



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav automobilů, spalovacích motorů
a kolejových vozidel

Valník s hydraulickou rukou na podvozku
IVECO

Flatbed with hydraulic arm on IVECO chassis

DIPLOMOVÁ PRÁCE
2020

Petr KLEJCH

Studijní program: N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ
Studijní obor: 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika
Vedoucí práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Klejch** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **438296**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní, letadlová a transportní technika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Valník s hydraulickou rukou na podvozku IVECO

Název diplomové práce anglicky:

Flatbed with the hydraulic arm on IVECO chassis

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte čtyřnápravový valník pro přepravu stavebního materiálu a přepravu stavební buňky délky 8m (s hmotností 5 tun) s hydraulickou rukou za kabinou na podvozku IVECO v uspořádání tridem AD340X42ZY/PS. Stavební buňka je nutné skládat 10 m do boku od osy vozidla. Proveďte srovnání obdobných podvozků jiných výrobců. Navrhněte základní geometrické parametry nástavby, rozložení hmotnosti na nápravy, základní dimenzování nástavby a uchycení na podvozek. Proveďte pevnostní kontrolu vybraného dílu. Zpracujte technický list kompletního vozidla.

Seznam doporučené literatury:

podklady IVECO

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

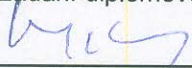
Ing. Josef Morkus, CSc., ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS


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

Datum zadání diplomové práce: **04.05.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **15.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: _____


Ing. Josef Morkus, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce


doc. Ing. Oldřich Vitek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valásek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Morkusovi, CSc. za cenné rady a věcné připomínky k práci. Dále bych rád poděkoval společnosti IVECO za projevenou důvěru a možnost podílet se na realizaci firemní aplikace. Nakonec bych chtěl poděkovat Ing. Antonínu Švaříčkovi a konstruktérskému týmu firmy AUTO-Tech Vinoř, s.r.o. za poskytnuté rady z hlediska konstrukce a celkovou pomoc při tvorbě této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci s názvem Valník s hydraulickou rukou na podvozku IVECO vypracoval samostatně a použil jsem k tomu pouze podklady, které uvádím v seznamu, přiloženém k práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10.07.2020

.....

Petr Klejch

Název práce: Valník s hydraulickou rukou na podvozku IVECO

Jméno autora: Bc. Petr Klejch

Rok: 2020

Studijní program: Strojní inženýrství

Ústav: Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Josef Morkus, CSc.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí valníku s hydraulickou rukou za kabinou. V úvodu je shrnuta obecná teorie týkající se hydraulické ruky, legislativy nákladních vozidel. Cílem práce je zhotovit konstrukci celého valníku, kontrolu použití na pozemní komunikaci a následné vytvoření technického listu vozidla.

Klíčová slova

Valník, hydraulická ruka, podvozek, rám

Title: Flatbed with hydraulic arm on IVECO chassis

Author: Bc. Petr Klejch

Year: 2020

Branch: Mechanical Engineering

Department: Department of Automotive, Combustion Engine and Railway Engineering

Document type: Master thesis

Thesis advisor: Ing. Josef Morkus, CSc.

Abstract

This master thesis deals with a construction of a flatbed with the hydraulic arm behind the cabin. In the first part general theory of hydraulic arms is described, including their classification and principles. The aim of the thesis is to create a construction of a complete flatbed, inspection of application on the roads and to prepare a technical document of a completed vehicle.

Keywords

Flatbed, hydraulic arm, chassis, frame

Obsah

1. Úvod	1
2. Všeobecná část	2
2.1. Užitková nástavba	2
2.1.1. Valníková nástavba	2
2.1.2. Valníková nástavba s hydraulickou rukou	3
2.1.3. Převrácený náklad na valníkové nástavbě	3
2.2. Hydraulická ruka na nákladním vozidle	6
2.2.1. Hlavní části hydraulické ruky	7
2.2.2. Hydraulické komponenty a příslušenství	8
2.2.3. Doplnková výbava hydraulické ruky	12
2.2.4. Obecný popis montáže hydraulické ruky	12
2.2.5. Umístění hydraulické ruky dle montáže	14
2.3. Legislativní předpisy pro nákladní vozidla	16
2.3.1. Kategorizace vozidel	17
2.3.2. Povolené hmotnosti vozidel	18
2.3.3. Povolené rozměry vozidel	20
2.3.4. Další předpisy a pravidla	21
3. Návrh vozidla s valníkovou nástavbou a hydraulickou rukou dle požadavku zadavatele	22
3.1. Zadavatel práce	22
3.2. Obecné požadavky zadavatele	23
3.3. Podvozek dle specifikace zadavatele	23
3.3.1. Srovnání podvozků jiných výrobců	24
3.4. Parametry přepravovaného nákladu	26
4. Teoretická výpočetní část	29
4.1. Analýza celkového vozidla pro použití	29

4.1.1.	Rozložení hmotnosti na nápravy	30
4.1.2.	Stabilita vozidla	33
4.2.	Připojení pomocného rámu k rámu vozidla	37
5.	Konstrukční část	40
5.1.	Koncepční návrh	40
5.2.	Hydraulická ruka.....	42
5.2.1.	Výběr hydraulické ruky	42
5.2.2.	Příslušenství hydraulické ruky.....	44
5.3.	Konstrukce valníku	49
5.3.1.	Pomocný rám.....	49
5.3.2.	Celkový valník.....	55
6.	Kontrolní část	57
6.1.	Rozložení hmotnosti na nápravy.....	57
6.2.	Stabilita vozidla	58
6.3.	Pevnostní a deformační analýza rámu	60
6.3.1.	Materiálové vlastnosti a tvorba MKP sítě	61
6.3.2.	Okrajové podmínky	62
6.3.3.	Zhodnocení výsledků.....	64
7.	Technologický postup výroby nástavby	69
7.1.	Postup výroby rámu	69
7.2.	Postup montáže hydraulické ruky	69
7.3.	Postup výroby valníku	70
8.	Závěr.....	71
	Seznam obrázků.....	72
	Seznam tabulek.....	74
	Seznam použité literatury:	75
	Seznam tištěných příloh	78

