kdy nejsou přímým účastníkem na provozu. Zákon pro zajištění bezpečnosti stanovuje potřebné odrazky osazující se na před, zad a bok přípojného vozidla. Princip odrazky spočívá v odrazení světelného paprsku dopadajícího na její hladký povrch zpátky na zdroj světla.

4.7.8. Přední odrazka

Dvěma předními odrazkami, splňujícími podmínku barevnosti v použití odstínu bílé nebo bezbarvé a tvarové odlišnosti od trojúhelníku, jsou závazně osazena veškerá přípojná vozidla. Výhodné je sloučení s předními obrysovými svítilnami. Přední odrazky kruhového průřezu se většinou uchycují na přední část vozu do výšky 250 až 900 mm od vozovky, minimálně 600 mm od sebe. V případě přívěsů se šířkou do 1300 mm postačuje vzdálenost 400 mm za dodržení největšího odstupu 150 mm od vnějšího okraje vozidla. [31]

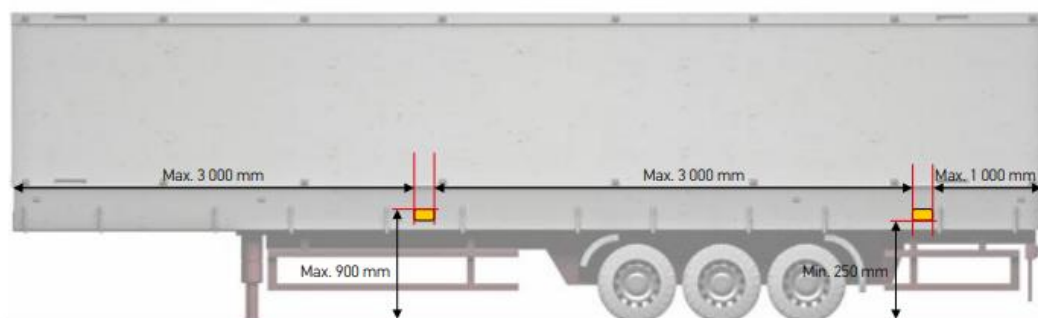


Obrázek 22: Umístění předních obrysových svítilen [31]

4.7.9. Boční odrazka

Boční oranžové netrojúhelníkové odrazky jsou povinné po obou stranách přípojného vozidla a jejich počet je dán dodržěním požadavků na délkové rozmístění. Nejpřednější odrazka je maximálně 3000 mm od přední části vozidla, včetně zahrnutí délky oje. Další

musí být v prostřední třetině délky a nejzadnější odrazka nejdále 1000 mm od zádě. Dodržena musí být i největší vzdálenost mezi bočními odrazkami rovna 3000 mm. Výškové umístění je v rozmezí od 250 do 900 mm nad vozovkou. [31]



Obrázek 23: Umístění bočních odrazek [31]

4.7.10. Zadní odrazka

Nejméně dvěma kusy trojúhelníkových odrazek červené barvy musí být osazené každé přípojné vozidlo schválené pro provoz na pozemních komunikacích. Z hlediska uspořádání směřuje vždy vrchol trojúhelníku nahoru. Umístění na šířku je v rozmezí nejdále 400 mm od vnějšího obrysu vozidla. Nutné je zachování vzájemného odstupu obou odrazek s hodnotou 600 mm, u vozidel užších 1300 mm stačí pouze 400 mm. Výškově se umísťují 250 až 900 mm nad komunikaci. [31]



Obrázek 24: Umístění zadní odrazky [31]

4.8. Blatníky, podběhy, lapače nečistot

Přípojná vozidla kategorie O1 musí být opatřena krytem kol, jelikož mají vyšší povolenou rychlost než 20 km/h. Pro omezení rozstříku nečistot a utlumení odlétání nebezpečných předmětů od rotujících kol za jedoucím vozidlem je nutné použití lapačů nečistot. V případě uvažování většího počtu náprav se lapače umísťují alespoň u kol poslední nápravy. Při provozním zatížení zakrývají kryty kola tak, aby zadní i přední hrana krytu byla nejvýše 150 mm nad rovinou procházející středem kola. U sklápěných karosérií

je kryt nejméně tak vysoko, jako je nejvyšší bod pneumatiky při největším dovoleném zatížení, spodní hranou níže, než je střed kola při provozní hmotnosti. [2]

4.9. Pneumatiky

U pneumatik přípojných vozidel je stanovena minimální hloubka dezénu hodnotou 1,6 mm, kterou je uživatel, spolu s hodnotou správného nahuštění, povinen pravidelně kontrolovat. Správné nahuštění pneumatik ovlivňuje stabilitu přívěsu a podílí se na velikosti valivého odporu, který působí proti pohybu vozidla. Valivý odpor vzniká deformací pneumatiky a měkké vozovky, je závislý i na rychlosti otáčení kola. Pneumatika se stýká s vozovkou v určité ploše, která se nazývá stopa. V přední části stopy, ve směru valení, dochází ke stlačování pneumatiky a v zadní části se obvod pneumatiky opět rovná do kruhového tvaru. Při podhuštění pneumatik je stopa velká a vznikají velké ztráty při odvalování kola vzhledem k vysoké hodnotě momentu valivého odporu, naopak při přehuštění se snižuje tlumící práce pneumatiky. Pro veškeré kategorie vozidel O se nevztahuje povinnost přezouvání pneumatik dle ročního období, tuto podmínku je nutné pouze dodržet v případě tažného vozidla typu M a N pro uvažovanou jízdní soupravu. Při výběru pneumatik je nutné dbát na homologované parametry, tedy na daný hmotnostní, rychlostí index a její správné rozměry. [28]

4.10. Povinná výbava

Přívěsný vozík zejména pro přepravu motocyklů spadající do kategorie O1 nepotřebuje, dle platné legislativy, žádnou navíc povinnou výbavu vůči tažnému motorovému vozidlu. Pro kategorii O1 je doporučeno rezervní kolo nebo lepící sada k opravě pneumatiky při defektu a alespoň 2 zakládací klíny k účinnému zamezení samovolného pohybu. U kategorie přípojných vozidel O2, převyšující nejvyšší technicky přípustnou hmotnost 750 kg, dokonce povinné. Mezi vhodné příslušenství připadá upínací pás s ráčnou a další vázací prostředky k zajištění břemena vůči jeho nevyžadovanému posunu. [2]

5. Seznámení s konstrukcí přívěsu, technické parametry

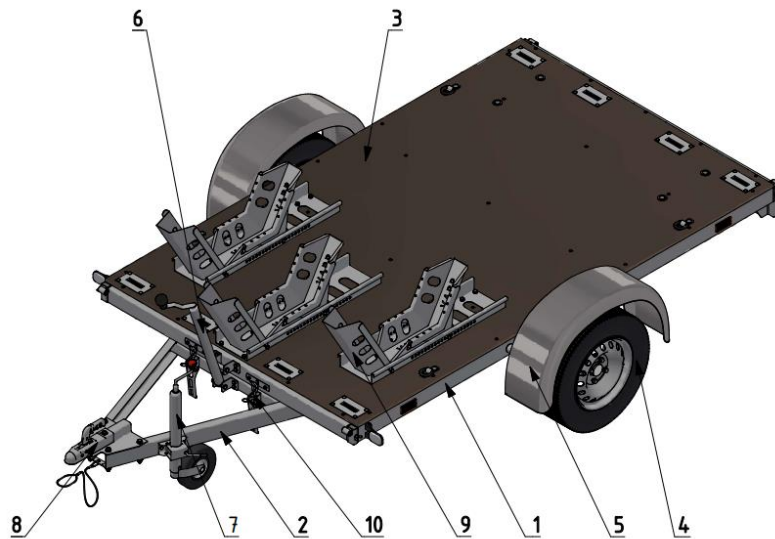
Návrh obecně jakéhokoliv vozidla, určeného pro provoz na pozemních komunikacích, je náročný. Vozidla jsou určena pro specifické použití, proto je nutné při samotném návrhu dbát na požadavky dané samotným užíváním. Důraz je zaměřen na trvanlivost, bezporuchovost, jednoduchost a praktičnost. Druhé, neméně podstatné, předpoklady na konstrukci jsou kladeny státem, jejichž účelem je zajistit zejména bezpečnost provozu. Konstruktor staví při návrhu na analytických, případně MKP výpočtech, simulacích. Tyto znalosti ovšem musejí být podloženy testováním reálných celků. Předběžný průzkum trhu přináší možnost ověřit, zda modely obdobné konstrukce jsou v praxi bezporuchové, či jak obstály v řadě komplexních zkoušek. Zároveň zkoumání trhu umožňuje získat náhled o používaných profilech, různorodosti používaných materiálů, nutného příslušenství a nepochybně o rozměrech samotných přívěsných vozíků, které jsou nutné k převozu nestandardního břemena jako jsou motocykly. [32]

Přívěs je koncipován především pro přepravu motocyklů, ale umožňuje vzhledem ke své víceúčelovosti přepravu různorodých materiálů. Pro přepravu sypkých materiálů jsou nezbytné bočnice, které lze jednoduše demontovat, čímž přívěs bude v provedení jako plato. Uchycením držáků předních kol motocyklů do předpřipravených kotvících míst na podlaze přívěsu se změní v přepravník motocyklů. Rozbor jednotlivých částí konstrukce je proveden v kapitole 6.

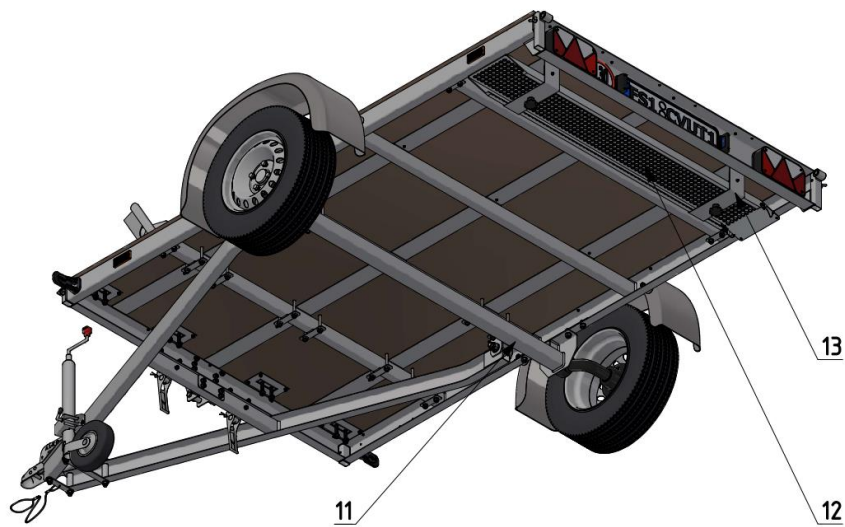
Rozměrové a nosnostní požadavky přívěsu byly voleny na základě proporcí běžných motocyklů, v porovnání, s již na trhu běžně dostupnými přepravníky motocyklů. Rozměry přívěsu jsou velikostně dimenzovány tak, aby byla možná přeprava 3 vzorových motocyklů KTM Duke 390, případně 2 cestovních adventure motocyklů Honda NC 750 X. Na ložnou plochu přívěsu je možné naložení největších typů čtyřkolek jako je CFMOTO Gladiator X1000 s délkou 2310 mm a šířkou 1250 mm. Hodnota maximální pohotovostní váhy přívěsného vozíku je stanovena hodnotou 300 kg na základě celkové hmotnosti přívěsu (750 kg) a s ohledem na pohotovostní hmotnosti výše uvedených přepravovaných strojů, které požadují minimální nosnost 450 kg. Přívěs je koncipován na maximální povolenou rychlost 130 km/h. [33] [34] [35]

5.1. Představení konstrukce, náhled a popis 3D modelu

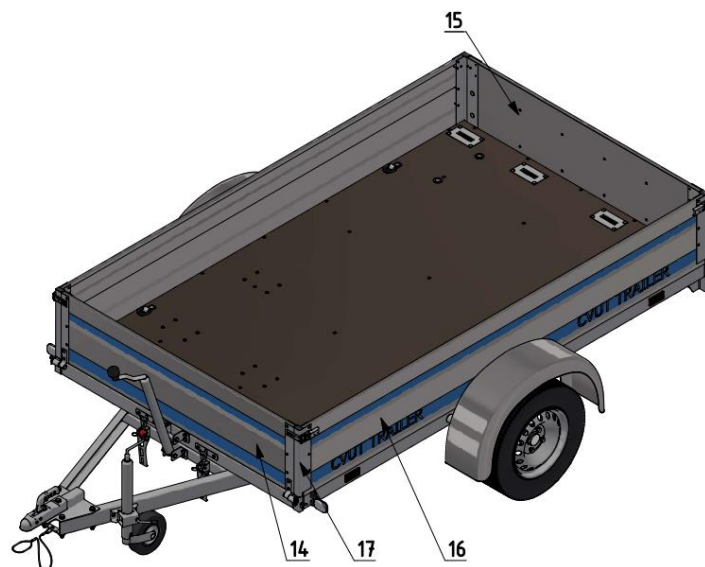
Pro grafickou vizualizaci modelu přívěsu byl zvolen program Autodesk Inventor Professional 2022. Přívěs je vyobrazen ve variantě pro přepravu motocyklů a v uskupení s bočnicemi pro přepravu sypkých materiálů.



Obrázek 25: Přívěs s držáky motocyklů-přední pohled



Obrázek 26: Přívěs s držáky motocyklů-zadní pohled



Obrázek 27: Přívěs s bočnicemi

- | | |
|-----------------------|--|
| 1- Základní rám | 10- Uzávěr sklopné ložné plochy |
| 2- Oj | 11- Náprava |
| 3- Ložná plocha | 12- Nájezd |
| 4- Kolo | 13- Držák nájezdu |
| 5- Blatník | 14- Přední čelo |
| 6- Šroubový zvedák | 15- Zadní čelo ve funkci najížděcí rampy |
| 7- Opěrné kolečko | 16- Bočnice |
| 8- Spojovací zařízení | 17- Rohová stojina/sloupek |
| 9- Držák motocyklů | |

Základní technické údaje přívěsu pro přepravu motocyklů:

Tab. 1.: Přehled základních technických údajů o vozidle

Technické parametry	
Rozměry [mm]	
Celková délka	3617
Celková šířka	2090
Maximální výška	947
Rozměry ložné plochy	2550x1550
Výška nakládací hrany	520
Hmotnosti [kg]	
Pohotovostní hmotnost	295
Nejvyšší technicky přípustná hmotnost	750
Užitečná hmotnost	455

Pohotovostní hmotnost přívěsu je orientační, jelikož její podstatná hodnota byla vygenerována programem Autodesk Inventor. Tato hmotnost je brána jako nejvyšší možná, kdy bude přívěs osazen bočnicemi i držáky na motocykly. Ve skutečnosti toto uskupení většina uživatelů mít v provozu, při skutečném používání, nebude. V uskupení pouze s bočnicemi je váha samotného přívěsu stanovena na hodnotu 263 kg. Tato hodnota je dána součtem jednotlivých hmotností nakupovaných dílů s hmotností rámové konstrukce spočítané programem Autodesk Inventor. V provedení pro převoz motocyklů je čistá váha přívěsu orientačně 255 kg a samotné plato váží okolo 225 kilogramů.

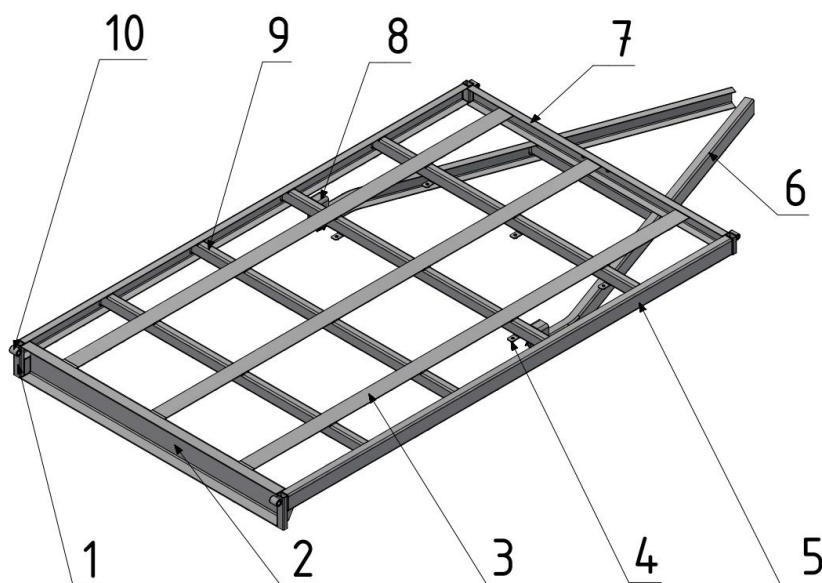
6. Návrh jednotlivých konstrukčních celků přívěsu

6.1. Konstrukce rámu

Rám je základní konstrukční uzel celého přívěsu, zajišťující přenos sil od tažného vozidla, břemena na nápravu. Vzhledem k proměnlivému působení hmotnosti nákladu, brzdných a hnacích sil, rázů od vozovky se jedná o dynamicky namáhaný celek, který je z pohledu působícího namáhání nepříznivý, a k němuž se vztahují vysoké hodnoty bezpečnostních koeficientů. Zpravidla nejčastěji používaným profilem pro výrobu přívěsů jsou tenkostěnné otevřené profily tvaru „U“ z oceli S235 JR, jež mají spolu s nízkou hmotností vyhovující tuhost, pevnost, únavovou životnost, pružnost. Úplná přístupnost všech vnějších ploch je vhodná pro vytvoření protikorozního povlaku, například žárovým zinkováním, nátěrem nebo případně jinými povrchovými úpravami.

Rám přívěsného vozíku pro přepravu motocyklů je tvořen kombinací běžně dostupných profilů nabízených firmou Feron. Spojovací materiál, který je použit v navazující části BP, je volen z velkoobchodu Šrouby online. Veškeré profily jsou z nelegované konstrukční oceli S235JR, pokud není uvedeno jinak, jež má vysokou houževnatost a z důvodu svařovaného rámu nutnou dobrou svařitelnost. Rám je v uskupení jako žebřinový, ve tvaru obdélníku. Toto provedení zajišťuje pružnost. Jednotlivé profily jsou k sobě spojeny svary, tudíž nerozebíratelně. Svařovaný rám má výhodu ve vyšší tuhosti, nosnosti a nemožnosti povolení spoje v důsledku otřesů, vznikajících přejezdem nerovností na vozovce, oproti šroubově smontovatelnému. Náklady jsou ovšem vyšší a výroba časově, technologicky náročnější.