Seznam označených veličin

L_1	[mm]	rozvor – vzdálenost mezi 1. a 2. nápravou
H	[mm]	převis
R_1	[t]	zatížení na 1. nápravě
R_2	[t]	zatížení na teoretickém středu trojnépravy
R	[t]	celková hmotnost vozidla
$R_{1_max_l}$	[t]	maximální zatížení přední nápravy legislativní
$R_{2_max_l}$	[t]	maximální zatížení zadní trojnépravy legislativní
R_{max_l}	[t]	celková hmotnost vozidla legislativní
$R_{1_max_t}$	[t]	maximální zatížení přední nápravy technická
$R_{2_max_t}$	[t]	maximální zatížení zadní trojnépravy technická
R_{max_t}	[t]	celková hmotnost vozidla technická
L_T	[mm]	vzdálenost mezi 1. nápravou a teoretickým středem trojnépravy
L_2	[mm]	vzdálenost mezi 2. a 3. nápravou/3. a 4. nápravou
L_3	[mm]	vzdálenost mezi teoretickým středem trojnépravy a 2. nápravou
L_4	[mm]	vzdálenost mezi teoretickým středem trojnépravy a 4. nápravou
R_3	[kg]	zatížení na 2. nápravě
R_4	[kg]	zatížení na 3. nápravě
R_5	[kg]	zatížení na 4. nápravě
G_{H1}	[kg]	hmotnost hydraulické ruky, včetně příslušenství a provozních kapalin
G_{H2}	[kg]	hmotnost zadních přidavných stabilizačních podpěr
G_V	[kg]	hmotnost nástavby, včetně příslušenství
L_{H1}	[mm]	vzdálenost těžiště hydraulické ruky od teoretického středu trojnépravy
L_{H2}	[mm]	vzdálenost těžiště zadních stabilizačních podpěr od teoretického středu trojnépravy
L_V	[mm]	vzdálenost těžiště nástavby od teoretického středu trojnépravy
G_{UZ}	[kg]	hmotnost užitečného zatížení
L_{UZ}	[mm]	vzdálenost těžiště užitečného zatížení od středu trojnépravy
P	[kg]	kapacita hydraulické ruky
N	[mm]	vyložení od osy rotace – sloupu
G_{H1_A}	[kg]	hmotnost výložníku hydraulické ruky

G_{HI_B}	[kg]	hmotnost základny hydraulické ruky
L_{HI_A}	[mm]	těžiště G_{HI_A} od osy rotace
G_V	[kg]	hmotnost nástavby, včetně příslušenství
K_V	[mm]	vzdálenost těžiště nástavby od přední nápravy
K_{H2}	[mm]	vzdálenost přidavných podpěr od přední nápravy
G_Y	[kg]	zkušební zatížení
f_s	[-]	faktor stabilizace
G	[kg]	zkušební zatížení
L_G	[mm]	vzdálenost těžiště vozidla bez hydraulické ruky od přední nápravy
G_{HI_X}	[kg]	vlastní hmotnost posledního výložníku
K_{HI}	[mm]	vzdálenost osy sloupu a osy přední nápravy
L_a	[mm]	vzdálenost osy sloupu a osy podpěry na převrácené straně
L_b	[mm]	vzdálenost osy sloupu a osy rámu vozidla
Z_1	[mm]	vzdálenost osy sloupu a osy přidavných podpěr
L_d	[mm]	vzdálenost přidavné podpěry od středu opření po osu rámu vozidla
α	[°]	úhel klopné hrany
C	[mm]	vzdálenost těžiště hydraulické ruky a klopné hrany
Z_2	[mm]	přímá vzdálenost stabilizačních nohou
x	[mm]	vzdálenost spojnice stabilizačních nohou
L_G	[mm]	vzdálenost těžiště vozidla bez hydraulické ruky od přední nápravy
E	[mm]	vzdálenost těžiště vozidla od osy sloupu
H	[mm]	vzdálenost těžiště nástavby od klopné hrany
M_S	[kg · mm]	stabilizační moment
M_R	[kg · mm]	klopný moment
K	[-]	bezpečnost
M_{dyn}	[N · m]	dynamický moment
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
σ_a	[MPa]	dovolené napětí materiálu
β_x	[-]	součinitel excentricity
k_x	[-]	součinitel rámu/hydraulické ruky
M_e	[N · m]	předpokládaný dynamický moment pro výpočet

Mt	[N · m]	ohybový moment na rámu vozidla
Mc	[N · m]	ohybový moment na pomocném rámu
It	[mm ⁴]	kvadratický moment setrvačnosti rámu vozidla
Ic	[mm ⁴]	kvadratický moment setrvačnosti pomocného rámu
σ_c	[MPa]	ohybové napětí v pomocném rámu
σ_t	[MPa]	ohybové napětí v rámu vozidla
W_c	[mm ³]	modul průřezu pomocného rámu
W_t	[mm ³]	modul průřezu rámu vozidla
σ_1	[MPa]	ohybové napětí pro W_1
σ_2	[MPa]	ohybové napětí pro W_2
W_1	[mm ³]	modul průřezu vzhledem ke vzdálenosti krajního bodu podvozku od neutrální osy
W_2	[mm ³]	modul průřezu vzhledem ke vzdálenosti krajního bodu pomocného rámu od neutrální osy
n_{mot}	[min ⁻¹]	otáčky motoru
i	[-]	převodový poměr PTO
p_{max}	[bar]	maximální pracovní tlak
p_n	[bar]	pracovní tlak
Q_{ruka}	[l/min]	objemový průtok - hydraulická ruka
n_{gen}	[min ⁻¹]	otáčky hydrogenerátoru
Q_{gen}	[l/min]	objemový průtok - hydrogenerátor
P_m	[kW]	mechanický výkon
P_{max}	[kW]	mechanický výkon maximální
$P_{chladič}$	[kW]	výkon chladiče
$V_{nádrž}$	[l]	objem nádrže
Q_e	[l/min]	objemový průtok efektivní
A	[mm ²]	průřez hadice
v	[ms ⁻¹]	rychlost
r	[mm]	poloměr
d	[mm]	průměr
v_{dop}	[m · s ⁻¹]	rychlost doporučená
ϑ	[mm ² · s ⁻¹]	viskozita

M_G	[kN· m]	ohybový moment
z_1	[mm]	maximální vyložení
z_2	[mm]	vzdálenost těžiště výložníku od osy
G_{y_max}	[kg]	maximální hmotnost břemena při maximálním vyložení
$G_{HI_A_max}$	[kg]	hmotnost výložníku při maximálním vyložení
g	[m · s ⁻²]	gravitační zrychlení
σ_{Re}	[MPa]	mez kluzu materiálu
σ_{Rm}	[MPa]	pevnost v tahu materiálu
W_x	[cm ³]	momentu odporu podvozku proti ohnutí
E	[GPa]	Youngův modul pružnosti
μ	[-]	poissonovo číslo
ρ	[kg· m ⁻³]	hustota materiálu
A	[%]	tažnost materiálu
τ_c	[MPa]	mez únavy v krutu
σ_{max}	[MPa]	maximální napětí materiálu
σ_a	[Mpa]	dovolené napětí materiálu
k_{stat}	[-]	statický koeficient bezpečnosti

1. Úvod

Předmětem této diplomové práce je kompletní zpracování návrhu a konstrukce užitkové nástavby v podobě valníku s hydraulickou rukou za kabinou na zadaném podvozku od firmy IVECO a následného zpracování kompletního technického listu vozidla.

Pro bližší seznámení se zadanou problematikou jsou v úvodu práce nejprve uvedeny základní pojmy, terminologie, legislativní předpisy a možná konstrukční řešení nákladních vozidel s užitkovými nástavbami – zejména valníkovými nástavbami s hydraulickou rukou. Hydraulická ruka je detailně popsána včetně svých komponent, možného příslušenství a montáže. Součástí je i popis přepravovaného nákladu formou standardizované přepravní jednotky (kontejner, europaleta).

Samotné řešení návrhu je uvedeno kapitolou 3 specifikující zadavatele a jeho požadavky, následované teoretickou výpočetní částí, kde se matematicky analyzuje vozidlo z hlediska rozložení hmotnosti na nápravy a stability.

Navazující praktická část popisuje zpracování konstrukčního řešení, výběr hydraulické ruky a jejích komponent. Za pomoci výpočetní techniky je provedena pevnostní deformační analýza konstrukce od zatížení nákladem metodou MKP a celková kontrola navrhovaného vozidla dle předchozí matematické analýzy.

V závěru je shrnut technologický postup výroby nástavby včetně výroby rámu, valníku a montáže hydraulické ruky. Pro navržené konstrukční řešení je vypracována nezbytná výkresová dokumentace tak, aby byly naplněny veškeré požadavky zadání diplomové práce.

2. Všeobecná část

Tato kapitola seznamuje se základními pojmy, legislativními podmínkami a konstrukčním řešením týkající se nákladních vozidel s užitkovými nástavbami. Jelikož je diplomová práce zaměřena na konstrukci valníku s hydraulickou rukou, je v teorii řešeno a vysvětleno zejména toto téma. Uvedeny jsou i potřebné termíny a definice společně s legislativními předpisy pro provozování nákladních vozidel na pozemních komunikacích. Současně jsou s ohledem na zadání práce popsány i formy přepravovaného nákladu (kontejner, europaleta).

2.1. Užitková nástavba

Termínem užitková nástavba se rozumí zařízení namontované na rám podvozku vozidla, které slouží k přepravě zboží a materiálů. V současné době existuje nespočet různých druhů takových nástaveb, z nichž nejpoužívanější jsou například valníkové, chladírenské, skříňové, sklápěčové, nosiče kontejnerů atd. Tato práce se zabývá valníkovou nástavbou.