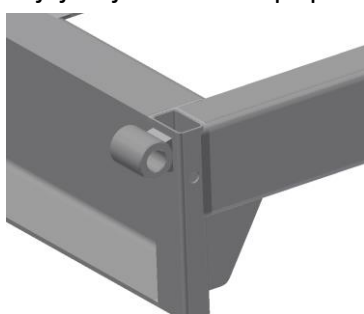
Základní obdélníková kostra rámu je tvořena z „U“ profilů. Podélné profily zvané „*podélníky*“ a příčný přední jsou zhotoveny z tenkostěnného otevřeného U profilu 80x40x3 EN 10162. Zadní U profil je rozměru 160x60x4 z důvodu většího vnitřního prostoru pro následné uchycení svítilen a registrační značky. Pro vyztužení je rám osazen 4 kusy ocelových uzavřených příčných profilů, běžně nazývaných „*jekly*“, v rozměru 60x40x3 dle EN 10219. Uzavřené profily mají vysokou tuhost v kroucení a celkově lépe snáší účinky sil působících z více směrů oproti otevřeným. Při převozu motocyklů dochází ke styku pneumatiky s podlahou přívěsu jen v určitých místech, proto je konstrukce rámu zpevněna v ose pod motocykly pomocí pásu oceli 2494x80x3 mm vystřiženého z plechu EN 10051-3x1250x2500. Vzniklé odstřížky se částečně využijí pro výrobu úchytů o rozměru 120x30x3, které jsou přivařené ke spodní ploše příčně uspořádaných jeklů. Jejich funkcí je pevně a jednoduše upevnit držáky předních kol motocyklů, v kombinaci s vhodným spojovacím materiálem. Za účelem rychlé montáže a demontáže držáků motocyklů je zvolen šroubový spoj. [32] [36] [37]



Obrázek 28: Konstrukce rámu

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1- Rohový jekl | 6- U profil oje |
| 2- Zadní U profil | 7- Přední U profil |
| 3- Vyztužující ocelový pás | 8- Uchycení oje-vidlice |
| 4- Úchyt držáků motocyklu | 9- Vyztužující příčný jekl |
| 5- Podélný U profil | 10- Úchyt čela |

V rozích rámu jsou přivařeny jekly 40x25x2 mm, do jejichž dutiny se uchycují sloupky bočnic. Takové uskupení umožňuje vytvoření přívěsu s odnímatelnými bočnicemi, který má kola vedle ložné plochy. Podstatnou část svařované konstrukce také představují navařené kulatiny v rozích. Mají funkci úchytů pro přední a zadní čelo, na kterých jsou nerozebíratelně upevněny-přinýtovány panty. Ty umožňují, v kombinaci s axiálně zajištěným čepem, sklápění čel či jejich jednoduché připevnění nebo demontáž. [36]



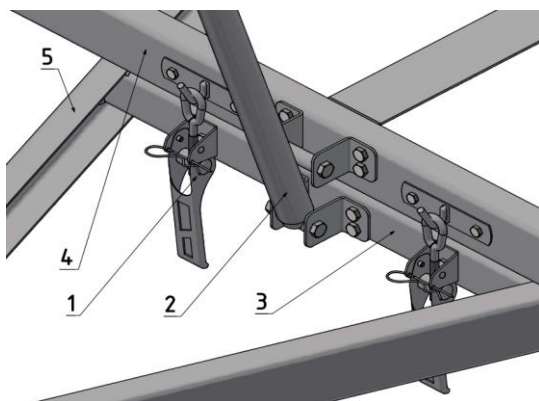
Obrázek 29: Detail-roh rámu

Rám je, společně s ojí, povrchově ošetřen žárovým zinkováním. Ocelové konstrukce jsou degradovány působením atmosférické koroze. Vhodnou povrchovou úpravou se docílí delší životnosti materiálu při zachování jeho užitečných vlastností. Žárovým zinkováním vzniká kvalitní, souvislý povlak, jež zamezuje přístupu vlhkosti k povrchu konstrukce. Správnému provedení dané povrchové úpravy předchází technologický rozbor. Rám je osazen vhodnými technologickými otvory, které napomáhají vyplnit roztaveným zinkem hůře přístupná místa, jako jsou zákoutí a uzavřené profily. Také zajišťují odvod par

v uzavřených profilech a samotný výtok přebytečného zinku z konstrukce. Důležitou součástí jsou předúpravy povrchu, sloužící k odstranění veškerých nečistot, především mastnot, které brání navázání zinku na povrch. Kompletní cyklus žárového zinkování se skládá z tryskání, odmaštění, moření, oplachu za účelem odstranění nečistot, následuje nanesení tavidla zabraňujícího tvorbě oxidů na povrchu oceli a zinku, čímž dochází k přímému kontaktu obou kovů. Samotný ponor do zinkovací lázně zhotovuje vrstvu ochranného povlaku, která je ochlazena a podrobena finálnímu očištění s kontrolou kvality. [38]

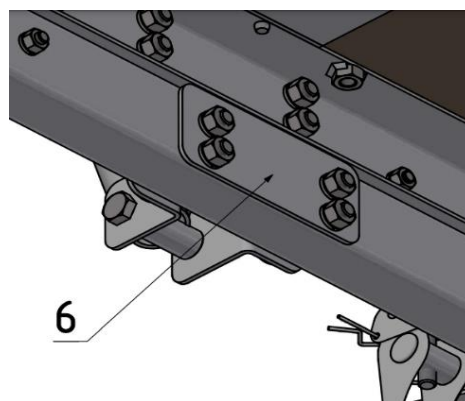
6.2. Konstrukce tažné oje

Trubkové a V oje slouží ke spojení s tažným vozidlem, řadí se na trhu k nejčastěji používaným. Přívěs je osazen V ojí, která podpírá ložnou plochu a přívěs má tak lepší rozložení váhy přepravovaného nákladu. Oj je tvořena z tenkostěnných U profilů 80x40x3 EN 10162. Tento rozměr je v praxi běžně užíván u parametrově shodných přívěsných vozíků. Oj se rozšiřuje pod úhlem 17° tak, aby počáteční šíře umožňovala přichycení spojovacího zařízení. V místě dotyku jednotlivých ramen oje s přední částí rámu je navařen uzavřený obdélníkový profil 60x40x3 dle EN 10219. Jeho funkcí je vyztužení oje a zároveň je určen pro uchycení spodní části šroubového zvedáku. Při sklápění dochází vlivem pod úhlem nakloněného zvedáku ke vzniku značných sil ve svislé i vodorovné ose. Obdélníkový profil je schopen přenášet zatížení z obou směrů, a je tedy přijatelný pro tuto aplikaci. Šroubové spoje procházející skrz uzavřené obdélníkové profily způsobují jejich deformaci ve formě prohnutí stěn vlivem působícího tlaku. Použitím velkoformátových podložek, přídatným plechem jsme schopni sílu od šroubového spoje roznést do větší plochy, a tudíž nedochází k velkému prohnutí profilu. Případně je možné úplné odstranění tlaku, působícího na stěnu profilu, navařením trubky, skrz níž prochází šroubové spojení. Na tomto jecku jsou také přišroubované uzávěry, které zamezují samovolnému sklápění korby přívěsu. [36]



Obrázek 30: Zajištění rámu k oji-zepředu

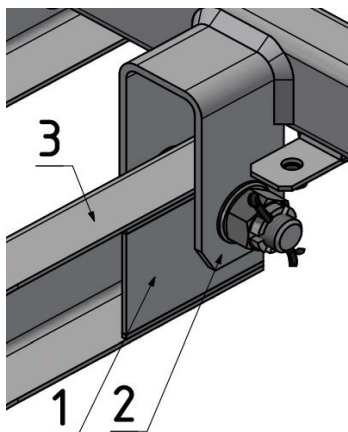
- 1- Uzávěr sklopné korby
- 2- Zvedák
- 3- Rozpěra oje



Obrázek 31: Zajištění rámu k oji-zezadu

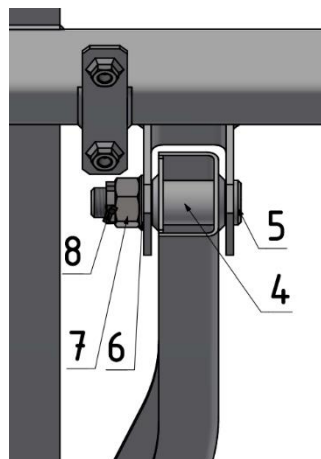
- 4- Rám
- 5- U profil oje
- 6- Plech pro roznos tlaku

Uživatelé oceňují možnost nakládky různorodého materiálu. Jednou ze zásadních vlastností přívěsů je možnost sklápění, které je u přívěsu řešeno kloubovým spojením oje (táhla) s rámem (vidlicí) pomocí spojovacího čepu. Táhlo je tvořeno trubkou o vnějším průměru 30 mm z kvalitnější oceli S355 JR, ta je přivařena z jedné strany k U profilu oje a z druhé k plechu 100x68x3 mm. Vidlice je zohýbaná z plechu tloušťky 5 mm a navařena na příčný uzavřený profil rámu. Spojovacím členem je čep s hlavou o průměru 20 mm, který je axiálně zajištěn korunovou maticí se závlačkou. Čep je velice namáhanou součástí, z tohoto důvodu je navržen z oceli E335, která je určena pro strojní součástky namáhané staticky i dynamicky. V části 7 bude zahrnuta jeho pevnostní kontrola.



Obrázek 32: Spojení oje s rámem-pohled zepředu

- 1- Přivařený plech
- 2- Vidlice
- 3- U profil oje
- 4- Trubka



Obrázek 33: Spojení oje s rámem-pohled zezadu

- 5- Čep s hlavou
- 6- Plochá podložka
- 7- Korunová matice
- 8- Závlačka

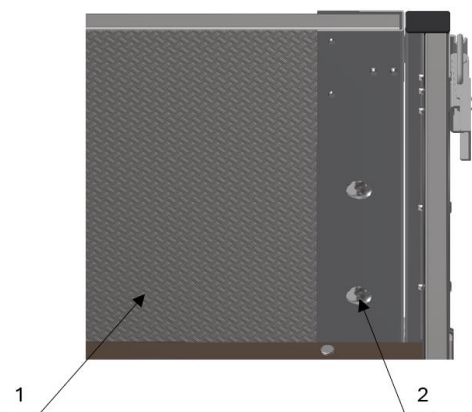
6.3. Konstrukce bočnic

Bočnice jsou vytvořené zohýbáním ocelového plechu tloušťky 1 mm, vhodné profilování plechu se projevuje na nárůstu pevnosti bočnic a jejich zajímavějším designu. Rohové sloupky, s nimiž jsou bočnice nerozebíratelně spojeny nýtováním, jsou také vytvořené profilováním ocelového plechu tloušťky 1 mm. Na jejich vrcholu jsou plastové záslepky zamezující vnikání vody do dutin. Svou převislou částí se zasouvají do otvoru tvořeného dutinou uzavřeného obdélníkového profilu v rozích rámu přívěsu. Pro aretaci rohových sloupků v rámu jsou použité šrouby DIN 316 – M8x45 umožňující ruční utahování a povolování v kombinaci s pružnou podložkou velikosti 8 dle ČSN 02 1740. Toto zajištění umožňuje montáž či demontáž bočnic z přívěsu, bez nutnosti přídavného náradí.

6.4. Konstrukční provedení předního a zadního čela

Přední i zadní čelo je sklopné a případně demontovatelné. Po stranách předního i zadního čela jsou zpevňující lemy z plechu o síle 1 mm. U předního čela jsou ve spodní části přinýtovány ocelové panty, jimiž společně s navařenou trubkou k rámu prochází čep

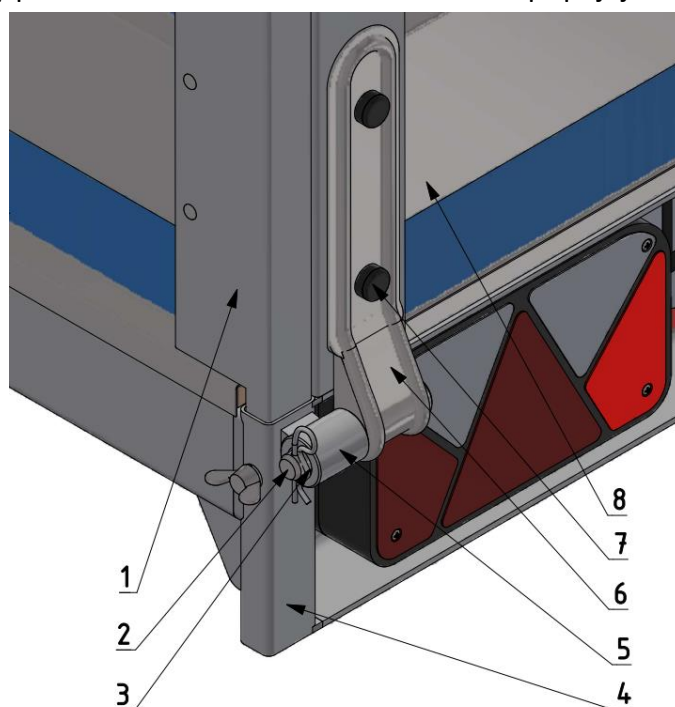
s hlavou průměru 12 mm, a ten je zajištěn pružnou závlačkou příslušné velikosti. V horní části zamezuje sklápění silný pružinový uzávěr. Zadní pant je masivnější a vybaven prolisem pro zvýšení tuhosti. Zadní čelo má i funkci najížděcí rampy pro nejrůznější přepravovanou techniku. Uchyceno je na stejném principu jako přední. Trubkou navařenou přímo na rohový uzavřený profil rámu prochází společně skrz otvor pantu čep s hlavou o průměru 16 mm, který je axiálně zajištěn pružnou závlačkou. Zadní čelo je přišroubováno šrouby s půlkulatou hlavou k pantům a je osazeno hliníkovým slzičkovým plechem tloušťky 1,5 mm pro vyšší únosnost. Profil slzičky napomáhá omezovat prokluzu kol při najíždění. V horní části bočnice je přinýtován přezkový pružinový uzávěr, který přitlačuje zadní čelo, na kterém je upevněn stejným způsobem protikus.



Obrázek 34: Detail vyztuženého zadního čela

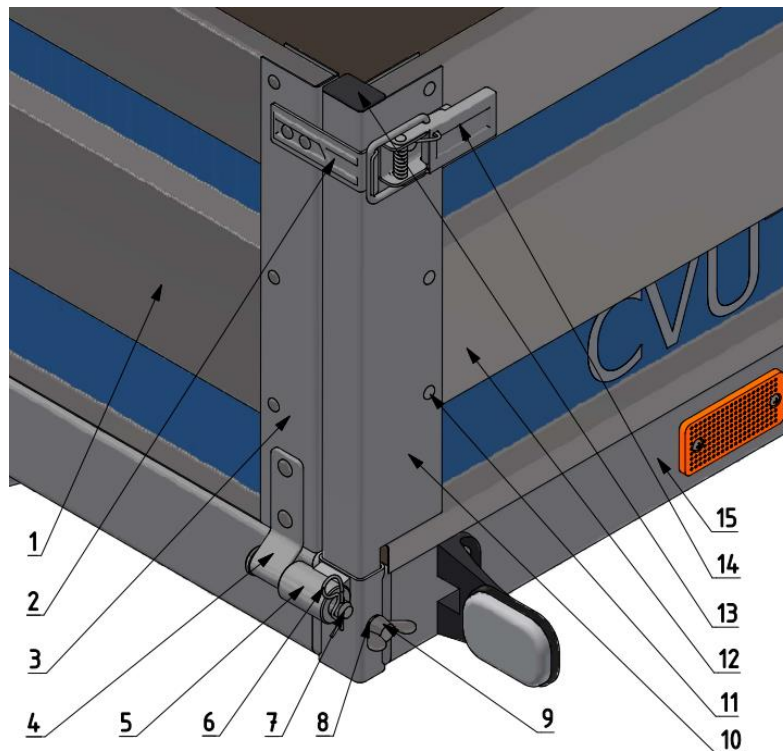
1- Zpevňující hliníkový
slzičkový plech

Šroub DIN 603- M8 x 35-
připojují čelo k pantu



Obrázek 35: Schéma zadního pantu

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1- Zadní rohový sloupek | 5- Trubka Ø 32 mm z oceli S235-JR |
| 2- Čep s hlavou Ø 16 mm z oceli E295 | 6- Pant zadního čela WW BSCH 10-270 mm [13] |
| 3- Závlačka pružná DIN 11024-3,0x60 | 7- Krytka matice M8 |
| 4- Uzavřený rohový profil rámu | 8- Zadní čelo |



Obrázek 36: Schéma uchycení bočnice a předního čela

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1- Přední čelo | 8- Pružná podložka ČSN 02 1740-8 |
| 2- Protikus uzávěru Z-06 [24] | 9- Zajišťovací šroub DIN 316- M8 x 45 |
| 3- Lem čela | 10- Přední rohový sloupek |
| 4- Pant předního čela WW BSCH 10-12-90 mm [13] | 11- Spojovací nýt Ø5 mm dle DIN 7337 |
| 5- Trubka Ø27 z oceli S 235JR | 12- Bočnice |
| 6- Závlačka pružná DIN 11024-2,0x45 | 13- Platová záslepka |
| 7- Čep s hlavou Ø 12 mm z oceli S235JR | 14- Pružinový uzávěr ZB-06 [24] |
| | 15- Rám |

6.5. Konstrukce podlahy

Ložná plocha přívěsného vozíku je tvořena protiskluzovou březovou překližkou o síle 15 mm. Překližka je voděodolná, snese vysoké zatížení, má dobrou trvanlivost a nemá nároky na údržbu. Připevněna je přímo na podélné U profily a vyztužující ocelové pásy rámu použitím nýtů Ø 6 mm dle DIN 7337, současně ji přidržují stažené třmeny postranních kotvicích ok.

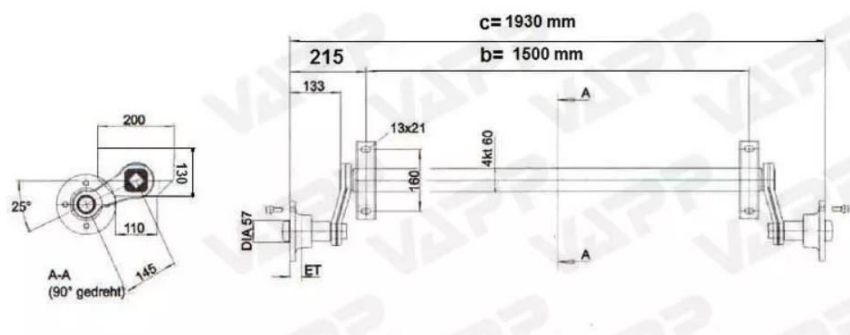
7. Návrh homologovaných komponentů přívěsu pro přepravu motocyklů

7.1. Náprava

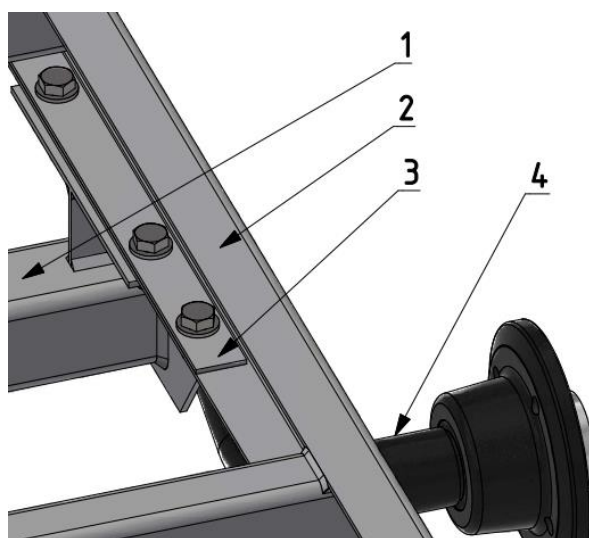
Šíři přívěsů s koly vedle ložné plochy je nutné navrhovat s ohledem na rozměry tažného vozidla. Pro pohodlné tažení jsou vhodnější přívěsy, jež jsou užší než tažné vozidlo. Zároveň je nutné dodržení určitého rozměru ložné plochy, aby byla možná nakládka až 3 motocyklů. U nápravy by měla být splněna podmínka únosnosti a rozteč děr patek pro přišroubování k rámu. S ohledem na tyto kritéria byla zvolena náprava s označením VG7-L od firmy Knott.

Uchycení k rámu je řešeno použitím šroubového spoje tvořeného maticemi M12 dle ČSN EN ISO 4032, pružnými podložkami označených normou ČSN 02 1740 a šroubů ISO 4017. V oblasti nad nápravou je rám v dosedací ploše vyztužen plechem tloušťky 3 mm. Rozteč šroubů na náboji je standardní v rozměru 100 mm. Kola jsou uchycena k náboji 4 šrouby M14.

Odpružení je integrováno přímo do nápravy a pracuje na principu kroucení pryžových elementů. Účel odpružení je zejména udržet stálý kontakt kol s vozovkou, aby bylo možné vozidla ovládat, omezit přenos rázů, vibrací, kmitů na karoserii, rám, posádku a případně náklad a zároveň zmenšit namáhání rámu, hlavně vůči krutu. Rameno je nalisováno přímo do nosníku nápravy, který má uvnitř zkrutné pryžové elementy. Při najetí kola na překážku dojde ke vzniku rázu, který je zčásti absorbován zkroucením pryžových elementů v nápravě. Při klasickém odpružení s listovou pružinou a tlumičem je energie rázu pohlcena deformováním pružiny. Tlumič následně pohlcuje vlastní vyvolané kmity pružiny způsobené najetím na nerovnost, a tím zabraňuje nadměrnému vertikálnímu rozkmitání rámu. Toto řešení má značnou výhodu v jemnějším průběhu pružení, a tudíž možnosti přepravy materiálů náchylných na otřesy, jelikož při malé hmotnosti nákladu nemá přívěs tendenci odskakovat od vozovky při přejetí nerovnosti, jako je tomu v případě odpružení pryžovými elementy. Mezi další nevýhody pryžových elementů se řadí stárnutí gumy, tedy značná degradace jejích tlumících vlastností s věkem, a citlivost na teplotu. Výhoda odpružení pryžovými elementy je skýtána v podobě úspory hmotnosti, jednoduchosti konstrukčního provedení, malé hlučnosti, dobrých samo-tlumících účincích a v možnosti provozování bez nutnosti údržby. [6] [32]



Obrázek 37: Náprava Knott VG 7 (750 kg) [13]



Obrázek 38: Připojení nápravy k rámu

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1- Náprava Knott | 3- Vyztužující plech |
| 2- Rám | 4- Rameno s nábojem |

7.2. Kola

S ohledem na konstrukci přívěsu s koly vedle ložné plochy, jsou zvoleny užší pneumatiky nazuté na běžně dostupné ocelové disky velikosti 4,5J x 13 ET 30 (4x100).

Při volbě pneumatiky je charakteristický rychlostní, hmotnostní index a její samotné rozměry. Rychlostní index udává, na jakou maximální rychlost je pneumatika dimenzována. Hmotnostní index definuje nejvyšší možnou zátěž připadající na jednu pneumatiku. Pro vyhovující parametry jsou voleny pneumatiky Kenda KR209 Kargotrail 165/70 R13 79 N. Tyto pneumatiky snesou jednotlivě zatížení 437 kg a dovolují jet rychlostí až 140 km/h. Uprostřed disku je středová krytka, která zamezuje přístupu nečistot k ložisku v náboji. [24]

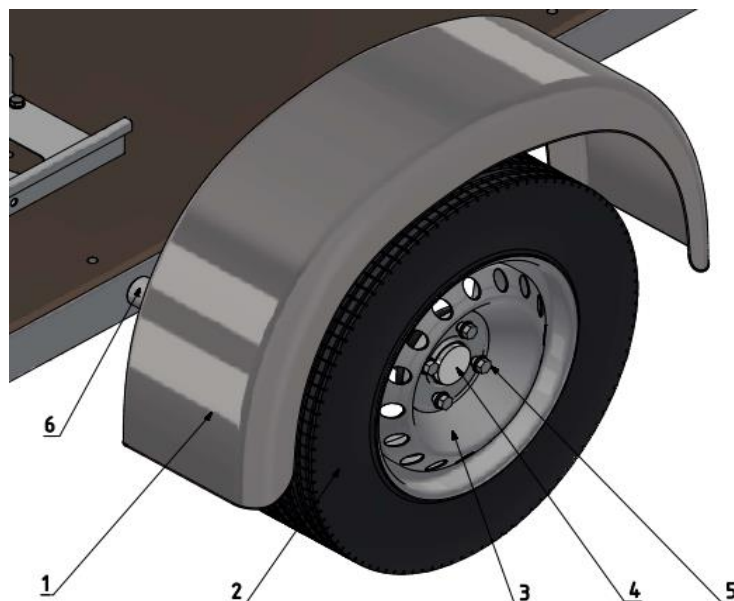
Rozbor označení pneumatiky: 205 / 55 R16 91 H XL

205 – šířka pneumatiky v mm, 55 – Boční profil pneumatiky (číslo udávající poměr výšky/šířky pneumatiky v %), R–Konstrukce pneumatiky (radiální), 16 – Průměr ráfku v palcích, 91 – Index nosnosti, H – Rychlostní index, XL –Zesílená konstrukce pneumatiky

7.3. Blatníky

Pro ochranu ostatních účastníků provozu musí být přívěs osazen kryty kol, které zamezují rozstříku za vozidlem a utlumují odlétávání nebezpečných předmětů od rotujících kol. Na trhu jsou k dispozici plechové nebo plastové blatníky. Blatníky z ocelového plechu mají hezčí design a velkou statickou nosnost. Plastové nabízejí nižší hmotnost a vyšší pružnost, což se využije například při nacouvání do překážky, kdy je možné blatník vrátit do původního stavu. Přívěs je osazen plechovými blatníky Dema 75 x 22 cm, které splňují požadavky dle kapitoly 4.8. Přichycené jsou přímo k podélnému U profilu rámu dvěma šrouby M12 zajištěnými samojistnými maticemi a pružnými podložkami, toto připevnění je

voleno z důvodu možnosti provozu vozíku bez nutnosti postranních bočnic-v provedení plato. Důležité je zajištění šroubového spoje zamezující jeho povolení vlivem silných vibrací od vozovky. Pro správnou polohu je umístěna mezi blatník a rám distanční trubka. [24] [39]

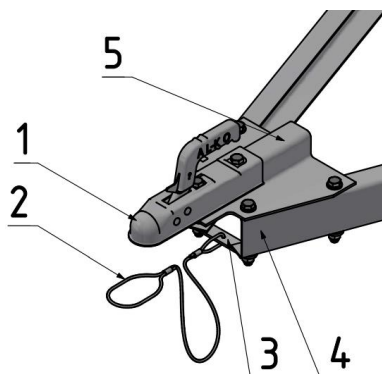


Obrázek 39: Schéma kola a jeho okolí

- | | |
|--------------------|--|
| 1- Blatník | 5- Šroub kola M14 |
| 2- Pneumatika | 6- Distanční trubka o vnějším
Ø 40 mm |
| 3- Disk | |
| 4- Středová krytka | |

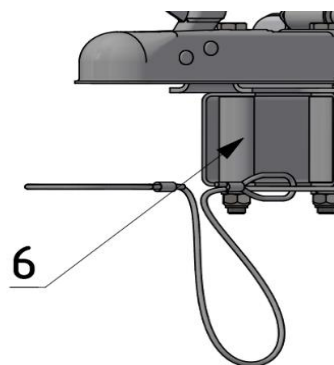
7.4. Spojovací zařízení

Pro vytvoření vyhovující jízdní soupravy je nutné použití schváleného spojovacího zařízení. Spřažení přívěsů kategorie O1 za tažné vozidlo se provádí nasazením tažného kloubu na tažné zařízení, lidově nazývaného „koule“, automobilu. Přívěs pro přepravu motocyklů je osazen homologovaným tažným kloubem AL-KO AK 7 spadající do třídy B50-X=pro koule o průměru 50 mm. Ovládací rukojeť tažného kloubu, pracující na principu pákového mechanismu, obsahuje jistící stiskací pojistku, ta zamezuje samovolnému odpojení. Uchycení kloubu je provedeno dvěma šrouby M12 přimontovanými k základně. Základna je stažena šrouby přímo k U profilům oje, které jsou ohybově namáhány vlivem šroubového spojení. Použitím rozpěrných distančních trubek, jejichž dutinou procházejí šrouby držící základnu, lze vhodným umístěním do vnitřního prostoru U profilu oje odstranit nežádoucí ohybové namáhání. Důležitou i povinnou součástí spojovacího zařízení je záchytné lanko, které má funkci sekundárního spojení. V případě odpojení přívěsu, z jakéhokoliv důvodu během jízdy, omezuje následné škody. U brzděných přívěsů má lanko navíc funkci nouzové brzdy. [40]



Obrázek 40: Schéma spojovacího zařízení

- 1- Tažný kloub
- 2- Pojistné lanko
- 3- Spodní táhlo

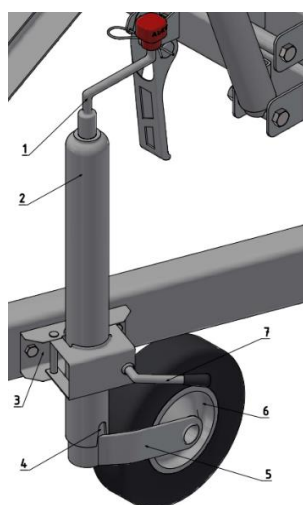


Obrázek 41: Detail rozpěrné trubky

- 4- Oj
- 5- Základna
- 6- Rozpěrná trubka

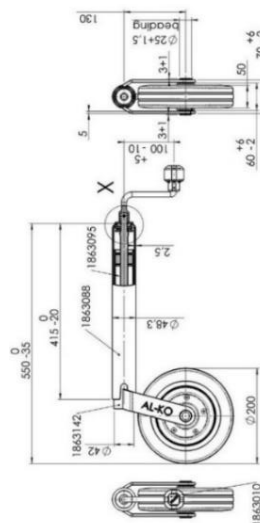
7.5. Opěrné kolečko

Na přívěs je navrženo opěrné kolečko značky AL-KO 48 200x50 s dovolenou zátěží 150 kg. Jeho hlavním účelem je snadnější manipulace s přívěsným vozíkem v nezapojeném stavu a zajištění stabilní vodorovné polohy. Kolečko je výškově nastavitelné, v rozsahu zdvihu vřetena odpovídající 200 mm, což se využije při zapojování na různě výškově položená tažná zařízení. Integrovaná aretace, ve formě drážky v horní trubce, do níž zapadá profil držící kolečko, zamezuje pootáčení spodního dílu kolečka a ustavuje vhodnou přepravní pozici. Při vysunutí z této drážky umožňuje vysunutá část pootáčení kolem svislé osy, lze tak snadno měnit jízdní směr. Důležitou součástí opěrného kolečka je jeho držák, který je umístěn přímo na oji, využívá se k přenastavení polohy opěrného kolečka, aby nepřekáželo při jízdě. Horní díl kolečka je upnut v držáku vlivem objímky. V navazující části 8 je proveden kontrolní výpočet. [41]



- 1- Ovládací páka
- 2- Horní díl
- 3- Držák kolečka
- 4- Aretační drážka
- 5- Spodní výsuvný díl
- 6- Kolo
- 7- Upínací páka držáku

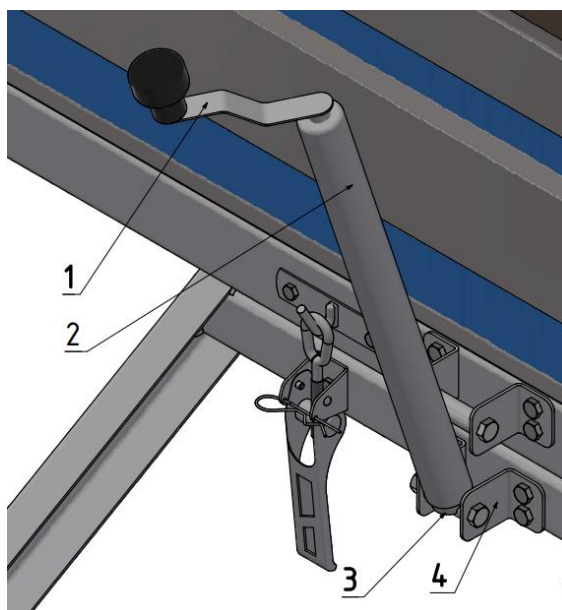
Obrázek 42: Schéma opěrného kolečka



Obrázek 43: Výkresová dokumentace opěrného kolečka [41]

7.6. Šroubový klikový zvedák

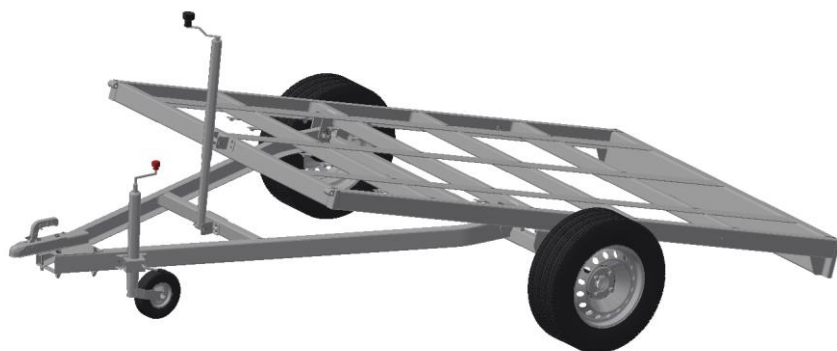
Klikový šroubový zvedák je navržen dle obdobného na trhu používaného konceptu zvedáku od společnosti Unitrailer, který je dimenzován až na nosnost 1000 kg. Ruční šroubový hever umožňuje fixaci v daném úhlu naklopení, dále usnadňuje vykládku sypkého materiálu a zjednodušuje najetí zahradní techniky, čtyřkolek či dalších obdobných dopravních prostředků. Upevnění je zajištěno držáky, spodní jsou přímo přišroubovány na rozpěře oje a horní na předním U profilu rámu přívěsu. Spojení každé dvojice je tvořeno 4 šrouby M8 dle ISO 4017, šestihrannými maticemi ISO 4032- M8 a pružnými podložkami dle ČSN 02 1740 příslušné velikosti. Ovládání je dané vrchní kličkou, jež roztáčí pohybový šroub uvnitř tubusu a dochází ke zdvihání. V průběhu zdvihu mění zvedák svůj úhel naklopení. Otočné uložení je dané navařenými trubkami, skrz které prochází šroub. Vlivem naklopení zároveň vznikají při chodu axiální a radiální síly, které namáhají pohybový šroub. V části 8 je vykonána jeho pevnostní kontrola. Maximální úhel naklopení ložné plochy je 14,5 °, což odpovídá dosednutí zadního U profilu na vozovku. [42]



Obrázek 44: Schéma zvedáku

- 1- Otočná klika
- 2- Horní tubus

- 3- Spodní tubus
- 4- Držáky



Obrázek 45: Sklopená ložná plocha

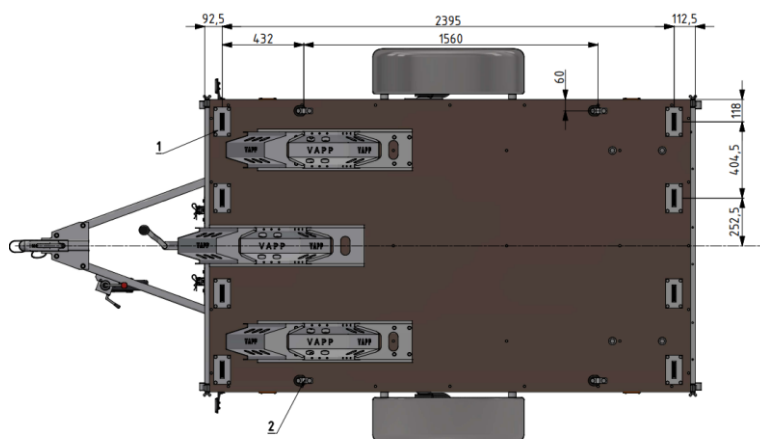
7.7. Kotvící prvky

Pro správné zajištění nákladu, se zaměřením na specifické motocykly, je podlaha přívěsu osazena vhodně rozmístěnými kotvícími prvky. Základem je 8 kotvících misek značky Vezeko, které jsou přímo vpředu i vzadu zapuštěny do překližkou tvořené podlahy. V kotvících miskách jsou připevněny kotvící oka. Ty jsou dimenzovány až na zatížení odpovídající 750 kg, s platnou certifikací od testovací společnosti TÜV SÜD Czech. Pro korozi odolnost a omezení hlučnosti za jízdy jsou oka pogumována. Pouhé pozinkování má v praxi ověřený problém s korozí vedoucí až k úplné degradaci materiálu a nutné výměně kotvících prvků. Koroze vzniká vlivem po sobě se třecích stykových ploch oka a misky, a tedy postupným rozrušováním ochranného povlaku.

Motocykl se vpředu kotví za řídítka nebo spodní brýle pomocí upínacích popruhů s ráčnou vedoucích směrem do stran, čímž dojde k jeho rozepření a získání stability. Upínací popruhy tahají motocykl směrem dopředu a zároveň zabraňují nežádoucímu pohybu do stran. Vzadu je také uchycen do obou stran, kdy se upínací popruhy, neboli kurty, vážou za pevný bod, nejčastěji za rám pod sedlem nebo zadní stupačku, což ustavuje zadní část motorky do vhodné přepravní pozice. Přívěs je tedy vybaven dostatečným množstvím pevných kotvících bodů pro správné ustavení motocyklů, což zaručuje jejich bezpečnou přepravu či možnost dopravování jiného specifického nákladu. [13]



Obrázek 46: Zátěžová zkouška kotevního oka Vezeko [13]

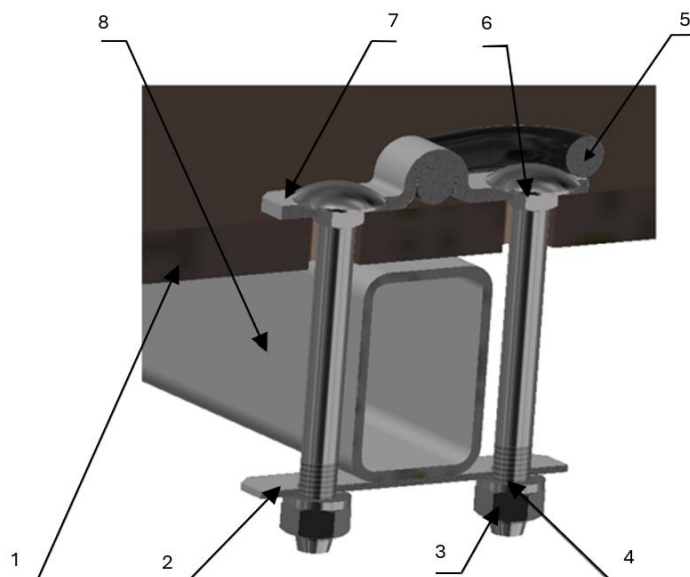


1- Kotvící miska s okem Vezeko

2- Kotvící třmen s okem

Obrázek 47: Rozmístění kotvících prvků

Po stranách jsou na podlaze přišroubována kotvící oka se třmeny z webu „Provleky.cz“ sloužící také jako kotvící body, zároveň mají druhotný účel v podobě přitlačování podlahy k rámu. Oka mají nosnost odpovídající zatížení 1000 kg a jsou dodatečně pogumována z důvodu odírání ochranného pozinku vlivem po sobě se třecích ploch oka a třmenu. [24]



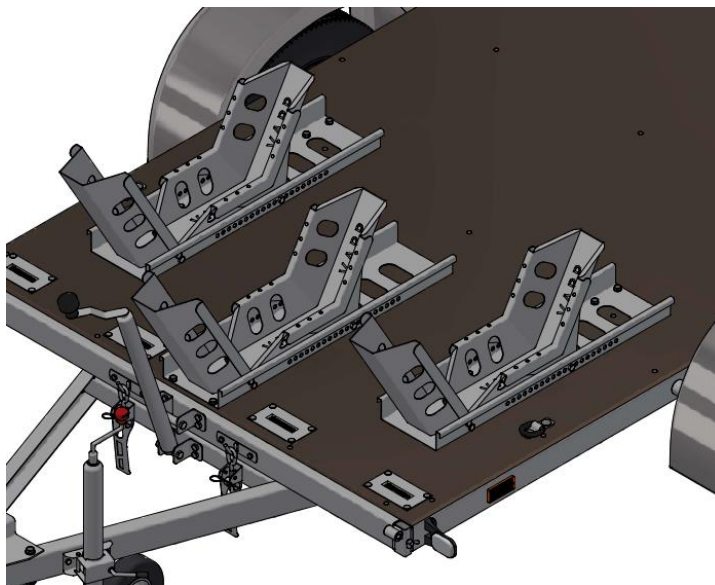
Obrázek 48: Schéma připevnění bočního kotvícího oka

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1- Podlaha | 6- Šroub DIN 603- M10x100 |
| 2- Protikus kotvícího třmenu | 7- Pozinkovaný kotvící třmen
90x30 mm [24] |
| 3- Matice ČSN EN ISO 4032- M10 | 8- Uzavřený profil 60x40x3 dle
EN 10219 |
| 4- Podložka ČSN 02 1740-10 | |
| 5- Kotvící oko [24] | |