2.1.1. Valníková nástavba

Skládá se z pomocného rámu, rovné ložné plochy pro náklad a ostatního volitelného příslušenství. Díky její univerzálnosti je možné s ní přepravovat různé druhy nákladů, kusové zboží bez zvláštních nároků na ochranu a především pak standardizované přepravní jednotky (např. europaleta). Jedná se o jednu z nejjednodušších nástaveb z hlediska konstrukce, nicméně jsou na ni kladeny vysoké požadavky ze strany zákazníků z hlediska nosnosti, ložné plochy, kvality a spolehlivosti. [1]

Popisem se jedná o vanu s rovnou podlahou se sklopnými, či odnímatelnými bočnicemi. Přední bočnice, často pojmenovávaná jako čelo, bývá zpravidla umístěna napevno, bez možnosti jakéhokoliv pohybu. Pokud není nástavba jako celek umístěna na podvozek pevně (tzn., je možné ji sklopit), už se nenazývá valníkem, ale například sklápěčem. Valník je z hlediska nakládky a vykládky zpravidla třístranný, tedy je možné ho naložit ze tří stran. Další variantou je naložení jeřábem. Možností je i zakrytí nákladového prostoru valníku. Zde je ale nutnost další konstrukce nesoucí zakrývací plachtu. Výrobce musí při výrobě a montáži dodržovat veškeré předpisy od výrobce vozidla, od výrobce

montovaného volitelného příslušenství a také legislativní nařízení, aby bylo možné vozidlo legálně využívat na pozemních komunikacích. [1]

2.1.2. Valníková nástavba s hydraulickou rukou

Zvláštním typem valníkové nástavby je její kombinace se soustrojím, které umožňuje manipulovat s nákladem v klidovém stavu vozidla. Tuto konstrukci nazýváme valníkem s hydraulickou rukou – viz příklad na Obrázku 1. Výhodou takového vozidla je větší nezávislost v místech nakládky a vykládky. Nevýhodou je ale menší přepravovaná kapacita, hmotnostně i rozměrově. Konstrukcí se od obyčejné valníkové nástavby nijak neliší. Díky silám, působícím od hydraulické ruky, je ale potřeba dimenzovat pomocný rám na vyšší únosnost od namáhání. [1]



Obrázek 1: Valník s hydraulickou rukou VOLVO FH 8x4 tridem [2]

2.1.3. Přepravovaný náklad na valníkové nástavbě

Jak zmíněno výše, užitková nástavba typu valník slouží k přepravě nákladu. Zpravidla se jedná o náklad ve standardizovaných jednotkách, nebo materiály normovaných velikostí – typicky kontejner (příp. stavební buňka), europaleta.

Kontejner/Stavební buňka

Kontejner je standardizovaná přepravní jednotka. Jedná se o velkou, pevnou, uzavíratelnou, ocelovou schránku stálé hmotnosti, která se používá zejména v nákladní intermodální dopravě – viz Obrázek 2. [3]



Obrázek 2: Kontejner

Dalším typickým využitím této unifikované jednotky je možnost použití pro moderní modulární výstavbu – tzv. stavební buňka. Kontejner má v každém svém rohu nosný prvek, který přenáší veškeré zatížení jednotky. Díky této technické konstrukci je uzpůsoben ke stohování do mnoha vrstev nad sebou. Spojením několika kontejnerů tak vznikne modulární stavba. Obyčejné kontejnery lze tímto způsobem přestavět do různých podob – například kanceláře, šatny, ubytovny, recepce a vrátnice. Největší výhodou takového využití je rychlost realizace výstavby, příp. demontáže a přesunutí na jiné místo. [3]

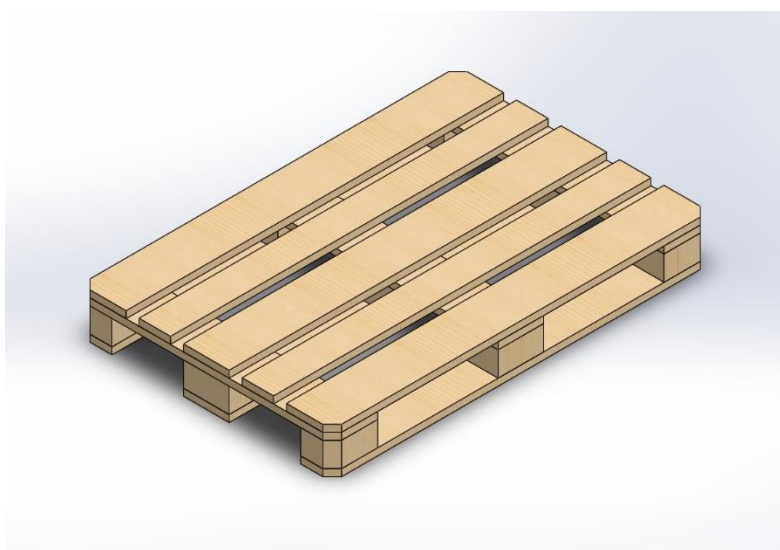
Rozměry kontejneru se udávají v imperiálních jednotkách (stopy, palce), které se používají zejména v USA a Velké Británii. Hlavním parametrem, kterým se kontejnery rozlišují, je jejich délka. Existují 3 standardizované délky: 20 stop (6 m), 40 stop (12 m), 45 stop (14 m). Dále se pak, v kombinaci s předešlými délkami, vyskytují 2 standardizované výšky 8 stop a 6 palců (2,6 m) a tzv. high-cube kontejner, který je vysoký 2,9 m. Šířka kontejneru je pro všechny typy stálá a činí 8 stop (2,4 m). Objem kontejnerové přepravy se udává v jednotkách TEU (z anglického Twenty-foot Equivalent Unit), kde 1 TEU je objem jednoho 20stopého kontejneru. [3]

Celek kontejneru se skládá z ocelové svařované konstrukce a stěnami z profilovaného plechu o síle 1,5 mm. V rozích jsou umístěny standardizované odlitky. Podlahu tvoří rám z ocelových profilů, který je pokryt plechem o síle 4 mm, na kterém bývá většinou volně ložena dřevěná překližková podlaha. Čelo vždy tvoří dvoukřídlá vrata, které jsou zajištěny několika svislými táhly. Povrchová úprava kontejneru záleží na majiteli a nejčastěji se skládá z několika nátěrů. Manipulace je zajištěna mnoha způsoby – nejčastěji se jedná o zavěšení

díky otvorům v rohových prvcích, podebrání pomocí manipulační techniky (vysokozdvíhací vozík) pomocí kapes ve spodní části rámu, nebo sevření kontejneru jako celku pomocí speciálního kontejnerového manipulátoru. [3]