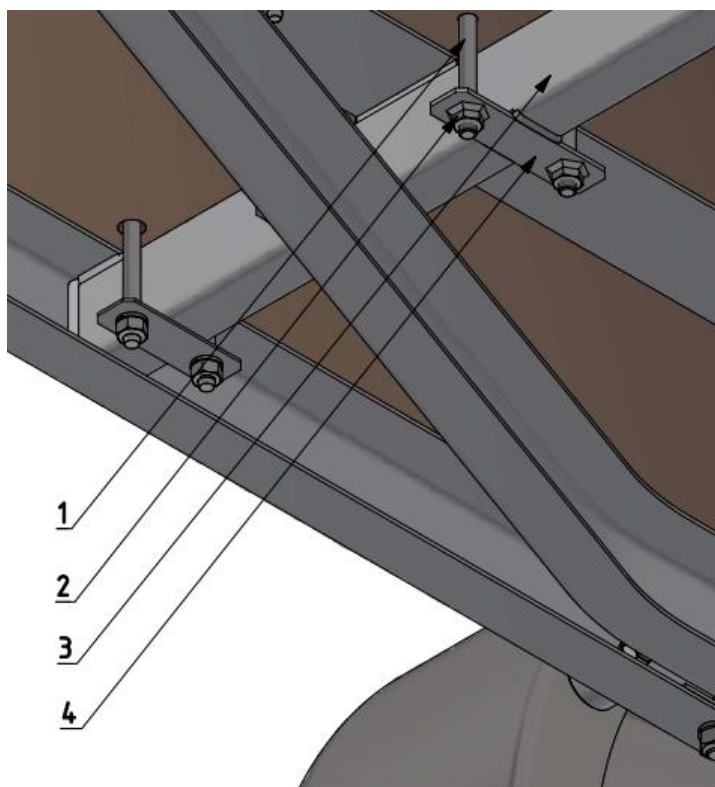
7.8. Držák na motocykly

Při převozu motocyklů jsou nezbytné držáky předních kol, které je možné jednoduše namontovat na přívěs. Během jízdy působí na motocykl rázy od vozovky, v případě nepoužití záchyty předního kola hrozí jeho podsmečnutí a následný pád motocyklu na bok. Přívěs je osazen délkově upravenými držáky na motorce s automatickým zajištěním v rozměru 2060/190 mm, od známé firmy VAPP, které automaticky fixují přední kolo a motocykl zůstane ve stabilní poloze ihned po přejetí aretační kolébky. Poté ho stačí uvázat upínacími popruhy a náklad je připraven na převoz. Držáky jsou vyrobené z pozinkovaného plechu o síle 2 mm. Připevnění držáků k přívěsu je řešeno použitím šroubového spoje. Postranní držáky obsahují 8 šroubů se šestihrannou hlavou s dosedací pružnou podložkou, šrouby jsou stažené k navařeným maticím na třmenech příčných uzavřených profilech rámu. Prostřední záchyt předního kola drží na 6 šroubech se šestihrannou hlavou, kde přední 2 jsou stažené přímo k přivařeným maticím na příčném U profilu rámu. Toto řešení poskytuje výhodu v rychlé montáži a demontáži. Z pohledu umístění držáků motocyklů na podlahu je prostřední lehce předsunut oproti postranním, to z důvodu větší šíře motorek

v oblasti řídítek. Pokud by byly všechny umístěné ve stejné úrovni, hrozilo by, že by nebyla možná jejich nakládka. Protiskluzový povrch nájezdů je tvořen prolisy kruhového tvaru s dírou, což značně zvyšuje tření, a nedochází při nakládce k prokluzu pneumatiky. [40]



Obrázek 49: Držáky na motocykly VAPP

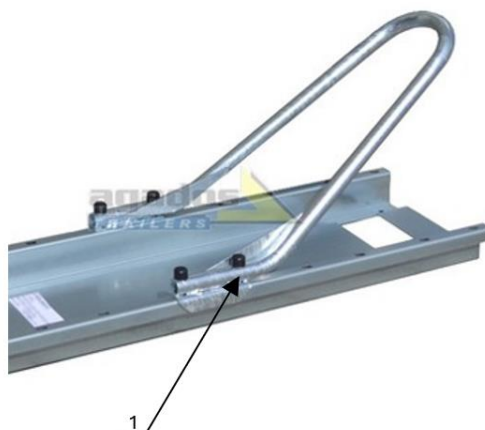


Obrázek 50: Detail uchycení držáků na motocykly k rámu

- | | |
|---|---|
| 1- Šroub ISO 4014- M10x100 | 3- Příčný uzavřený
obdélníkový profil rámu |
| 2- Přivařená matice ČSN EN
ISO 4032- M10 | 4- Třmen |

Držáky od společnosti VAPP byly také zvoleny s ohledem na přední doraz masivní konstrukce. Běžně se používají dorazy z kulatiny obloukovitého tvaru, které praskají

působením kombinovaného namáhání se značným faktorem ohybu a koncentrací napětí v okolí díry pro zachycení.



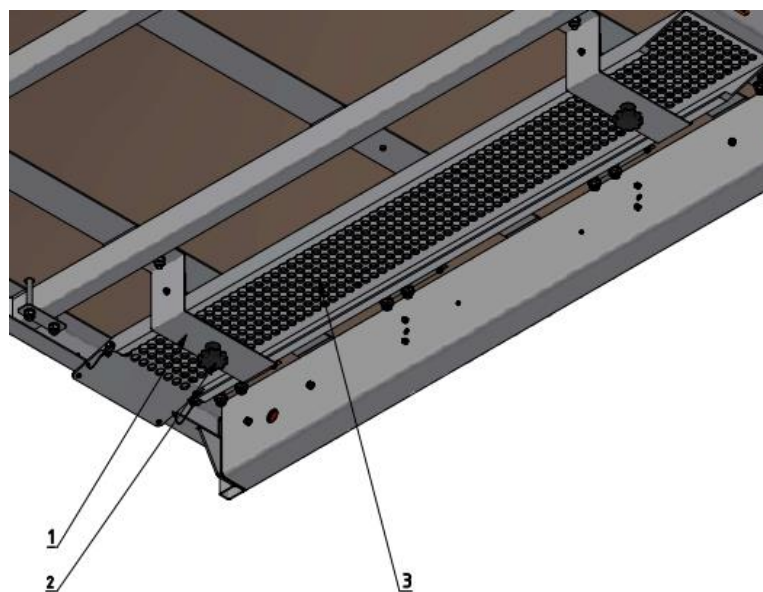
Obrázek 51: Obloukovitý záchyt předního kola na přívěs Agados [43]

1- Vrub-rizikové místo prasknutí

7.9. Nájezd

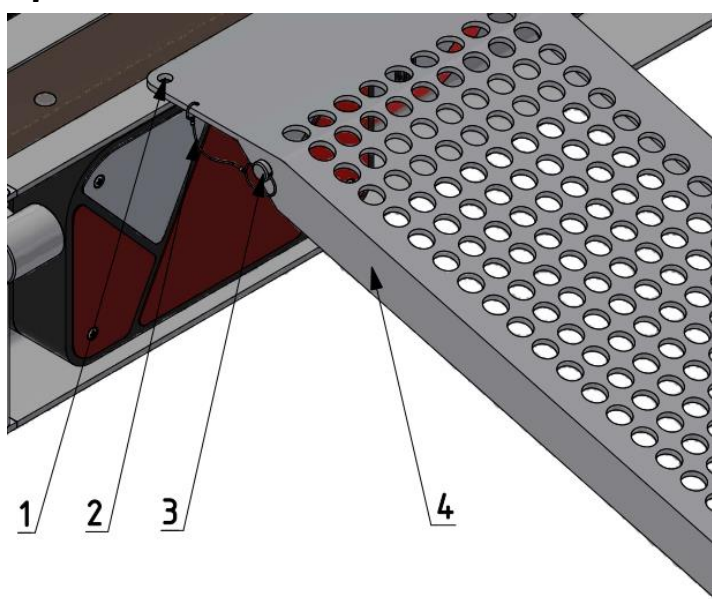
V případě převozu motocyklů je přívěs v uskupení s demontovatelnými bočnicemi, předním a zadním čelem, které je současně nájezdní rampa. Nájezd je potřeba pro najetí motocyklu na ložnou plochu. Na trhu je možné vybírat z mnoha dostupných materiálně a tvarově odlišných provedení. Důležitým faktorem pro výběr nájezdu je světlá výška motocyklu, aby nedocházelo při nakládání ke kolizi spodku stroje s nájezdem vlivem ostrého nájezdového úhlu. Tato problematika je vyřešena u přívěsného vozíku možností naklopení celé ložné plochy použitím šroubového zvedáku.

Zvolený nájezd je z hliníku od firmy VAPP v délce 1500 mm a šířce 200 mm, minimální nosnost je 220 kg s ohledem na rozvor. U hliníkových nájezdů je vyšší cena, ale poskytují delší trvanlivost, nižší hmotnost a adekvátní nosnost oproti ocelovým. Nájezd je možné trvale převážet pod ložnou plochou, tím tedy nepřekáží manipulaci s nákladem. Uchycení je tvořeno nasunutím nájezdu do dvou držáků a následným stažením pomocí ručního aretačního šroubu s plastovou růžicí. Nájezd je vybaven dvojicí čepů o průměru 8 mm pro zajištění správné polohy na zadním U profilu rámu při nakládce motocyklů. Pokud by byl nájezd pouze položen na ložnou plochu, hrozil by jeho nežádoucí posun a následný pád motocyklu. [40]



Obrázek 52: Uchycení nájezdu pod ložnou plochou

- | | |
|--|---------------------|
| 1- Držák | 3- Hliníkový nájezd |
| 2- Šroub M10x47 s plastovou
růžicí [44] | |



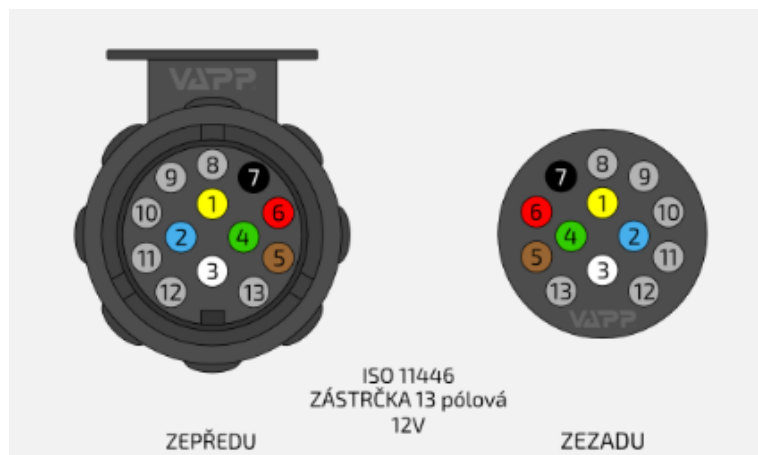
Obrázek 53: Zajištění nájezdu na rámu

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1- Otvor $\varnothing 9$ mm pro zajištění
nájezdu čepem | 3- Aretační čep $\varnothing 8$ mm |
| 2- Ocelové lanko | 4- Nájezd |

7.10. Osvětlení a elektroinstalace

Přívěs má standardizovanou 13-pólovou zástrčku kvůli kompatibilitě propojení couvacího světlometu přívěsu s tažným automobilem. U 7-pólové zástrčky chybí pin zajišťující sepnutí couvacího světlometu, který zásadně ovlivňuje viditelnost, obecně orientaci při jízdě vzad. Další výhodou 13-pólové zástrčky je volný pin 12 pro schopnost

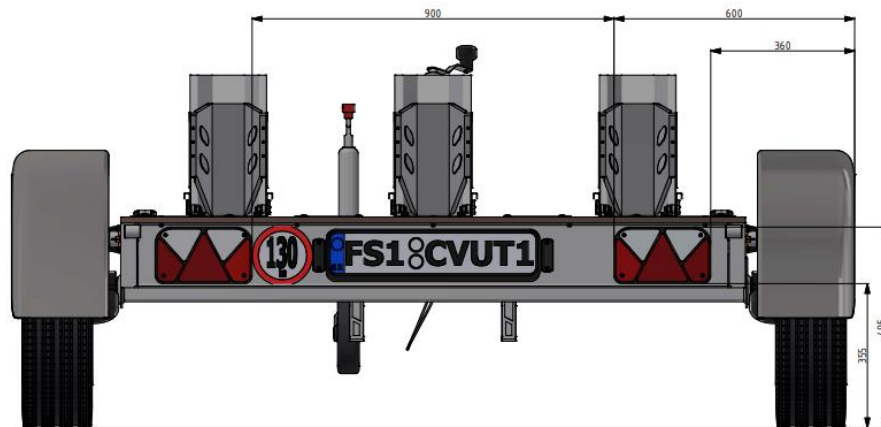
předat informaci o rozpoznání připojení přívěsu. Tato informace je důležitá hlavně pro moderní automobily, které jsou často vybaveny různými stabilizačními prvky pro jízdu s přívěsem. [45]



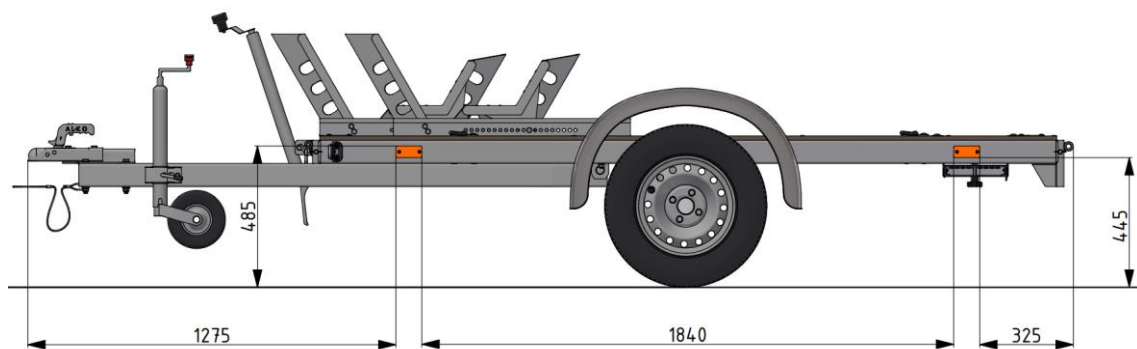
Obrázek 54: Schéma zapojení 13- pólové zástrčky [40]

- | | |
|---|---|
| 1- Žlutá, levý směrový ukazatel | 9- Oranžová, stálé/trvalé napájení, plus |
| 2- Modrá, mlhová svítilna | 10- Šedá, napájení, plus přes spínací skříňku=spínaný plus pro nabíjení |
| 3- Bílá, kostra-mínus pro kontakty 1 až 8 | 11- Bílá/černá, kostra-mínus pro kontakt číslo 10 |
| 4- Zelená, pravý směrový ukazatel | 12- Volný nebo konektor pro rozpoznání přívěsu řídicí jednotkou auta |
| 5- Hnědá, pravé obrysové světlo | 13- Bílá/červená, kostra-mínus pro kontakty číslo 9 a 12 |
| 6- Červená, brzdová svítilna | |
| 7- Černá, levé obrysové světlo | |
| 8- Růžová, zpětný světlomet | |

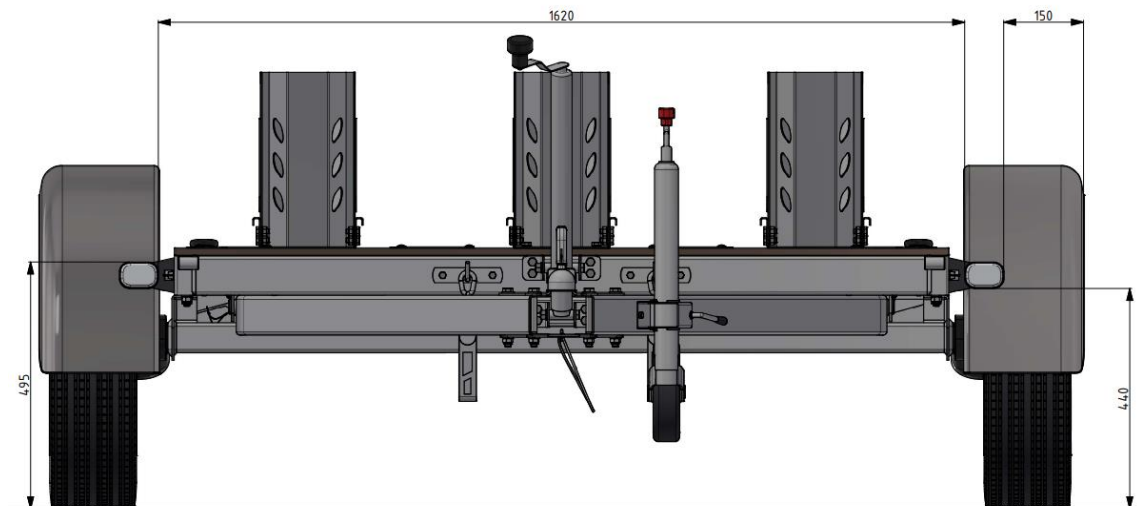
Osvětlení přívěsu je navrženo v souladu s požadavky danými s legislativou, probranými v kapitole 4.7. Na zadním U profilu rámu přívěsu jsou nainstalovány zadní sdružené žárovkové svítilny Multipoint 2, které v sobě mají integrovaná obrysová světla, mlhovku, brzdové svítilny, směrovky, couvací světlomet a odrazové trojúhelníky. Připevnění na zadní stěnu U profilu rámu zaručuje ochranné zapuštění svítilen. Osvětlení registrační značky je řešeno přídatnými led lampami, jež lépe osvětlují značku než klasické žárovkové. Často je osvětlení RZ integrováno přímo do sdružených svítilen, tato varianta nelze využít z důvodu velké šíře přívěsu. Přední poziční obrysová světla od firmy Agados kombinuje LED osvětlení bílé barvy s integrovanou odrazkou. Přední pozička přečnává do boku, čímž překáží manipulaci a často dochází k jejímu uražení. Tato problematika je vyřešena použitím ohebného držáku z pryže. Důležitou součástí osvětlení jsou silně reflexivní boční odrazky v rozměru 90x40 mm. Jejich uchycení na rám je provedeno šrouby s půlkulatou hlavou.



Obrázek 55: Rozmístění zadní sdružené svítilny



Obrázek 56: Rozmístění bočních odrazek



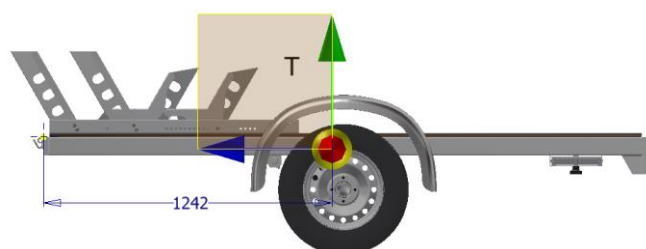
Obrázek 57: Rozmístění předních svítilen

8. Pevnostní kontrola základních částí přívěsného vozíku

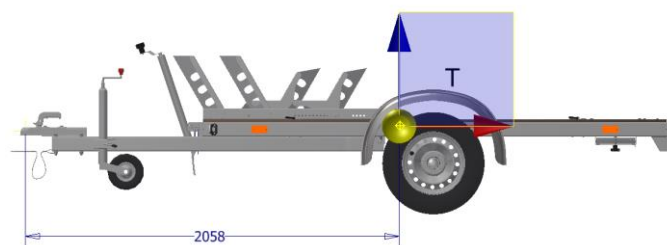
Pevnostní kontroly jsou uskutečněny v uskupení, kdy je přívěs vhodný k přepravě motocyklů, tedy pro jeho hlavní účel. Modelovým motocyklem je KTM DUKE 390, který svými parametry symbolizuje střední třídu motocyklů, pro jejichž potřebu přepravy je přívěsný vozík navrhován.

8.1. Poloha těžišť

Pro pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů je zapotřebí znát rozložení zatížení vozíku, důležitá je poloha těžišť nástavby a kompletního přívěsného vozíku v provedení pro přepravu motocyklů. Polohy těžišť, včetně hmotností daných variant, jsou získány z 3D modelu respektujícího definovaný materiál jednotlivých součástí. Model byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2022. Hmotnost nástavby je programem stanovena na 227 kg a hmotnost celého přívěsu v uskupení pro přepravu motocyklů je 255 kg.