Europaleta

Europaleta je v současné době nejběžnějším typem standardizovaných, výměnných, transportních palet, které slouží pro přepravu zboží a materiálu. Jedná se o plochou dřevěnou konstrukci (Obrázek 3), na které je nejčastěji rovnoměrně plošně rozmístěno přepravovaný náklad, který je pevně zajištěn proti posunutí (nejčastěji popruhy nebo fixační fólie). [4]



Obrázek 3: Europaleta

Konstrukce palety se sestává z devíti dřevěných špalíků a jedenácti prken. Pojícím prvkem je vždy 78 normovaných hřebíků zatlučených do předem vymezených míst. Jako materiál může být použito dřevo z různých druhů stromů (smrk, dub nebo olše). Tento druh palet nemá zpravidla žádnou povrchovou úpravu. Standardizovaná europaleta musí splňovat předpisy European Pallet Association (EPAL). Takové dodržení norem potvrzují znaky EUR či EPAL, které jsou vypalovány přímo na konkrétní místo na paletě. Vyrábět, prodávat a opravovat takové palety pak mohou pouze autorizované společnosti. Manipulace je zajištěna nejčastěji podebráním zboží skrz konstrukci palety (vidlicové otvory) pomocí manipulační techniky (vysokozdvíhací vozík) a lze ji uchopit ze všech čtyř stran. [4]

2.2. Hydraulická ruka na nákladním vozidle

Pojmem hydraulická ruka je označováno zdvihací zařízení (nejčastěji nakládací hydraulický jeřáb) obvykle zabudované na nákladním vozidle nebo přívěsu. Jejím hlavním úkolem je nakládání a vykládání vozidla, včetně dalších činností povolených výrobcem této ruky. Zařízení využívá pro svou práci principu přeměny tlakové energie kapaliny na energii mechanickou. [5]

Hydraulické ruky lze jednoduše rozdělit do tří skupin podle maximálního zvedacího momentu (vysvětleno v kapitole 2.2.1.) – lehká, střední a těžká řada. [5]

Výrobou a distribucí hydraulické ruky se zabývá mnoho světových výrobců. V následujícím seznamu jsou uvedeni přední evropští výrobci, kteří mají obchodní zastoupení i v České republice:

- Palfinger – Rakousko,
- Hyva – Nizozemsko,
- Hiab – Finsko,
- Fassi – Itálie,
- Effer – Itálie,
- PM – Itálie,
- Atlas – Velká Británie.

Konstrukce a užití hydraulické ruky má specifickou terminologii a je třeba využívat odborné pojmy z normy ČSN EN 12999+A2, které nemusí být hned zřejmé a potřebují vysvětlení, či upřesnění. Níže jsou pro přehlednost uvedeny základní termíny včetně definice.

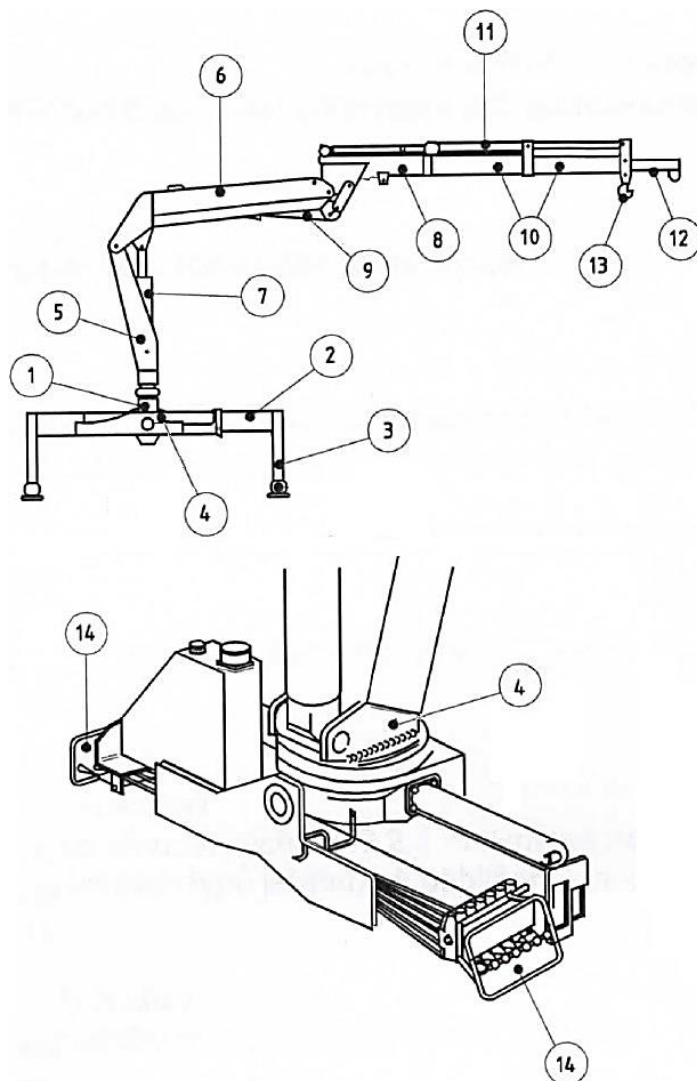
- **Výložník:** Nosná část v systému výložníku hydraulické ruky.
- **Zatížení od vlastní hmotnosti:** Síly od hmotnosti pevných a pohyblivých částí hydraulické ruky, které stále působí na nosnou konstrukci, pokud je stroj používán.
- **Vyložení:** Vodorovná vzdálenost mezi osou otáčení sloupu a bodem zavěšení břemena.
- **Hydraulické vyložení:** Vyložení způsobené hydraulicky poháněnými částmi systému výložníku.
- **Nosnost:** Hmotnost břemena, pro jehož je hydraulická ruka v daných provozních podmínkách (například konfigurace, poloha břemena) konstruován.

- **Maximální pracovní tlak:** Maximální tlak v okruhu čerpadla nebo v samostatné pracovní funkci.
- **Maximální pracovní břemeno:** Maximální břemeno, které může být zvedáno.
- **Celkové břemeno:** Součet užitečného břemena a prostředku pro uchopení břemena.
- **Stabilizační podpěra:** Zařízení pro podepření nosné konstrukce, zajišťující stabilitu, aby nedošlo ke zdvihnutí vozidla z podkladu.
- **Omezovač nosnosti:** Zařízení, které automaticky zabrání manipulaci s břemeny, jestliže překročí jeho nosnost.
- **Pokles:** Vzdálenost, o kterou poklesne břemeno za určitý čas vlivem vnitřní netěsnosti hydraulický částí.
- **Diagram nosnosti:** Diagram, který udává maximální dovolená zatížení na přesné vzdálenosti vyložení.
- **Celkový moment zdvihání:** Součet momentu zdvihání jmenovitého břemena a momentu zatížení od vlastní hmotnosti.
- **Maximální zvedací moment:** Výrobci často používají tento termín pro označování a srovnávání hydraulických rukou. Tento parametr se uvádí jednotkách metrotun [mt]. Pokud na vyložení 1 m hydraulická ruka unese 1 tunu, jde o jednu metrotunu.

2.2.1. Hlavní části hydraulické ruky

Základní částí, která tvoří celkovou platformu hydraulické ruky, je základna. Ve většině případů se jedná o svařenec s kotevními body, na kterém je prostor pro umístění stabilizační podpěry s nohama a základní sloup hydraulické ruky. Tento sloup je vzhledem k základně otočný. Konstruuje se buď pro omezený rozsah otáčení (obvyklý rozsah 360°) anebo pro neomezený rozsah (nekonečná otoč). V horní části sloupu je upevněn systém výložníků, který se sestává z kompletního systému výložníků (různý počet členů – obvykle 2 až 3), prodloužení výložníků a ovládacích válců (přímočaré hydromotory). Nejvíce silově namáhanou součástí je uložení sloupu. Zpravidla se jedná o odlitek, který je k základně přivařen. Všechny části hydraulické ruky jsou znázorněny na Obrázku 4. [5, 6]

- 1 - Základna
- 2 - Prodloužení stabilizační podpěry
- 3 - Noha stabilizační podpěry
- 4 - Mechanismus otáčení
- 5 - Sloup
- 6 - První výložník
- 7 - Válec prvního výložníku
- 8 - Druhý výložník
- 9 - Válec druhého výložníku
- 10 - Prodloužení výložníku
- 11 - Válce prodloužení
- 12 - Manuální prodloužení výložníku
- 13 - Hák
- 14 - Ovládání



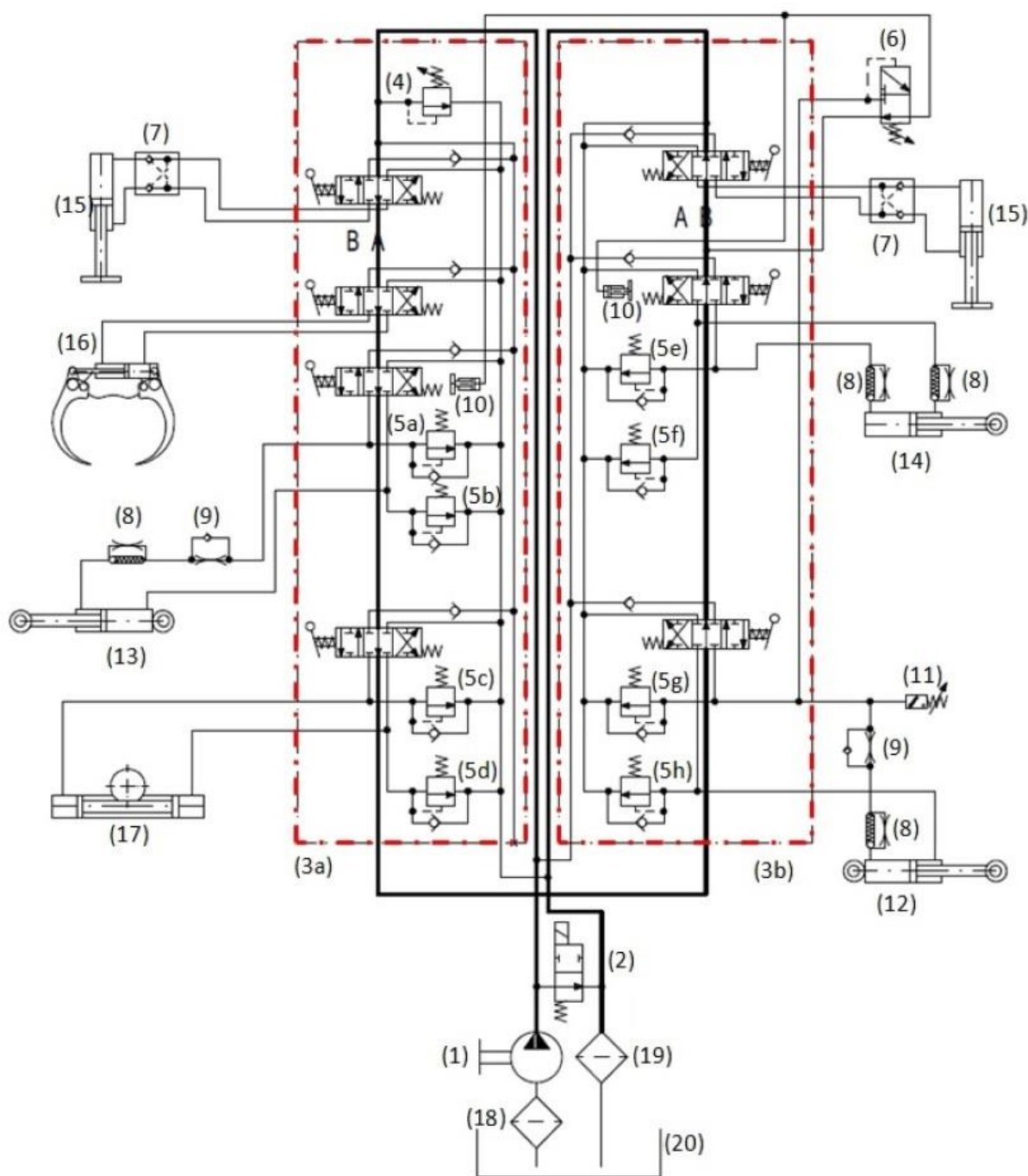
Obrázek 4: Hlavní části hydraulické ruky [5, upraveno autorem]