Obrázek 58: Poloha těžiště nástavby



Obrázek 59: Poloha těžiště přívěsného vozíku

8.2. Poloha nápravy

Podélné umístění nápravy zásadně ovlivňuje velikost svislého zatížení působícího na tažné zařízení. Hodnoty dovolených svislých zatížení jsou u běžných vozidel nejčastěji 75 nebo 100 kg. Při jízdě s nenaloženým přívěsem nesmí současně docházet k odlehčování zadní nápravy tažného automobilu, tudíž musí být kladné zatížení oje prázdného přívěsného vozíku. Výrobci tažných zařízení a vozidel uvádějí jako optimální hodnoty svislého zatížení pro bezpečnou jízdu s naloženým přívěsem v rozmezí od 30 do 80 kg s ohledem na velikost a hmotnost přívěsu. Kontrola svislého zatížení tažného zařízení přívěsu je provedena pro stav při přepravě 3 motocyklů a ve stavu bez zatížení ložné plochy. Pro zjednodušení je zanedbáno nerovnoměrné rozložení zatížení motocyklu mezi jeho přední a zadní nápravou. Ve výpočtech působí na ložnou plochu stejné zatížení od předního i zadního kola. Samotné motocykly jsou nepatrněji více zatěžovány na zadní nápravě

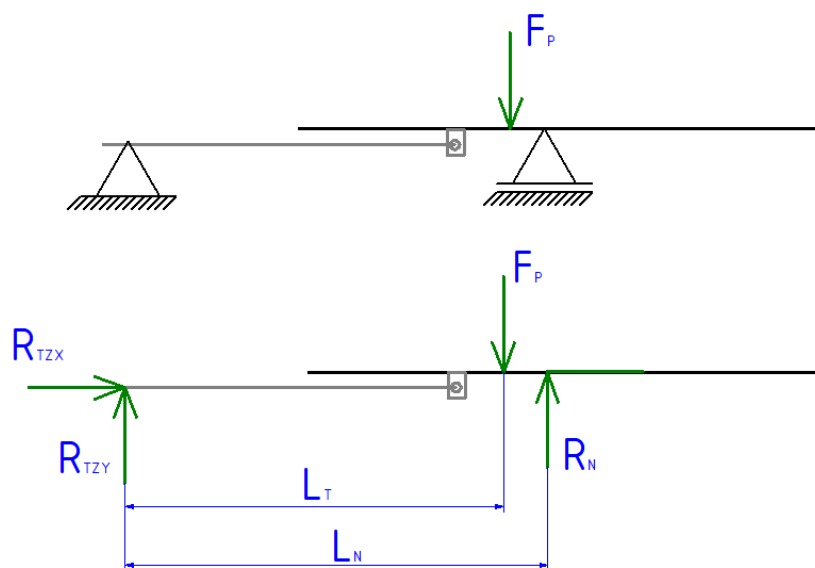
v řádech jednotek procent. Z praktického hlediska lze tedy uvažovat, že by ve skutečnosti bylo zatížení na tažném zařízení od naloženého vozíku ještě menší než vypočtené.

Výpočet je realizován zjednodušením konstrukce přívěsu na 2D model pro výpočet ideální polohy nápravy. Rám s ojí je uvažován jako jeden celek tuhého tělesa. Předběžný návrh umístění je uskutečněn v případě prázdného přívěsného vozíku, kdy musí oj na tažné zařízení tlačit, působit kladnou silou, aby nedocházelo k odlehčování zadní nápravy automobilu.

Následuje kontrola přípustného svislého zatížení tažného zařízení, která je brána v případě naložení 3 vzorových motocyklů s obdobnými parametry jako má KTM Duke 390, které mají suchou hmotnost 149 kg a rozvor 1357 mm.

8.2.1. Předběžný návrh umístění nápravy-prázdný přívěsný vozík

Šedá čára znázorňuje oj a černá rám přívěsného vozíku. Jak již bylo zmíněno výše, rám s ojí se považuje za jedno tuhé těleso pro zjednodušení výpočtu. Řešení je uvažováno pro 2 krajní stavy, v prvním případě na tažné zařízení působí nulové svislé zatížení a ve druhém maximální dovolené zatížení 100 kg.



Obrázek 60: Schéma 2D modelu prázdného přívěsného vozíku

Tab. 2.: Vstupní veličiny pro výpočet předběžné polohy nápravy

Veličina	Označení	Hodnota
Svislá reakce od tažného zařízení [N]	R_{TZY}	0 až 981
Vodorovná reakce od tažného zařízení [N]	R_{TZX}	?
Reakce v ose kola (nápravy) [N]	R_N	?
Tíhová síla působící v těžišti prázdného vozíku [N]	F_P	2502
Vzdálenost tažného zařízení od těžiště [mm]	L_T	2058
Vzdálenost tažného zařízení od osy kola [mm]	L_N	?
Tíhové zrychlení [m/s^2]	\vec{g}	9,81
Hmotnost prázdného přívěsu [kg]	m	255
Hmotnost působící na tažné zařízení [kg]	m_{TZ}	0 až 100

Tíhová síla prázdného vozíku

$$F_p = m \cdot \vec{g} = 255 \cdot 9,81 = 2502 \text{ N} \quad (1)$$

Vzdálenost nápravy od osy tažného zařízení při nulovém svislém zatížení

$$R_{TZY} = m_{TZ} \cdot \vec{g} = 0 \cdot 9,81 = 0 \text{ N} \quad (2)$$

Rovnice rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (3)$$

$$R_{TZX} = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (5)$$

$$R_{TZY} + R_N - F_p = 0$$
$$\rightarrow R_N = F_p - R_{TZY} = 2502 - 0 = 2502 \text{ N} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iTZ} = 0 \quad (7)$$

$$R_N \cdot L_N - F_p \cdot L_T = 0$$
$$\rightarrow L_N = \frac{F_p \cdot L_T}{R_N} = \frac{2502 \cdot 2058}{2502} = 2058 \text{ mm} \quad (8)$$

Vzdálenost nápravy od osy tažného zařízení při maximálním dovoleném zatížení 100 kg

$$R_{TZY} = m_{TZ} \cdot \vec{g} = 100 \cdot 9,81 = 981 \text{ N} \quad (9)$$

Rovnice rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (10)$$

$$R_{TZX} = 0 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (12)$$

$$R_{TZY} + R_N - F_p = 0$$
$$\rightarrow R_N = F_p - R_{TZY} = 2502 - 981 = 1521 \text{ N} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iTZ} = 0 \quad (14)$$

$$R_N \cdot L_N - F_P \cdot L_T = 0$$

$$\rightarrow L_N = \frac{F_P \cdot L_T}{R_N} = \frac{2502 \cdot 2058}{1521} = 3385 \text{ mm} \quad (15)$$

Výsledkem je rozmezí, ve kterém musí být připojená náprava, aby nedocházelo k odlehčování zadní nápravy automobilu nebo k přetěžování svislého zatížení působícího na tažné zařízení. Náprava se musí nacházet od osy tažného zařízení ve vzdálenosti 2058 mm až 3385 mm. Přivěsný vozík pro přepravu motocyklů má umístěnou nápravu ve vzdálenosti 2246 mm z důvodu výhodného úhlu naklopení ložné plochy, toto umístění vyhovuje vypočtené podmínce lokace.

8.2.2. Výpočet síly působící na tažné zařízení od prázdného vozíku při vzdálenosti nápravy 2246 mm

Rovnice rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (16)$$

$$R_{TZx} = 0 \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (18)$$

$$R_{TZY} + R_N - F_P = 0$$

$$\rightarrow R_{TZY} = F_P - R_N = 2502 - 2293 = 209 \text{ N} \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iTZ} = 0 \quad (20)$$

$$R_N \cdot L_N - F_P \cdot L_T = 0$$

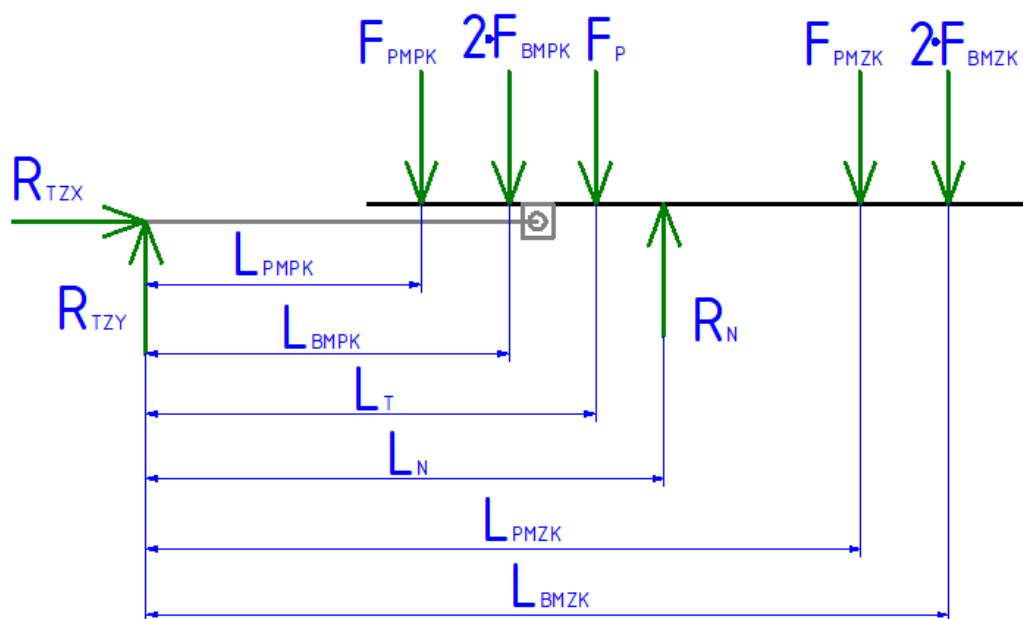
$$\rightarrow R_N = \frac{F_P \cdot L_T}{L_N} = \frac{2502 \cdot 2058}{2246} = 2293 \text{ N} \quad (21)$$

Přepočet síly na zatížení působící svisle na tažné zařízení

$$m_{TZY} = \frac{R_{TZY}}{\vec{g}} = \frac{209}{9,81} = 21,3 \text{ kg} \quad (22)$$

8.2.3. Kontrola svislého zatížení tažného zařízení v případě nakládky 3 motocyklů

Pro zjednodušení výpočtu je, jak již bylo zmiňováno v kapitole 8.2., provedena kontrola, kdy působí na ložnou plochu stejná tíhová síla na předním i zadním kole motocyklu.



Obrázek 61: Schéma 2D modelu naloženého přivěsného vozíku

Tab. 3.: Vstupní veličiny pro ověření vhodné polohy nápravy

Veličina	Označení	Hodnota
Svislá reakce od tažného zařízení [N]	R_{TZY}	?
Vodorovná reakce od tažného zařízení [N]	R_{TZX}	?
Reakce v ose kola (nápravy)[N]	R_N	?
Tíhová síla působící v těžišti prázdného vozíku [N]	F_P	2502
Tíhová síla od předního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMPK}	731
Tíhová síla od předního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMPK}	731
Tíhová síla od zadního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMZK}	731
Tíhová síla od zadního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMZK}	731
Vzdálenost tažného zařízení od těžiště [mm]	L_T	2058
Vzdálenost tažného zařízení od osy kola [mm]	L_N	2246
Vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od osy tažného zařízení [mm]	L_{PMPK}	1224
Vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od osy tažného zařízení [mm]	L_{BMPK}	1474
Vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od osy tažného zařízení [mm]	L_{PMZK}	2581
Vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od osy tažného zařízení [mm]	L_{BMZK}	2831
Tíhové zrychlení [m/s^2]	\vec{g}	9,81
Hmotnost motocyklu [kg]	m_m	149
Svislé zatížení tažného zařízení [kg]	m_{TZY}	?

Výpočet sil od motocyklů je založen na rovnoměrném rozložení tíhového působení motocyklu o hmotnosti 149 kg mezi přední a zadní kolo

$$F_{PMPK} = F_{BMPK} = F_{PMZK} = F_{BMZK} = \frac{m_m}{2} \cdot \vec{g} = \frac{149}{2} \cdot 9,81 = 731 \text{ N} \quad (23)$$

Rovnice rovnováhy:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (24)$$

$$R_{TZX} = 0 \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (26)$$

$$R_{TZY} + R_N - F_P - F_{PMPK} - 2 \cdot F_{BMPK} - F_{PMZK} - 2 \cdot F_{BMZK} = 0$$

$$\rightarrow R_{TZY} = F_P + F_{PMPK} + 2 \cdot F_{BMPK} + F_{PMZK} + 2 \cdot F_{BMZK} - R_N \quad (27)$$

$$R_{TZY} = 2502 + 6 \cdot 731 - 6334 = 554 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iTz} = 0 \quad (28)$$

$$R_N \cdot L_N - F_P \cdot L_T - F_{PMPK} \cdot L_{PMPK} - 2 \cdot F_{BMPK} \cdot L_{BMPK} - F_{PMZK} \cdot L_{PMZK} - 2 \cdot F_{BMZK} \cdot L_{BMZK} = 0$$

$$\rightarrow R_n = \frac{F_P \cdot L_T + F_{PMPK} \cdot L_{PMPK} + 2 \cdot F_{BMPK} \cdot L_{BMPK} + F_{PMZK} \cdot L_{PMZK} + 2 \cdot F_{BMZK} \cdot L_{BMZK}}{L_N} \quad (29)$$

$$R_n = \frac{2502 \cdot 2058 + 731 \cdot (1224 + 2 \cdot 1474 + 2581 + 2 \cdot 2831)}{2246} = 6334 \text{ N}$$

Přepočet síly na zatížení působícího svisle na tažné zatížení od naloženého přívěsu

$$m_{TZY} = \frac{R_{TZY}}{\vec{g}} = \frac{554}{9,81} = 56,5 \text{ kg} < 100 \text{ kg} \quad (30)$$

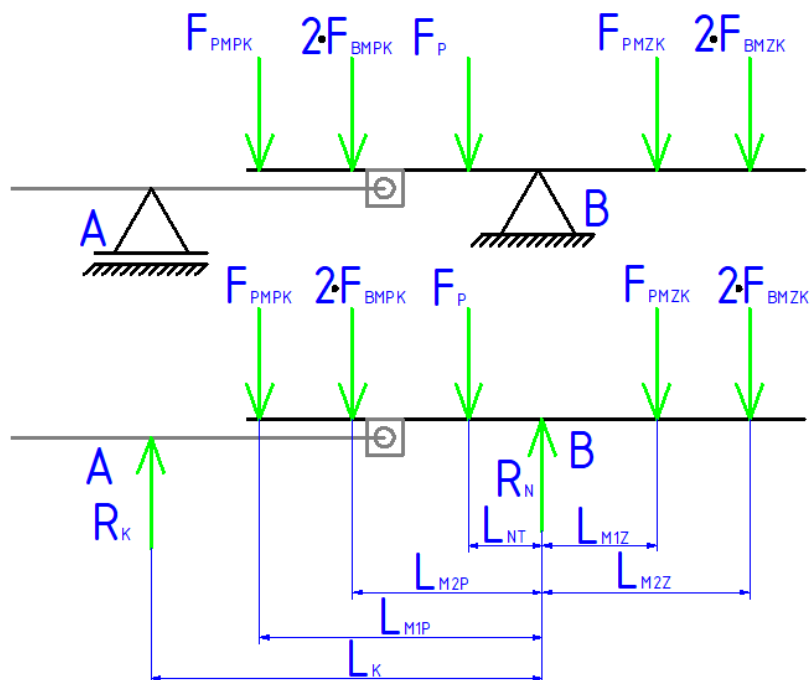
Vyhovuje

Z následujících výpočtů plyne, že v případě tažení naloženého přívěsu je svislé zatížení tažného zařízení automobilu optimální se svou hodnotou téměř 57 kg a spadá do rozmezí daného pro ideální jízdní vlastnosti soupravy a obecně bezpečnou jízdu s přívěsnými vozíky. V případě jízdy s nenaloženým vozíkem nedochází k odlehčování zadní nápravy automobilu, svislé zatížení tažného zařízení s hodnotou 21 kg je přijatelné.

8.3. Kontrola zatížení opěrného kolečka

Navržené opěrné kolečko značky AL-KO 48 200x50 má maximální dovolenou statickou nosnost 150 kg. Aby byla zajištěna dobrá manipulace s vozíkem v odpojeném stavu a nedocházelo k přetěžování opěrného kolečka, je nutné provést kontrolu na něj působícího svislého zatížení vyvolaného naloženým přívěsným vozíkem. Pro zjednodušení

výpočtu je považován rám s ojí za jedno tuhé těleso. V nákresu i ve výpočtu je rovnou zanedbána nulová reakce ve vodorovném směru. V místě A je umístěno opěrné kolečko a v bodě B je náprava.



Obrázek 62: Schéma 2D modelu naloženého odpojeného přívěsného vozíku

Tab. 4.: Vstupní veličiny pro kontrolu únosnosti kolečka

Veličina	Označení	Hodnota
Reakce od opěrného kolečka	R_K	?
Reakce v ose kola [N]	R_N	?
Tíhová síla působící v těžišti prázdného vozíku [N]	F_P	2502
Tíhová síla od předního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMPK}	731
Tíhová síla od předního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMPK}	731
Tíhová síla od zadního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMZK}	731
Tíhová síla od zadního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMZK}	731
Vzdálenost opěrného kolečka od osy kola přívěsu [mm]	L_K	1818
Vzdálenost těžiště prázdného přívěsu od osy kola [mm]	L_{NT}	188
Vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od osy kola přívěsu [mm]	L_{M1P}	1021
Vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od osy kola přívěsu [mm]	L_{M2P}	771
Vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od osy kola přívěsu [mm]	L_{M1Z}	336
Vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od osy kola přívěsu [mm]	L_{M2Z}	586
Tíhové zrychlení [m/s^2]	\vec{g}	9,81
Zatížení opěrného kolečka [kg]	m_k	?

Rovnice rovnováhy

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (31)$$

$$R_K + R_N - F_P - F_{PMPK} - 2 \cdot F_{BMPK} - F_{PMZK} - 2 \cdot F_{BMZK} = 0$$
$$\rightarrow R_N = F_P + F_{PMPK} + 2 \cdot F_{BMPK} + F_{PMZK} + 2 \cdot F_{BMZK} - R_K \quad (32)$$

$$R_N = 2502 + 6 \cdot 731 - 683 = 6205 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iB} = 0 \quad (33)$$

$$-R_K \cdot L_K + F_{PMPK} \cdot L_{M1P} + 2 \cdot F_{BMPK} \cdot L_{M2P} + F_P \cdot L_{NT} - F_{PMZK} \cdot L_{M1Z} - 2 \cdot F_{BMZK} \cdot L_{M2Z} = 0$$

$$\rightarrow R_K = \frac{F_{PMPK} \cdot L_{M1P} + 2 \cdot F_{BMPK} \cdot L_{M2P} + F_P \cdot L_{NT} - F_{PMZK} \cdot L_{M1Z} - 2 \cdot F_{BMZK} \cdot L_{M2Z}}{L_K} \quad (34)$$

$$R_K = \frac{731 \cdot 1021 + 2 \cdot 731 \cdot 771 + 2502 \cdot 188 - 731 \cdot 336 - 2 \cdot 731 \cdot 586}{1818} = 683 \text{ N}$$

Přepočet síly působící svisle na opěrné kolečko na zatížení

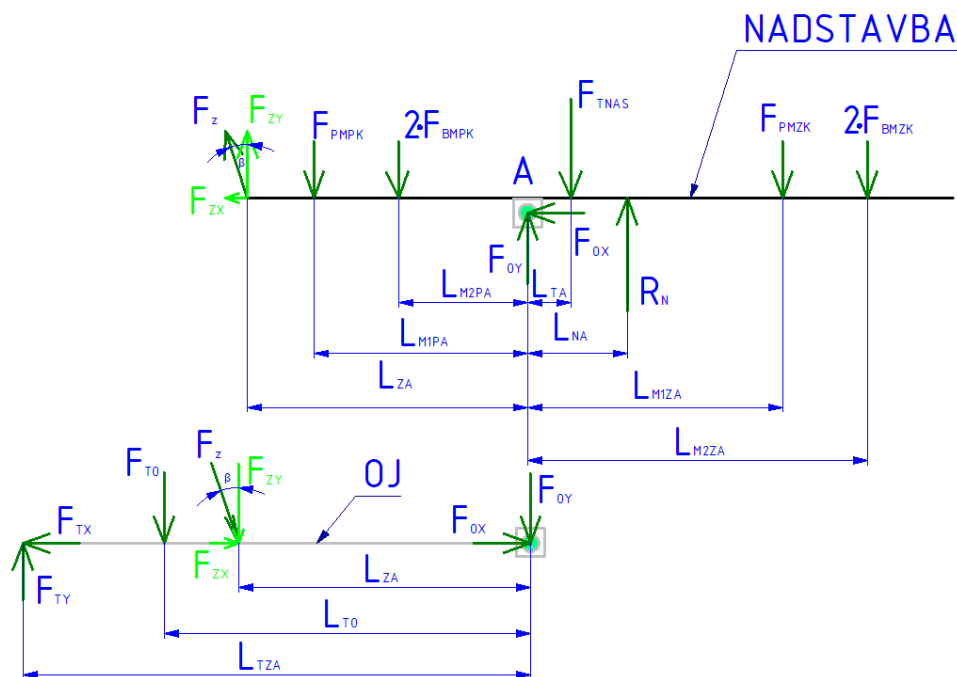
$$m_k = \frac{R_K}{g} = \frac{683}{9,81} = 69,6 \sim 70 \text{ kg} < 150 \text{ kg} \quad (35)$$

Vyhovuje

Kontrolní výpočet potvrdil, že navržené kolečko lze použít.

8.4. Kontrola vřetena-pohybového šroubu zvedáku

Naložené motocykly zatěžují ložnou plochu více v její přední části, čímž zamezují převažování ložné plochy směrem vzad a zároveň zajišťují optimální svislé zatížení tažného zařízení automobilu pro dobré jízdní vlastnosti soupravy s přívěsem. Pro zajištění funkčního sklápění ložné plochy je nutné navrhnout vhodné parametry šroubového zvedáku, který překoná silové působení od naložené nástavby. Nejdůležitější částí tohoto sklopného mechanismu je pohybový šroub. Průběh velikosti zdvižné síly, v závislosti na úhlu naklonění zdvižné plochy, byl vyřešen na základě rovnic rovnováhy uvedené soustavy v programu MATLAB. Maximální potřebná síla je stanovena pro nulový úhel naklonění ložné plochy, tedy na počátku sklápění, kdy je podlaha ve vodorovné pozici. Pro ilustraci je provedeno rozepsání rovnic rovnováhy daných těles pro výpočet maximální zdvihací síly, která nastane při nulovém úhlu natočení ložné plochy. Zvedák je uložen pod úhlem $18,5^\circ$, čímž dochází ke vzniku vodorovného i svislého silového účinku.



Obrázek 63: Zjednodušený 2D model pro výpočet osové síly ve zvedáku

Tab. 5.: Vstupní veličiny pro výpočet osové síly ve zvedáku

Veličina	Označení	Hodnota
Zdvihací síla-osová síla v pohybovém šroubu	F_Z	?
Reakce v ose kola [N]	R_N	?
Tíhová síla nástavby vozíku působící v jeho těžišti vozíku [N]	F_{TNAS}	2227
Tíhová síla od předního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMPK}	731
Tíhová síla od předního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMPK}	731
Tíhová síla od zadního kola prostředního motocyklu [N]	F_{PMZK}	731
Tíhová síla od zadního kola bočního motocyklu [N]	F_{BMZK}	731
Vodorovná složka zdvihací síly [N]	F_{ZX}	?
Svislá složka zdvihací síly [N]	F_{ZY}	?
Svislá síla působící na čep [N]	F_{OY}	?
Vodorovná síla působící na čep [N]	F_{OX}	?
Síla působící na tažné zařízení ve vodorovném směru [N]	F_{TX}	?
Síla působící na tažné zařízení ve svislém směru [N]	F_{TY}	?
Tíhová síla oje [N]	F_{TO}	275
Vzdálenost zvedáku od kloubu ložné plochy [mm]	L_{ZA}	971
Vzdálenost nápravy od kloubu ložné plochy [mm]	L_{NA}	296
Vzdálenost těžiště nástavby od kloubu ložné plochy [mm]	L_{TA}	247
Vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od kloubu ložné plochy [mm]	L_{M1PA}	726
Vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od kloubu ložné plochy [mm]	L_{M2PA}	475
Vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od kloubu ložné plochy [mm]	L_{M1ZA}	631

Vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od kloubu ložné plochy [mm]	L_{M2ZA}	882
Vzdálenost tažného zařízení od kloubu [mm]	L_{TZA}	1937
Vzdálenost těžiště oje od kloubu [mm]	L_{TO}	1114
Tíhové zrychlení [m/s^2]	\vec{g}	9,81
Úhel sklonu zvedáku [°]	β	18,5°

Rovnice rovnováhy pro nadstavbu

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (36)$$

$$-F_Z \cdot \sin(\beta) - F_{OX} = 0 \quad (37)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (38)$$

$$F_Z \cdot \cos(\beta) - F_{PMPK} - 2 \cdot F_{BMPK} + F_{OY} - F_{TNAS} + R_N - F_{PMZK} - 2 \cdot F_{BMZK} = 0 \quad (39)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iA} = 0 \quad (40)$$

$$-F_Z \cdot \cos(\beta) \cdot L_{ZA} + F_{PMPK} \cdot L_{M1PA} + 2 \cdot F_{BMPK} \cdot L_{M2PA} - F_{TNAS} \cdot L_{TA} + R_N \cdot L_{NA} - F_{PMZK} \cdot L_{M1ZA} - 2 \cdot F_{BMZK} \cdot L_{M2ZA} = 0 \quad (41)$$

Rovnice rovnováhy pro oj

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad (42)$$

$$-F_{TX} + F_Z \cdot \sin(\beta) + F_{OX} = 0 \quad (43)$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 \quad (44)$$

$$F_{TY} - F_{TO} - F_Z \cdot \cos(\beta) - F_{OY} = 0 \quad (45)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iB} = 0 \quad (46)$$

$$-F_{TY} \cdot L_{TZA} + F_{TO} \cdot L_{TO} + F_Z \cdot \cos(\beta) \cdot L_{ZA} = 0 \quad (47)$$

Tab. 6.: Vypočítané neznámé v absolutní hodnotě stanovené pomocí programu MATLAB

Veličina	Označení	Hodnota
Zdvihací síla-osová síla v pohybovém šroubu	F_Z	864
Vodorovná složka zdvihací síly [N]	F_{ZX}	819
Svislá složka zdvihací síly [N]	F_{ZY}	274
Reakce v ose kola [N]	R_N	6320
Svislá síla působící na čep [N]	F_{OY}	525
Vodorovná síla působící na čep [N]	F_{OX}	274
Síla působící na tažné zařízení ve vodorovném směru [N]	F_{TX}	0
Síla působící na tažné zařízení ve svislém směru [N]	F_{TY}	569

Z uvedené tabulky plyne, že hledaná maximální osová síla ve zvedáku F_Z , dále značená Q , odpovídá hodnotě 864 N.

8.4.1. Návrh a kontrola pohybového šroubu

V následující části jsou předběžně navrženy rozměry pohybového šroubu, které jsou následovně zkontrolovány dle příslušných pevnostních podmínek. [46] [47]

Předběžné stanovení středního průměru závitu pohybového šroubu

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot p_D}} = \sqrt{\frac{864}{\pi \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 7}} = 7,24 \text{ mm} \quad (48)$$

Součinitelé voleny dle literatury:

$$\psi_h = \frac{h}{d_2} = 1,5 \quad (49)$$

$$\psi_H = \frac{H_1}{P} = 0,5$$

Dovolený kontaktní tlak: $p_D = 7 \text{ MPa}$

Z důvodu předpokládaného značného působení vzpěru volím $d_2 = 18 \text{ mm}$. (50)

Předběžně navrhnut zvit Tr 20x4 dle DIN 103, kde materiál šroubu je ocel

C45E s mezí kluzu $\sigma_{RE} = 370 \text{ MPa}$

Tab. 7.: Hlavní parametry závitu

Veličina	Označení	Hodnota
Jmenovitý průměr závitu [mm]	d	20
Střední průměr závitu [mm]	d_2	18
Malý průměr závitu šroubu [mm]	d_3	15,5
Malý průměr závitu matice [mm]	D_1	16
Rozteč [mm]	P	4
Výška matice [mm]	h	30
Počet chodů závitu [-]	i	1
Polovina vrcholového úhlu [°]	β'	15

Pracovní výška profilu závitu:

$$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = \frac{20 - 16}{2} = 2 \text{ mm} \quad (51)$$

Počet činných/nosných závitů:

$$z = \frac{h}{P} = \frac{30}{4} = 7,5 \sim 7 \quad (52)$$

Kontrola závitu na otláčení

$$p = \frac{Q}{z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1} = \frac{864}{7 \cdot \pi \cdot 18 \cdot 2} = 1,1 \text{ MPa}$$
$$p < p_D = 7 \text{ MPa} \quad (53)$$

Vyhovuje

Kontrola závitu na kombinované namáhání-tlak a smyk

Tlak:

$$\sigma_d = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 864}{\pi \cdot 15,5^2} = 4,58 \sim 4,6 \text{ MPa} \quad (54)$$

Výpočet kroutícího momentu v závitu:

$$M_K = Q \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \varphi') = 864 \cdot \frac{18}{2} \cdot \tan(4,05^\circ + 7,08^\circ) = 1530 \text{ N} \quad (55)$$

Úhel stoupání:

$$\gamma = \arctan\left(\frac{i \cdot P}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctan\left(\frac{1 \cdot 4}{\pi \cdot 18}\right) = 4,05^\circ \quad (56)$$

Třecí úhel:

$$\varphi' = \arctan\left(\frac{f}{\cos(\beta_n)}\right) = \arctan\left(\frac{0,12}{\cos(14,96^\circ)}\right) = 7,08^\circ \quad (57)$$

$$\beta_n = \arctan(\tan(\beta) \cdot \cos(\gamma)) = \arctan(\tan(15^\circ) \cdot \cos(4,05^\circ)) = 14,96^\circ \quad (58)$$

Smyk:

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot d_3^3} = \frac{16 \cdot 1530}{\pi \cdot 15,5^3} = 2,09 \sim 2,1 \text{ MPa} \quad (59)$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_d^2 + (\alpha \cdot \tau)^2} = \sqrt{4,6^2 + (2 \cdot 2)^2} = 6,23 \sim 6,3 \text{ MPa} \leq \sigma_D \quad (60)$$

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{RE}}{k_{min}} = \frac{370}{3} \sim 120 \text{ MPa} \quad (61)$$

$$\sigma_{RED} = 6,3 < \sigma_D = 120 \text{ MPa} \quad (62)$$

Vyhovuje

Kontrola samosvornosti

Úhel stoupání: $\gamma = 4,05^\circ$

Třecí úhel: $\varphi' = 7,08^\circ$

$$\gamma < \varphi' \quad (63)$$

Podmínka vyhovuje, samosvornost zajištěna.

Kontrola na vzpěr

Štíhlost:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i_x} = \frac{2 \cdot 310}{3,875} = 160$$

(64)

$\lambda > 40 \rightarrow$ nutnost kontroly na vzpěr

Korekční součinitel-první případ vzpěru: $\mu = 2$.

Délka pohybového šroubu: $L=400$ mm.

Poloměr setrvačnosti průřezu i_x :

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A_3}} \rightarrow \text{pro kruhový průřez } i_x = \frac{d_3}{4} = \frac{15,5}{4} = 3,875 \text{ mm}$$

(65)

Kontrola na vzpěr dle Eulera:

$$\text{Plyne z podmínky: } \lambda_m = 90 < \lambda = 160$$

(66)

Kritické napětí:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000}{160^2} = 80,96 \sim 80 \text{ MPa}$$

(67)

Modul pružnosti v tahu: $E=210\,000$ MPa

Součinitel bezpečnosti-pružná oblast vzpěru dle Eulera:

$$k_V = \frac{\sigma_E}{\sigma_d} = \frac{80}{4,6} = 17,4 \sim 17 > k_{V_{MIN}} = 3,5$$

(68)

Kontrola pohybového šroubu na vzpěr je vyhovující.

Rychlost posuvu:

$$c = \frac{i \cdot P \cdot \omega_f}{2 \cdot \pi} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1}{2 \cdot \pi} = 4 \text{ mm/s}$$

(69)

Předpokládáno je, že uživatel bude konat 1 otáčku za sekundu.

Doba potřebná pro sklopení ložné plochy do maximálního možného úhlu naklopení:

$$t = \frac{L}{c} = \frac{310}{4} = 77,5 \text{ s}$$

(70)

Předpokládáno je, že uživatel bude konat 1 otáčku za sekundu.

Výpočet minimální síly potřebné k vysouvání zvedáku:

$$Fr = \frac{Mk}{a} = \frac{1530}{122,5} = 12,5 \sim 13 \text{ N}$$

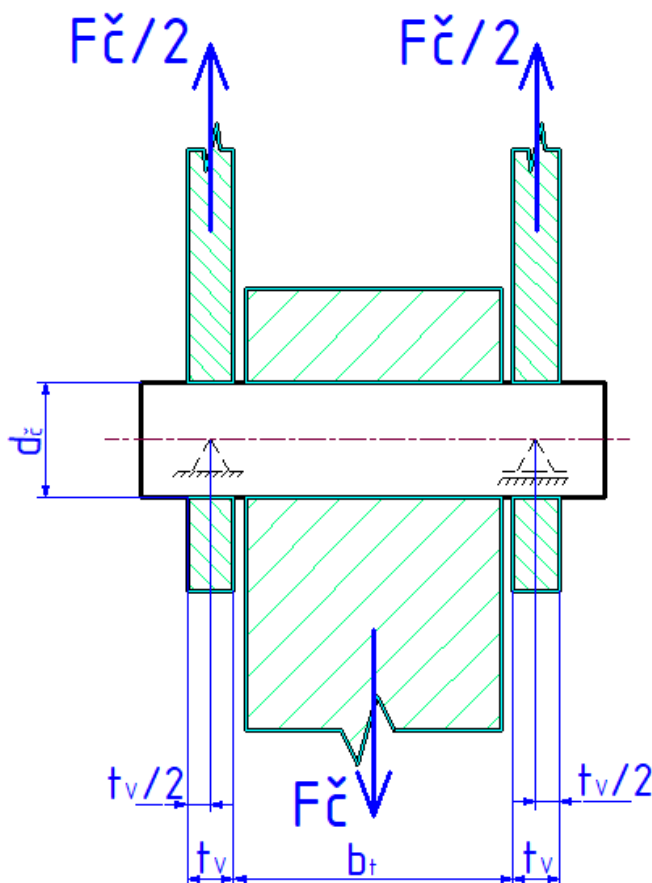
(71)

Otočná páka $a=122,5$ mm

Pro uvedení mechanismu pohybového šroubu do provozu je potřeba vyvinout sílu na klíce alespoň 13 N, což odpovídá zatížení 1,3 kg.

8.5. Kontrola spojovacího čepu

Rám přívěsného vozíku je z důvodu sklápění kloubově spojen s ojí. Nejvíce namáhanou součástí tohoto spoje je čep, který je z pevnější oceli E295. Kontrola čepu je zaměřena pouze na stav sklápění, kdy přívěs stojí na místě a dochází pouze k postupnému sklápění nástavby. Dle silového rozboru v kapitole 8.4. byly stanovené největší síly působící na čep při počátku sklápění, jejich hodnoty jsou $F_{OX} = 274 \text{ N}$ a $F_{OY} = 525 \text{ N}$. Následuje pevnostní kontrola čepu dle vyobrazeného nákresu.



Obrázek 64: Nákres táhla

Tab. 8.: Vstupní údaje pro kontrolu čepu

Veličina	Označení	Hodnota
Průměr čepu [mm]	$d_{\check{c}}$	20
Šířka táhla [mm]	b_t	50
Tloušťka vidlice [mm]	t_v	5
Mez kluzu čepu [MPa]	R_e	285
Bezpečnost [-]	k	3

Pevnostní výpočet čepu

Výpočet maximální síly působící na čep $F_{\check{c}}$:

$$F_{\check{c}} = \sqrt{F_{Ox}^2 + F_{Oy}^2} = \sqrt{274^2 + 525^2} = 592 \text{ N} \quad (72)$$

Stanovení dovoleného napětí v ohybu:

$$\sigma_{D.O} = \frac{R_e}{k} = \frac{285}{3} \sim 95 \text{ MPa} \quad (73)$$

Stanovení dovoleného napětí ve smyku:

$$\tau_D = (0,6 \div 0,7) \cdot \sigma_{D.O} = (0,6 \div 0,7) \cdot 95 \sim 60 \text{ MPa} \quad (74)$$

Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_D \quad (75)$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{592}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 0,94 \text{ MPa} < \tau_D = 60 \text{ MPa} \quad (76)$$

Vyhovuje

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D = 50 \text{ MPa} \quad (77)$$

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot t_v \cdot d_{\check{c}}} = \frac{592}{2 \cdot 5 \cdot 20} = 2,96 \text{ MPa} < p_D \quad (78)$$

Vyhovuje

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F}{b_t \cdot d_{\check{c}}} = \frac{592}{50 \cdot 20} = 0,6 \text{ MPa} < p_D \quad (79)$$

Vyhovuje

Kontrola na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{D.O} = 95 \text{ MPa} \quad (80)$$
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F \cdot (b_t + t_v)}{2}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{\frac{592 \cdot 55}{2}}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 10,4 \text{ MPa} < \sigma_{D.O}$$

Vyhovuje

Kontrola na redukované namáhání:

$$\sigma_{RED} \leq \sigma_{D.O} = 95 \text{ MPa} \quad (81)$$

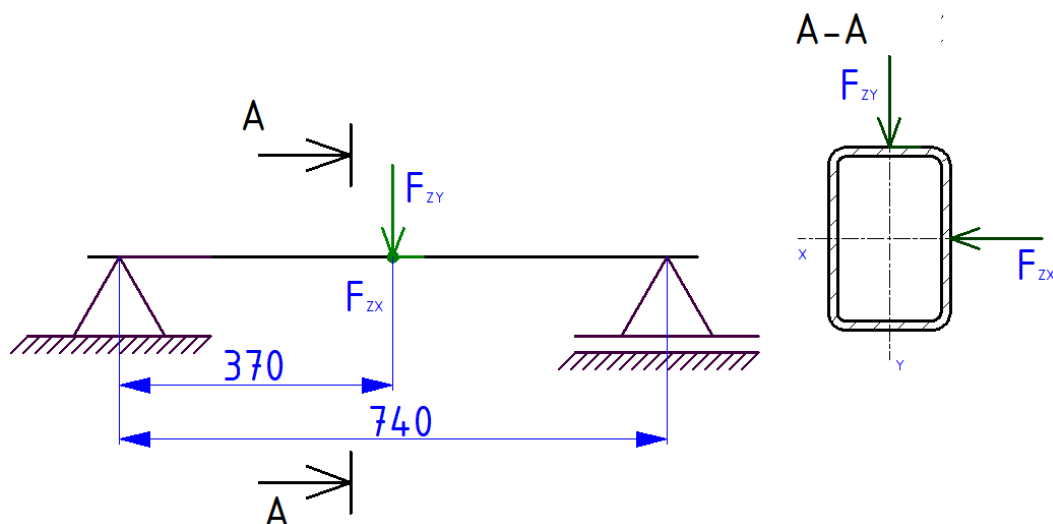
$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + (2 \cdot \tau_s)^2} = \sqrt{10,4^2 + (2 \cdot 0,94)^2} = 10,6 \text{ MPa} < \sigma_{D.O} \quad (82)$$

Vyhovuje

Pevnostní kontrola čepu pro stav sklápění proběhla úspěšně, pro tuto aplikaci je možné použít čep v zadaných rozměrech.

8.6. Kontrola rozpěry oje

Na rozpěru oje působí síly od šroubového zvedáku při sklápění ložné plochy. Vlivem úhlového naklonění zvedáku působí na rozpěru síly ve dvou osách, jedná se tedy o šikmý ohyb. V následující části je provedena kontrola na ohyb. Svislá složka rozložené zdvihací síly F_{ZY} má hodnotu 820 N a vodorovná složka F_{ZX} 275 N. Materiál rozpěry je běžně dostupná ocel S235 JR.



Obrázek 65: Zjednodušený 2D model rozpěry oje

Moduly průřezu v ohybu jsou dohledány přímo pro daný profil na stránkách Ferony, kdy $W_{oX} = 6730 \text{ mm}^3$, $W_{oY} = 8460 \text{ mm}^3$.