Pohon hydraulické ruky je obstaráván motoricky od vozidla prostřednictvím hydrogenerátoru (čerpadlo). Pohyb stroje je řízen hydraulickým rozvaděčem (řídící prvek) a přímočarými hydromotory (silový prvek). Celkové propojení mezi veškerými řídicími a silovými prvky je realizováno pomocí hydraulického vedení (hadice a trubky). Pro bezpečnost soustrojí, například proti samovolnému pohybu jednotlivých částí, jsou zde namontovány hydraulické zámky a pojistné ventily. [5, 6]

2.2.2. Hydraulické komponenty a příslušenství

Každé hydraulické zařízení (v tomto případě ruka) má svou specifickou hydraulickou soustavu, která se sestává z jednotlivých komponent spojených vedením. Aby tato soustava (Obrázek 5) mohla správně a bezporuchově pracovat, musí být komponenty k tomu adekvátně

dimenzovány. Pro správnou funkčnost systému musí být zajištěn zejména stanovený pracovní tlak a průtok a při práci by nemělo vznikat nadměrné oteplení. [6]



Obrázek 5: Schéma zapojení hydraulické soustavy [6, upraveno autorem]

Vysvětlivky označených komponent hydraulické soustavy na Obrázku 5 jsou uvedeny v Tabulce 1. Následuje popis těchto komponent a vysvětlení jejich funkce v hydraulické soustavě.

Tabulka 1: Vysvětlivky označených komponent hydraulické soustavy na Obrázku 5

(1) Hydrogenerátor	(11) Tlakový spínač
(2) Elektricky ovládaný ventil	(12) Přímočarý hydromotor zdvihu
(3) Rozvaděč	(13) Zlamovací přímočarý hydromotor
(4) Primární pojistný ventil	(14) Přímočarý hydromotor výsuvu
(5) Sekundární pojistný ventil	(15) Přímočarý hydromotor stabilizační podpěry
(6) Omezovací ventil	(16) Přímočarý hydromotor drapáku
(7) Hydraulický zámek	(17) Hydromotor s kyvným pohybem
(8) Pádový ventil	(18) Sací filtr
(9) Brzdící ventil	(19) Vratný filtr
(10) Omezovací píst	(20) Olejová nádrž

(1) Hydrogenerátor: Hydrogenerátor je nejčastěji připojen přímo k převodové skříně vozidla k takzvanému vývodu PTO (z anglického Power take-off). Pro pohon hydraulické ruky se nejčastěji používají zubové čerpadla, která mají konstantní průtok, nebo regulační axiální pístové hydrogenerátory s proměnný průtokem. [6]

(2) Elektricky ovládaný ventil: Jedná se o jeden z bezpečnostních prvků. Pokud není ventil napájen proudem, neprochází jím kapalina do systému, a vrací se zpět do nádrže. Slouží tedy primárně k odpojení přívodu hydraulické kapaliny do systému, pokud není v činnosti některá z funkcí hydraulické ruky. Pomáhá tak k nižšímu zahřívání kapaliny. Slouží také jako zařízení k nouzovému zastavení. [6]

(3) Rozvaděč: Rozvaděč je ovládací prvek celé hydraulické ruky. Liší se typem ovládní – ovládané ručně (většinou lehká a střední řada hydraulické ruky), nebo elektrohydraulicky ovládané (výhradně těžší řada). Standardně se používá kombinace dvou rozvaděčů (na obrázku červeně zvýrazněny 3a a 3b). [6]

(4) Primární pojistný ventil: Tento ventil musí být neustále v činnosti. Jeho hlavním úkolem je udržovat v obvodu přibližně konstantní tlak nezávisle na velikosti průtoku. Jistí tak systém před přetížením. [6]