Tab. 9.: Vstupní údaje pro kontrolu rozpěry oje

Veličina	Označení	Hodnota
Síla ve směru osy X [N]	F_{ZX}	274
Síla ve směru osy Y [N]	F_{ZY}	819
Modul průřezu v ohybu v ose Y [mm^3]	W_{oY}	8460
Modul průřezu v ohybu v ose X [mm^3]	W_{oX}	6730
Mez kluzu materiálu rozpěry [MPa]	R_e	235
Bezpečnost [-]	k	3

Pevnostní kontrola rozpěry oje

Stanovení maximálního ohybového momentu v ose x:

$$M_{oX_{MAX}} = \frac{F_{ZX} \cdot l_r}{4} = \frac{274 \cdot 740}{4} = 50\,690 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (83)$$

Stanovení maximálního ohybového momentu v ose y:

$$M_{oY_{MAX}} = \frac{F_{ZY} \cdot l}{4} = \frac{819 \cdot 740}{4} = 151\,515 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (84)$$

Ohybové napětí v ose x:

$$\sigma_{oX_{max}} = \frac{M_{oX_{MAX}}}{W_{oX}} = \frac{50\,690}{6730} = 7,53 \sim 7,6 \text{ MPa} \quad (85)$$

Ohybové napětí v ose y:

$$\sigma_{OY \max} = \frac{M_{OY \max}}{W_{OY}} = \frac{151\,515}{8460} = 17,91 \sim 18 \text{ MPa} \quad (86)$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{RED} = \sigma_{OX \max} + \sigma_{OY \max} = 7,6 + 18 = 25,6 \text{ MPa} \quad (87)$$

Pevnostní podmínka pro kontrolu na ohyb:

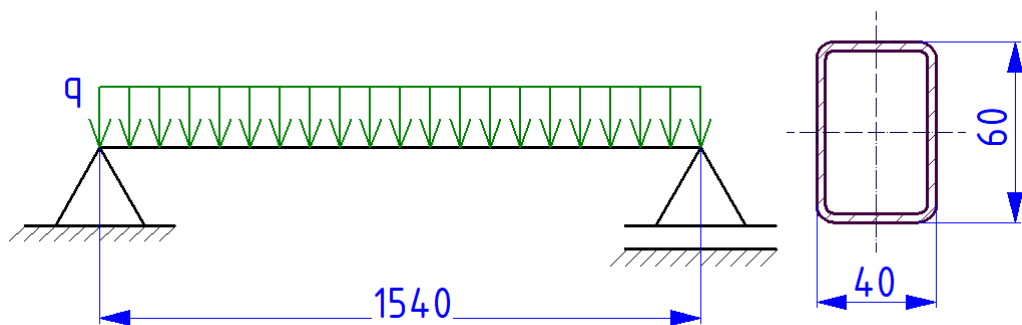
$$\sigma_{RED} \leq \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{3} \sim 78 \text{ MPa} \quad (88)$$

$$\sigma_{RED} = 25,6 \text{ MPa} < \sigma_D = 78 \text{ MPa}$$

Pevnostní podmínka vyhovuje.

8.7. Kontrola příčného uzavřeného profilu rámu

V praxi by kontrola rámu přívěsného vozíku spočívala v simulaci pomocí metody konečných prvků, jejíž použití není předmětem této práce. V rámci rozsahu práce je analytickým výpočtem provedena zjednodušená kontrola příčky rámu při uvažování 2 zátěžných stavů. V prvním případě se působení hmotnosti nákladu rovnoměrně rozdělí do všech 4 příček. V druhém stavu je uvažováno, že většinu zatížení od motocyklů pohltí příčky umístěné pod koly. Síly od kol motocyklů působí do jednoho místa na podlahu tvořenou z překližky, která roznáší jejich působení na větší plochu, proto je uvažováno spojitě zatížení na profilu příčně uloženém v rámu.



Obrázek 66: Zatížení příčného uzavřeného profilu

Tab. 10.: Vstupní údaje pro kontrolu příčnicku rámu

Veličina	Označení	Hodnota
Suchá hmotnost jednoho motocyklu [kg]	m_m	149
Hmotnost překližky [kg]	m_p	33
Modul průřezu v ohybu v ose Y [mm^3]	W_{OY}	8460
Mez kluzu materiálu příčného profilu [MPa]	R_e	235
Bezpečnost [-]	k	3

8.7.1. Rovnoměrné zatížení příčného uzavřeného profilu

Na každý profil působí rovnoměrně rozdělená hmotnost motocyklů $m_m = 447 \text{ kg}$ a hmotnost ložné plochy tvořené z překližky $m_p = 33 \text{ kg}$. Délka profilu je 1540 mm.

Zatížení působící na jeden příčný uzavřený obdélníkový profil:

$$m_{\text{příčky}} = \frac{m_m}{4} + \frac{m_p}{4} = \frac{447}{4} + \frac{33}{4} = 120 \text{ kg} \quad (89)$$

Výpočet spojitého zatížení působícího na příčný uzavřený obdélníkový profil:

$$q = \frac{m_{\text{příčky}} \cdot \vec{g}}{l} = \frac{120 \cdot 9,81}{1540} = 0,764 \sim 0,77 \text{ N/mm} \quad (90)$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{O_{MAX}} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0,77 \cdot 1540^2}{8} = 228\,266,7 \sim 228\,300 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (91)$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_{O_{MAX}} = \frac{M_{O_{MAX}}}{W_{O_Y}} = \frac{228\,300}{8460} = 26,99 \sim 27 \text{ MPa} \quad (92)$$

Pevnostní podmínka-kontrola na ohyb:

$$\sigma_{O_{MAX}} \leq \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{3} \sim 78 \text{ MPa} \quad (93)$$

$$\sigma_{O_{MAX}} = 27 \text{ MPa} < \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{3} \sim 78 \text{ MPa} \quad (94)$$

Pevnostní podmínka vyhovuje.

Z následující pevnostní podmínky plyne, že jsou navržené uzavřené obdélníkové profily dostačující, při předpokladu rovnoměrného roznesení zatížení. Ve skutečnosti jsou však výrazně více namáhány profily umístěné v oblasti pod koly přepravovaných motocyklů, následuje tedy kontrola s předpokladem odlišného silového působení na jednotlivé příčníky rámu.

8.7.2. Nerovnoměrné zatížení příčného uzavřeného profilu

V následujícím případě je uvažováno, že 70 % hmotnosti motocyklů $m_m = 447 \text{ kg}$ se rozdělí mezi přední a zadní příčku, nad nimiž dosedají kola motocyklů na podlahu. Hmotnost ložné plochy tvořené z překližky $m_p = 33 \text{ kg}$ se rozdělí rovnoměrně mezi profily. Délka jednoho příčně usazeného profilu je 1540 mm. Kontrola je uskutečněna pouze na více namáhané příčné profily rámu.

Zatížení působící na jeden příčný uzavřený obdélníkový profil:

$$m_{\text{příčky}} = 0,35 \cdot m_m + \frac{m_p}{4} = 0,35 \cdot 447 + \frac{33}{4} = 164,7 \text{ kg} \quad (95)$$

Výpočet spojitého zatížení působícího na příčný uzavřený obdélníkový profil:

$$q = \frac{m_{\text{příčky}} \cdot \vec{g}}{l_p} = \frac{164,7 \cdot 9,81}{1540} = 1,05 \text{ N/mm} \quad (96)$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{o_{MAX}} = \frac{q \cdot l_p^2}{8} = \frac{1,05 \cdot 1540^2}{8} = 311\,272,5 \sim 311\,300 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (97)$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_{o_{MAX}} = \frac{M_{o_{MAX}}}{W_o} = \frac{311\,300}{8460} = 36,8 \sim 37 \text{ MPa} \quad (98)$$

Pevnostní podmínka-kontrola na ohyb:

$$\sigma_{o_{MAX}} \leq \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{3} \sim 78 \text{ MPa} \quad (99)$$

$$\sigma_{o_{MAX}} = 37 \text{ MPa} < \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{3} \sim 78 \text{ MPa} \quad (100)$$

Pevnostní podmínka vyhovuje.

V obou případech kontrola na ohyb příčného uzavřeného obdélníkového profilu vyšla jako vyhovující v případě nakládky 3 vzorových motocyklů KTM Duke 390.

9. Ekonomické zhodnocení přívěsu

Před uvedením jakéhokoliv výrobku na trh je nutné zhodnotit jeho výrobní náklady v porovnání s jeho reálnou tržní hodnotou, kterou budou zákazníci ochotni zainvestovat. Reálnou prodejní cenu lze zjistit předběžným průzkumem trhu s obdobnými výrobky. Výsledkem ekonomického zhodnocení je určení, zdali je konkrétně univerzální přívěsný vozík pro přepravu motocyklů schopen kvalitativně a cenově konkurovat na trhu dostupným přívěsům, a má-li smysl spouštět jeho výrobu s vizí zisku. Kalkulace nákladů zohledňuje ceny polotovarů, nakupovaných dílčích komponent a ostatní nezbytné náklady spojené s výrobou. Orientační náklady za jednotlivé komponenty přívěsu jsou přehledně zapsány v tabulce, kde je i uvedena jejich hmotnost pro stanovení pohotovostní hmotnosti přívěsného vozíku. Ceny a hmotnosti byly zjištěny na již citovaných stránkách nabízejících náhradní díly na přívěsné vozíky.

Tab. 11.: Nakupované komponenty

Položka	Počet kusů	Hmotnost všech kusů [kg]	Celková cena s DPH [Kč]
Náprava Knott VG-7 (750 kg)	1	29	7117
Blatník Dema 75x22 cm	2	5	2042
Pneumatiky Kenda KR209 Kargotrail 165/70 R13	2	11	2174
Disky 4,5J x 13 ET 30 (STARCO)	2	12,86	1466
Šroub kola M12x1,5	8	0,5	312
Tažný kloub AL-KO	1	1,3	322
Základna tažného kloubu VAPP	1	2	510
Opěrné kolečko AL-KO 48	1	5	651
Držák opěrného kolečka CO-01	1	0,5	119
Šroubový klikový zvedák-obdobná konstrukce	1	3,8	1389
Uzávěr korby ZB-03 s protikusem	2	1,25	453
Pant zadního čela BSCH	2	0,72	264
Pant předního čela BSCH	2	0,2	78
Uzávěr bočnic ZB-06 včetně protikusu	4	0,7	678
Kotvící oko 90x30 mm	4	0,9	267
Zapuštěná kotvící miska Vezeko	8	4,1	2080
Podlaha z překližky 15 mm	1	35	3500
Držáky motocyklů VAPP	3	30,3	8268
Nájezd	1	3	1204
Ruční šroub pro uchycení nájezdu	2	0,1	158
Jistící lanko	1	0,1	80
Zadní svítlna MULTIPOINT	2	1	484
Led osvětlení RZ	2	0,2	388
Přední poziční světlo	2	0,15	330
Elektroinstalace	1	1,5	787
Spojovací a drobný materiál	N	5	1000
Celkem		155,38	36121

Tab. 12.: Hutní polotovary od firmy Ferona

Polotovar	Počet metrů	Celková cena s DPH [Kč]
U profil 80x40x3	11	1699
U profil 160x60x4	1,5	526
Uzavřený obdélníkový profil	7	965
Vyztužující plech 3 mm	-	569
Uzavřený obdélníkový profil 40x25x2	0,5	33
Pozinkovaný ocelový plech 1 mm (bočnice)	-	1408
Pozinkovaný ocelový plech (sloupky)	-	628
Hliníkový slízkový plech 1,5 mm		450
Ostatní hutní materiál	-	100
Celkem		6378

Mezi další náklady spojené s výrobou se řadí pozinkování konstrukce, cena pozinku odpovídá okolo 30 Kč za 1 kg. V případě rámu přívěsu se jedná o konstrukci s hmotností okolo 100 kg. Cena za povrchovou úpravu zinkem je stanovena na 3000 Kč.

Celkové náklady spojené s kusovou výrobou univerzálního přívěsného vozíku pro přepravu motocyklů činí po zaokrouhlení 45 500 Kč bez započítání mezd. Cena se může zdát vysoká. Na trhu začínají nejlevnější přívěsné vozíky pro přepravu motocyklů na 25 000 Kč, ovšem ve srovnatelné kvalitě provedení je cenová hladina okolo 40 000 až 60 000 Kč. Tyto nabízené vozíky jsou jednoúčelové, za srovnatelnou cenu je možné získat navržený přívěsný vozík, jehož variabilita použití nemá na trhu obdoby.

10. Závěr

V rámci této bakalářské práce byl uskutečněn návrh univerzálního přívěsného vozíku určeného zejména pro příznivce motocyklismu, kteří přívěs využijí nejenom pro přepravu svých strojů, ale také k potřebám převozu různorodé nakládky, jako je například zemina či zahradní technika. Návrh byl proveden s ohledem na legislativní požadavky nutné pro schválení vozidla pro provoz na pozemních komunikacích.

Jelikož předpokladem byl návrh přípojného vozidla kategorie O1, bylo potřeba při návrhu konstrukce dbát na minimalizaci váhy samotného přívěsu. Tato kategorie vozidel má maximální přípustnou hmotnost pouhých 750 kg, což značně omezuje nosnost.

První část práce se zaměřuje na základní rozdělení jízdní soupravy a popisuje rozdílnost návěsu a přívěsu. V návaznosti na toto úvodní rozdělení pokračuje rešerše o běžně používaných přívěsných vozících za osobní automobily. Tento přehled v sobě nese informace o pořizovacích cenách a specifikách konstrukce jednotlivých typů přívěsných vozíků aktuálně dostupných na trhu. Z tohoto rozboru vyplynulo, že trh nenabízí přívěsný vozík s takovou variabilitou, pouze ji lze docílit zásadnější úpravou u hromadně vyráběných kousků či přímo zakázkovou výrobou.

Ve druhé části jsou uvedeny legislativní požadavky potřebné pro schválení přípojného vozidla k provozování na pozemních komunikacích s detailním rozbohem osvětlení. Přívěsný vozík je zařazen do kategorie O1, z toho vyplynulo, že se bude jednat o přívěs nebrzděný s již zmíněnou maximální přípustnou hmotností 750 kg, kdy pro možnou spojitelnost s automobily je dané homologované spojovací zařízení.

Třetí část se zabývá samotným koncepčním návrhem přívěsného vozíku. V úvodu jsou představeny jednotlivá možná provedení přívěsného vozíku, včetně seznámení s jejich podstatnými parametry. Podstatnou částí je rám, který je svařovaný z normalizovaných polotovarů s ohledem na ekonomickou stránku věci. Výhodný poměr hmotnosti a únosnosti má U profil, proto je použit na základní obdélníkovou konstrukci rámu a tažnou oj. Pro vyztužení rámu jsou použity obdélníkové uzavřené profily jako příčníky. Ty jsou také přivařené v rozích pro následné ukotvení sloupků bočnic. Veškeré hutní polotovary, od výrobce s názvem Ferona, jsou z konstrukční oceli S235 JR. Tato ocel dostačuje pro tento účel svými materiálovými vlastnostmi. Následuje výběr homologovaných dílů, které by se nevyplatilo vyrábět, je podstatně jednodušší a levnější jejich nákup. Náprava pracující na principu zkrutných pryžových elementů byla zvolena od firmy KNOTT. Tento druh náprav je dostačující pro parametrově menší, lehčí přívěsy. Mezi jeho přednosti se řadí nenáročnost na údržbu a dostatečná živostnost. Za zmínku stojí navržené kvalitní pneu Kenda KR209 Kargotrail v rozměru 165/70 R13 pro lepší jízdní vlastnosti. Na trhu se obdobné přívěsy osazují užšími pneumatikami, nejčastěji v rozměru 155/70 R13. Podlaha je tvořená standartně, z vodovzdorné překližky o síle 15 mm, na níž se pro případ převozu motorek jednoduše přišroubují držáky předních kol motocyklů od firmy VAPP. Při návrhu byla dodržována podmínka jednoduchosti provedení. Bočnice i čela je možné demontovat ručně. Zadní čelo je navržené tak, aby sloužilo i za účelem nájezdni rampy. Většina

přívěsných vozíků pro přepravu motocyklů má nájezd, jež je uchycen přímo na ložné ploše. Toto řešení v praxi překáží při manipulaci s nákladem. Na tuto problematiku bylo reagováno navržením speciálních držáků na nájezd, které jsou umístěné pod ložnou plochou.

Čtvrtá část je věnována kontrole základních konstrukčních uzlů. Při jízdě s přívěsem nesmí docházet k odlehčování zadní nápravy tažného automobilu. Poloha nápravy přívěsného vozíku je výpočtem navržena tak, aby bylo zajištěné optimální svislé zatížení tažného zařízení pro výhodné jízdní vlastnosti soupravy v naloženém i prázdném stavu. Navržené profily rámu vyhověly daným pevnostním podmínkám. Důraz byl kladen také na funkční zvedací mechanismus, který dle výsledků pevnostních výpočtů umožňuje pohodlné naklápění plně, třemi motocykly naložené ložné plochy, a tím výrazně zjednodušuje jejich nakládku a vykládku.

V závěru této práce je přívěs ekonomicky zhodnocen. Z výsledků je definováno, že přívěs je schopen cenově konkurovat na trhu nabízeným kouskům. Při uvážení obrovské variability použití dokonce nemá na nynějším trhu přímého konkurenta. Jednoduchost a kvalita konstrukčního provedení zaručuje dlouhou trvanlivost s možností náhrady jednotlivých homologovaných součástí. Navržený přívěs je vizí toho, že je možné nahradit na trhu běžně používané jednoúčelové přívěsy určené pouze k převozu motocyklů. Uživatelé získají možnost přepravy různorodého nákladu bez nutnosti vlastnění více druhů jednoúčelových přívěsných vozíků. Mnoho lidí si pořízuje klasický valníkový přívěs, na kterém poté převáží i motocykly. Tento druh přívěsu nemá záchyty předních kol motocyklů a vhodné kotvící body, často dochází k pádu motocyklu během jízdy. Navržený přívěsný vozík může docílit i výrazně vyšší bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích.

S ohledem na zadání se podařilo vyhotovit 3D model přívěsu v programu Autodesk Inventor a dále příslušnou výkresovou dokumentaci, která je přiložená k této bakalářské práci. V příloze jsou také detailně vyobrazeny modely jednotlivých konstrukčních uskupení přívěsného vozíku, konkrétně pro případ převozu buginy a třech motocyklů.

Seznam použité literatury

- [1] Zákon č. 56/2001 Sb.: Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. online. *In: Zákony pro lidi*. 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56>. [cit. 2023-10-15].
- [2] Vyhláška č. 153/2023 Sb.: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. online. *In: Zákony pro lidi*. 2010. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-153/zneni-20230624#p12_p12-1. [cit. 2023-10-29].
- [3] 32018R0858: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/858 ze dne 30. května 2018 o schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla a o dozoru nad trhem s nimi, o změně nařízení (ES) č. 715/2007 a č. 595/2009 a o zrušení směrnice 2007/46/ES (Text s významem pro EHP.). online. *In: Zákony pro lidi*. 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoEU/dokument?celex=32018R0858&date=20230730#12>. [cit. 2023-11-18].
- [4] VLK, František. Stavba motorových vozidel. 1. vydání. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [5] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. 1. vydání. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-9681-4.
- [6] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA, Jiří. *Automobily Podvozky* 1. 6. vydání. Brno: Avid, spol. s r. o, 2021. ISBN 978-80-87143-40-7.
- [7] Čtyřosý točnicový přívěs AGD 3500kg 7260x2040mm. online. *In: Alaspro*. Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/tocnicove-privesy/ctyrosy-tocnicovy-prives-agd-3500kg-7260x2040mm/>. [cit. 2023-10-29].
- [8] Brenderup 5375ATB 2500 kg. online. *In: Rajprivesu.cz*. 2022. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Brenderup-5375-AL-2500-kg-375x180x35-d2846.htm>. [cit. 2024-05-05].
- [9] *Vezeko*. online. Dostupné z: <https://www.vezeko.cz/cs/>. [cit. 2023-11-05].
- [10] *Autovia*. online. Dostupné z: <https://www.autovia.cz/>. [cit. 2023-11-05].
- [11] Nebrzděný přívěs APV N1 750kg 2100x1280mm. online. *In: Alaspro*. Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/preklizkove-bocnice/nebrzdeny-prives-apv-n1-750kg-2100x1280mm/>. [cit. 2023-11-05].
- [12] Přívěs Neptun Nordica N20-420 2 KPS (420x215x40). online. *In: Přívěsy 1*. Dostupné z: <https://www.privesy1.cz/prives-neptun-nordica-n20-420-2-kps--420x215x40-/>. [cit. 2023-11-05].
- [13] *Svět vozíků*. online. Dostupné z: <https://www.svetvoziku.cz/>. [cit. 2023-11-05].
- [14] Hydraulicky sklopný přívěs Dung. online. *In: Vezeko*. Dostupné z: <https://www.vezeko.cz/cs/privesy-a-nastavby/2035-dung>. [cit. 2024-05-05].

- [15] Sklopný přívěs HANDY-8 750 kg. online. *In: Agados trailers.* Dostupné z: <https://www.agados.cz/prives-handy-8-sklopny-rampa-n1-750-kg/>. [cit. 2024-05-05].
- [16] Třístranný sklápěč ALS 3500kg 3300x1700mm. online. *In: Alaspro.* Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/privesy/tristranny-sklapec-als-3500kg-3300x1700mm/>. [cit. 2024-05-05].
- [17] Brzděný hydraulicky spouštěný přívěs AAS 1400kg 2600x1550mm. online. *In: Alaspro.* Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/sklapec-privesy/nebrzdeny-hydraulicky-spousteny-prives-aas-750kg-2600x1550mm/>. [cit. 2023-11-12].
- [18] Autopřevravník s alu výplní APL-2700 kg, 4500x2100mm. online. *In: Alaspro.* Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/prepravniky-aut-a-dopravni-techniky/autoprepravnik-s-alu-vyplni-apl-2700kg-4500x2100mm/>. [cit. 2024-05-05].
- [19] TVRDÝ, Josef. *Koncepční návrh přepravního vozu pro domestikované zvíře.* Diplomová práce, vedoucí Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2016. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=128553.
- [20] PT 2700 L – přepravník na 2 koně, 2700 kg, 3100 x 1580 mm, výška 2200 mm. online. *In: Vypos.* Dostupné z: <https://www.vypos.cz/obchod/privesne-voziky/privesy-na-prepravu-koni-a-zvirat/pt-2700-l-prepravnik-na-2-kone-2700-kg-3400-x-1590-mm-vyska-2200-mm/>. [cit. 2023-11-05].
- [21] BARTOŠÍK, Jan. *Obytný minikaravan.* online, Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jan Brandejs, CSC. Brno: Vysoké technické učení v Brně, 2013. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65875. [cit. 2023-11-12].
- [22] Skříňový přívěs AVZ 35 2700kg 3500x1700x1970mm. online. *In: Alaspro.* Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/univerzalni-skrinove-privesy/skrinovy-prives-avz-35-2700kg-3500x1700x1970mm/>. [cit. 2023-11-12].
- [23] PŘEPRAVNÍK STAVEBNÍCH STROJŮ BAT B30.36 BRZDĚNÝ, 3000 KG. online. *In: Svět vozíků.* Dostupné z: <https://www.svetvoziku.cz/prepravniky-stavebnich-stroju-bat/623-prepravnik-stavebnich-stroju-bat-b3036-brzdeny-3000-kg.html>. [cit. 2023-11-12].
- [24] *Provleky.cz.* online. Dostupné z: <https://www.provleky.cz/>. [cit. 2023-11-12].
- [25] Lodní přívěs TEMA B20. online. *In: Rajprivesu.cz.* 2022. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Lodni-prives-B20-VZ-d2951.htm>. [cit. 2024-05-05].
- [26] Přívěsný vozík 2,5x1,48 m Kangaro 15 B1 brzděný na přepravu až 3 moto. online. *In: Toni car trailers.* Dostupné z: https://www.privesy-eshop.cz/privesy-dle-nosnosti_c21/privesny-vozik-toni-car-kangaro-15-na-prepravu-3-moto-brzdeny_p185. [cit. 2023-11-12].
- [27] Karavan Hobby Ontour. online. *In: Karavany Burimex.* 2010. Dostupné z: <https://karavany.burimex.cz/nove/hobby/ontour/>. [cit. 2023-11-12].
- [28] Zákon č. 361/2000 Sb.: Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). online. *In: Zákony pro lidi.* 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361#cast1>. [cit. 2023-11-18].

- [29] Vyhláška č. 209/2018 Sb.: Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. online. In: *Zákony pro lidi*. 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-209>. [cit. 2023-11-18].
- [30] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 48 – Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci. online. In: *Esipa*. 2002. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42019X0057>. [cit. 2023-11-26].
- [31] Zákonná ustanovení podle předpisu EHK č. 48. online. In: HELLA. Dostupné z: https://stk-spara.cz/repository/images/soubory/673_Legal_Requirements_Brochure_HELLA_CZ.pdf. [cit. 2023-11-26].
- [32] *VYCHODIL, Marek*. Víceúčelový přívěs. Diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2014.
- [33] *Honda*. online. Dostupné z: <https://www.honda.cz/motorcycles.html>. [cit. 2024-04-03].
- [34] *KTM racetool racing*. online. Dostupné z: <https://www.racetool.cz/ktm/>. [cit. 2024-04-03].
- [35] *CFMOTO*. online. Dostupné z: <https://cfmoto.cz/>. [cit. 2024-04-03].
- [36] *Ferona*. online. 2017. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>. [cit. 2024-05-11].
- [37] *Šroubyonline.cz*. online. Dostupné z: <https://www.sroubyonline.cz/>. [cit. 2024-05-11].
- [38] *Příručka žárového zinkování*. online. In: Asociace českých a slovenských zinkoven. Prosinec 2011. Ostrava, s. 1-60. Dostupné z: <https://zarova-zinkovna.mea.cz/upload/ck/files/prirucka-zaroveho-zinkovani.pdf>. [cit. 2024-03-10].
- [39] *Dema blatník na přívěs*. online. In: DEMAshop. 2018. Dostupné z: <https://demashop.cz/prislušenstvi-pro-privesy/dema-blatnik-na-prives-75x22-cm-98.html>. [cit. 2024-03-17].
- [40] *Vapp*. online. Dostupné z: <https://www.vapp.cz/>. [cit. 2024-03-17].
- [41] *Přívěsy1*. online. Dostupné z: <https://www.privesy1.cz/>. [cit. 2024-03-28].
- [42] *Unitrailer.cz*. online. Dostupné z: <https://unitrailer.cz/>. [cit. 2024-05-11].
- [43] *Agados*. online. Dostupné z: <https://www.agados.cz/>. [cit. 2023-11-05].
- [44] *Alaspro*. online. Dostupné z: <https://www.alaspro.cz/>. [cit. 2023-11-05].
- [45] *AUTOPROFI.CZ*. online. 1992. Dostupné z: <https://www.autoprofi.cz/>. [cit. 2024-04-01].
- [46] ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04138-3.
- [47] JANČÍK, Luděk a ZÝMA, Jiří. Části a mechanismy strojů. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2891-7.

Seznam použitých počítačových programů

Autodesk Inventor Professional 2022

MATLAB R2022a

Microsoft Word

Seznam obrázků

Obrázek 1: Čtyřosý točnicový přívěs AGD 3500 kg [7]	3
Obrázek 2: Přívěs s neřiditelnými nápravami Brenderup 5375 AL 2500 kg [8].....	3
Obrázek 3: Jízdní souprava s přívěsem/návěsem [4]	3
Obrázek 4: Nebrzděný přívěs APV N1 750 kg 2100x1280 mm [11]	5
Obrázek 5: Přívěs Neptun Nordica N20-420 2 KPS 2000 kg 4200x2150 mm [12]	5
Obrázek 6: Přívěs Dung A 08.2 ZN [14]	6
Obrázek 7: Přívěs Agados Handy-8 750 kg sklopný [15]	7
Obrázek 8: Třístranný sklápěč ALS 3500 kg 3300x1700 mm [16]	7
Obrázek 9: Brzděný hydraulicky spuštěný přívěs AAS 1400 kg, 2600x1550 mm [17]	8
Obrázek 10: Hliníkový autopřepravník APL 2700 kg, 4500x2100 mm [18].....	8
Obrázek 11: Přepravník na 2 koně PT 2700 L 2700 kg, 3100x1580x2200 mm [20].....	9
Obrázek 12: Skříňový přívěs AVZ 35 2700 kg, 3500x1700x1970 mm [22]	10
Obrázek 13: Přepravník stavebních strojů Bat B30.36, brzděný, 3000 kg [23].....	10
Obrázek 14: Přívěs pro přepravu lodí TEMA B20-2000 kg [25].....	11
Obrázek 15: Přívěs pro přepravu motocyklů Agados Kangaro 15 B1, 2500 x 1480 mm [26]	12
Obrázek 16: Obytný přívěs/karavan Hobby Ontour [27]	12
Obrázek 17: Umístění brzdových světlometů [31].....	15
Obrázek 18: Umístění zadních obrysových světlometů [31]	16
Obrázek 19: Umístění zadních směrovek [31]	16
Obrázek 20: Umístění couvacích světlometů [31]	17
Obrázek 21: Umístění zadní mlhové světlomety [31].....	17
Obrázek 22: Umístění předních obrysových světlometů [31]	18
Obrázek 23: Umístění bočních odrazek [31]	19
Obrázek 24: Umístění zadní odrazky [31]	19
Obrázek 25: Přívěs s držáky motocyklů-přední pohled.....	22
Obrázek 26: Přívěs s držáky motocyklů-zadní pohled.....	22
Obrázek 27: Přívěs s bočnicemi.....	22
Obrázek 28: Konstrukce rámu.....	25
Obrázek 29: Detail-roh rámu.....	25
Obrázek 30: Zajištění rámu k oji-zepředu	26
Obrázek 31: Zajištění rámu k oji-zezadu	26
Obrázek 32: Spojení oje s rámem-pohled zepředu.....	27
Obrázek 33: Spojení oje s rámem-pohled zezadu.....	27
Obrázek 34: Detail vyztuženého zadního čela	28
Obrázek 35: Schéma zadního pantu.....	28
Obrázek 36: Schéma uchycení bočnice a předního čela	29
Obrázek 37: Náprava Knott VG 7 (750 kg) [13]	30
Obrázek 38: Připojení nápravy k rámu.....	31
Obrázek 39: Schéma kola a jeho okolí	32
Obrázek 40: Schéma spojovacího zařízení	33

Obrázek 41: Detail rozpěrné trubky	33
Obrázek 42: Schéma opěrného kolečka	33
Obrázek 43: Výkresová dokumentace opěrného kolečka [41]	33
Obrázek 44: Schéma zvedáku.....	34
Obrázek 45: Sklopená ložná plocha	34
Obrázek 46: Zátěžová zkouška kotevního oka Vezeko [13]	35
Obrázek 47: Rozmístění kotvících prvků	35
Obrázek 48: Schéma připevnění bočního kotvícího oka	36
Obrázek 49: Držáky na motocykly VAPP	37
Obrázek 50: Detail uchycení držáků na motocykly k rámu	37
Obrázek 51: Obloukovitý záchyt předního kola na přívěs Agados [43]	38
Obrázek 52: Uchycení nájezdu pod ložnou plochou	39
Obrázek 53: Zajištění nájezdu na rámu	39
Obrázek 54: Schéma zapojení 13- pólové zástrčky [40].....	40
Obrázek 55: Rozmístění zadní sdružené svítilny	41
Obrázek 56: Rozmístění bočních odrazek	41
Obrázek 57: Rozmístění předních svítilen	41
Obrázek 58: Poloha těžiště nástavby	42
Obrázek 59: Poloha těžiště přívěsného vozíku	42
Obrázek 60: Schéma 2D modelu prázdného přívěsného vozíku.....	43
Obrázek 61: Schéma 2D modelu naloženého přívěsného vozíku	46
Obrázek 62: Schéma 2D modelu naloženého odpojeného přívěsného vozíku.....	48
Obrázek 63: Zjednodušený 2D model pro výpočet osově síly ve zvedáku.....	50
Obrázek 64: Nákras táhla	55
Obrázek 65: Zjednodušený 2D model rozpěry oje	57
Obrázek 66: Zatížení příčného uzavřeného profilu	58

Seznam tabulek

Tab. 1.: Přehled základních technických údajů o vozidle	23
Tab. 2.: Vstupní veličiny pro výpočet předběžné polohy nápravy	43
Tab. 3.: Vstupní veličiny pro ověření vhodné polohy nápravy	46
Tab. 4.: Vstupní veličiny pro kontrolu únosnosti kolečka	48
Tab. 5.: Vstupní veličiny pro výpočet osově síly ve zvedáku	50
Tab. 6.: Vypočítané neznámé v absolutní hodnotě stanovené pomocí programu MATLAB	52
Tab. 7.: Hlavní parametry závitu	52
Tab. 8.: Vstupní údaje pro kontrolu čepu.....	55
Tab. 9.: Vstupní údaje pro kontrolu rozpěry oje	57
Tab. 10.: Vstupní údaje pro kontrolu příčnicku rámu	58
Tab. 11.: Nakupované komponenty	61
Tab. 12.: Hutní polotovary od firmy Feron.....	62

Seznam příloh

- Příloha 1: Zobrazení 3D modelu přívěsného vozíku s přepravovanou závodní buginou
- Příloha 2: Zobrazení 3D modelu přívěsného vozíku při přepravě motocyklů
- Příloha 3: Výkresová dokumentace přívěsného vozíku v uskupení pro přepravu motocyklů
- Příloha 4: Výkresová dokumentace šroubového zvedáku

Seznam použitých zkratk a symbolů

BP	[–]	bakalářská práce
RZ	[–]	registrační značka
EHK	[–]	evropská hospodářská komise
ČSN	[–]	česká technická norma
EN	[–]	evropská norma
DIN	[–]	Deutsches Institut für Normung (Německý institut pro normy a standardizace)
ČSN EN	[–]	česká verze evropské normy
ČSN EN ISO	[–]	česká verze mezinárodní i evropské normy
ISO	[–]	mezinárodní norma
R_{TZY}	[N]	reakce od tažného zařízení ve svislém směru
R_{TZX}	[N]	reakce od tažného zařízení ve vodorovném směru
R_N	[N]	reakce v ose kola
F_P	[N]	tíhová síla působící v těžišti
L_T	[mm]	vzdálenost tažného zařízení od těžiště přívěsného vozíku
L_N	[mm]	vzdálenost tažného zařízení od osy kola
m	[kg]	pohotovostní hmotnost přívěsného vozíku
m_{TZ}	[kg]	svislé zatížení působící na tažné zařízení
\vec{g}	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení působící na tělesa v gravitačním poli Země
F_{PMPK}	[N]	tíhová síla od předního kola prostředního motocyklu
F_{BMPK}	[N]	tíhová síla od předního kola bočního motocyklu
F_{PMZK}	[N]	tíhová síla od zadního kola prostředního motocyklu
F_{BMZK}	[N]	tíhová síla od zadního kola bočního motocyklu
L_{PMPK}	[mm]	vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od tažného zařízení
L_{BMPK}	[mm]	vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od tažného zařízení
L_{PMZK}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od tažného zařízení
L_{BMZK}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od tažného zařízení
m_m	[kg]	suchá hmotnost jednoho motocyklu
m_{TZY}	[kg]	svislé zatížení tažného zařízení
R_K	[N]	reakce v ose opěrného kolečka

L_K	[mm]	vzdálenost opěrného kolečka osy kola přívěsného vozíku
L_{NT}	[mm]	vzdálenost těžiště prázdného přívěsného vozíku od osy kola
L_{M1P}	[mm]	vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od osy kola přívěsu
L_{M2P}	[mm]	vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od osy kola přívěsu
L_{M1Z}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od osy kola přívěsu
L_{M2Z}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od osy kola přívěsu
m_k	[kg]	svislé zatížení opěrného kolečka
F_Z	[N]	zdvihací síla (osová síla ve zvedáku)
F_{TNAS}	[N]	tíhová síla nastavby působící v jejím těžišti
F_{ZY}	[N]	svislá složka zdvihací síly
F_{ZX}	[N]	vodorovná složka zdvihací síly
F_{OY}	[N]	síla v čepu ve svislém směru
F_{OX}	[N]	síla v čepu ve vodorovném směru
F_{TY}	[N]	síla působící na tažné zařízení ve svislém směru
F_{TX}	[N]	síla působící na tažné zařízení ve vodorovném směru
F_{TO}	[N]	tíhová síla oje působící v jejím těžišti
L_{ZA}	[mm]	vzdálenost zvedáku od kloubu ložné plochy
L_{NA}	[mm]	vzdálenost osy kola přívěsného vozíku od kloubu ložné plochy
L_{TA}	[mm]	vzdálenost těžiště nastavby od kloubu ložné plochy
L_{M1P}	[mm]	vzdálenost osy předního kola prostředního motocyklu od kloubu ložné plochy
L_{M2P}	[mm]	vzdálenost osy předního kola bočního motocyklu od kloubu ložné plochy
L_{M1Z}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola prostředního motocyklu od kloubu ložné plochy
L_{M2Z}	[mm]	vzdálenost osy zadního kola bočního motocyklu od kloubu ložné plochy
L_{TZA}	[mm]	vzdálenost tažného zařízení od kloubu ložné plochy
L_{TO}	[mm]	vzdálenost těžiště oje od kloubu ložné plochy
β	[°]	úhel sklonu zvedáku

α	[°]	úhel sklonu ložné plochy
Tr	[—]	rovnoramenný lichoběžníkový závit
d	[mm]	jmenovitý průměr závitu
d_2	[mm]	střední průměr závitu
d_3	[mm]	malý průměr závitu šroubu
D_1	[mm]	malý průměr závitu matice
P	[mm]	rozteč závitu
H	[mm]	výška matice
i	[—]	počet chodů závitu
β'	[°]	polovina vrcholového úhlu u Tr závitu
H_1	[mm]	pracovní výška profilu závitu
z	[—]	počet závitů
p	[MPa]	kontaktní tlak
p_D	[MPa]	dovolený kontaktní tlak
σ_d	[MPa]	tlakové napětí
M_K	[N · m]	kroučící moment
γ	[°]	úhel stoupání
φ'	[°]	třecí úhel v závitu
γ	[°]	úhel stoupání
τ	[MPa]	smykové napětí
σ_{RED}	[MPa]	redukované namáhání
λ	[—]	štíhlost
i_X	[mm]	poloměr setrvačnosti průřezu
λ_m	[—]	mezní štíhlost-houževnaté materiály
σ_E	[MPa]	kritické napětí dle Eulera-vzpěr
E	[MPa]	(Youngův) modul pružnosti v tahu
k_V	[—]	součinitel bezpečnosti pro vzpěr
c	[m · s ⁻¹]	rychlost posuvu šroubového zvedáku
t	[s]	čas
a	[mm]	poloměr kliky zvedáku
F	[N]	síla nutná ke zvedání ložné plochy
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu
b_t	[mm]	šířka táhla
t_v	[mm]	tloušťka vidlice
R_e	[MPa]	mez kluzu
k	[—]	bezpečnost
$F_{\check{c}}$	[N]	síla v čepu
$\sigma_{D.O}$	[MPa]	dovolené napětí v ohybu
τ_D	[MPa]	dovolené napětí ve smyku
τ_s	[MPa]	skutečné smykové napětí

p_1	[MPa]	kontaktní tlak ve vidlici u kontroly čepu
p_2	[MPa]	kontaktní tlak v táhle u kontroly čepu
σ_o	[MPa]	ohybové napětí
M_o	[N · m]	ohybový moment
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
W_{oX}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu v ose x
W_{oY}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu v ose y
F_{ZX}	[N]	síla působící na rozpěru v ose x
F_{ZY}	[N]	síla působící na rozpěru v ose y
l_r	[mm]	délka rozpěry oje
M_{oXMAX}	[N · m]	maximální ohybový moment v ose x
M_{oYMAX}	[N · m]	maximální ohybový moment v ose y
σ_{oXmax}	[MPa]	maximální ohybové napětí v ose x
σ_{oYmax}	[MPa]	maximální ohybové napětí v ose y
m_p	[kg]	hmotnost podlahy tvořené překližkou
$m_{příčky}$	[kg]	hmotnost působící na jeden příčný profil rámu
q	[N · mm ⁻¹]	spojité zatížení zatěžující příčný profil rámu
M_{oMAX}	[N · m]	maximální ohybový moment
σ_{oMAX}	[MPa]	maximální ohybové napětí
σ_D	[MPa]	dovolené napětí
l_p	[mm]	délka příčného uzavřeného profilu rámu
DPH	[—]	daň z přidané hodnoty
Kč	[—]	koruna česká