(5a – 5h) Sekundární pojistný ventil: V případě, kdy jsou přímočaré hydromotory blokovány na šoupátku v rozvaděči, na hydraulický obvod může působit zatížení od vnějších sil. Toto zatížení pak může způsobit nadměrné zvýšení tlaku a je tak vysoká pravděpodobnost

poškození těsnění hydromotoru nebo i roztrhnutí vedení. Použitím sekundárního pojistného ventilu v každé jednotlivé sekci se tak předejde zmíněnému poškození. [6]

(6) Omezovací ventil: Omezovač nosnosti nakládacího jeřábu měří síly v hydromotorech přenášejících zatížení a ty určují nosnost ve všech polohách břemene. Omezovací ventil tak zabraňuje přetížení hydraulického systému. [6]

(7) Hydraulický zámek: Jak vyplývá z názvu, jedná se o zajišťovací prostředek, který má za úkol zajištění (uzamknutí) zatíženého hydromotoru v požadované poloze. Využívá se například k zajištění stabilizačních podpěr. [6]

(8) Pádový ventil: V případě prasknutí hydraulického potrubí nesmí překročit rychlost klesání výložníku maximální rychlost klesání při břemenu o maximální hmotnosti více než o 30 %. Pokud dojde k překročení nastaveného průtoku, ventil se uzavře. [6]

(9) Brzdící ventil: Brzdící ventil je kombinace jednosměrného a škrťacího ventilu. Používají se pro řízení rychlosti pohybu hydromotorů při spouštění břemene z důvodu rozdílných objemů kapaliny nad a pod pístem. [6]

(10) Omezovací píst: Přivedením tlaku z (6) omezovací píst zamezí přesunutí šoupátka v rozvaděči pro otevření okruhu výsuvu (13) a (14). [6]

(11) Tlakový spínač: Jedná se o bezpečnostní signalizační prvek. Smyslem tohoto zařízení je zabránit používání hydraulické ruky v případě překročení její nosnosti. [6]

(12 – 16) Přímočarý hydromotor: V systémech manipulační techniky se nejvíce používají přímočaré dvojitinné hydromotory s jednostrannou pístnicí. Největší výhodou je jejich jednoduchost, spolehlivost a dobré průtokové účinnosti. Jsou určeny pro přenos axiálních sil (v ose pístnice). Výrazným rysem přímočarého hydromotoru je konstrukční řešení jeho způsobu upevnění – hydromotor musí být fixován proti působení radiálních sil. Další důležitou částí je samotné těsnění, na němž závisí spolehlivost funkce. Těsnění pístů a pístnic se provádí pomocí manžet, stále častěji však pomocí kombinovaného těsnění. [6]

(17) Hydromotor pro rotační pohyb sloupu: Toto zařízení uskutečňuje rotační pohyb sloupu vůči základně. Používají se dva rozdílné principy. Tím prvním je použití hydromotoru s kyvným pohybem (hřebenový převod). Tento princip je velmi spolehlivý a schopný přenášet vysoké krouticí momenty. Nevýhodou je omezený rozsah otáčení (obvykle 370° až 420°). Druhým je rotační hydromotor s pastorkem, který zapadá do ozubeného věnce na čepu

sloupu. U něj je výhodou nižší hmotnost a neomezený rozsah otáčení (nekonečná otoč). Je zde ale nutnost použití rotačního rozdělovače pro další rozvod kapaliny. [6]

(18) Sací filtr: Tento filtr je umístěn na sací větvi před hydrogenerátorem k zajištění požadovaného stupně čistoty hydraulické kapaliny. Některé hydrogenerátory nejsou náchylné na čistotu a tak může být olejový filtr umístěn až za hydrogenerátor do tlakové větve. [6]

(19) Vratný filtr: Přes vratný filtr protéká hydraulická kapalina z vratného potrubí systému. Filtr je nejčastěji připevněn co nejbližší olejové nádrži, nebo i přímo na ni. [6]

(20) Olejová nádrž: Hydraulická nádrž musí být konstruována s dostatečnou kapacitou kapaliny pro pohon celého systému hydraulické ruky. Počítá se s krajními polohami hydromotorů. Nesmí se opomenout ani na vedení hydraulické soustavy s příslušenstvím. [6]

2.2.3. Doplnková výbava hydraulické ruky

Díky vysoké univerzálnosti použití hydraulické ruky, jsou standardně vybavovány příslušenstvím pro zajištění zejména funkčnosti, bezpečnosti a pohodlí při jejím ovládní. Lze tak zmínit například různé druhy výměnných prostředků pro uchopení břemen, nezávislé hydraulické pohony a agregáty, přídavné stabilizační podpěry a jiné.

2.2.4. Obecný popis montáže hydraulické ruky

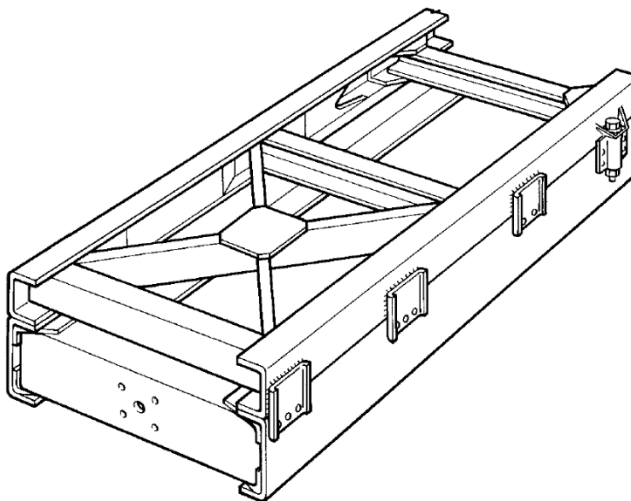
Montáž hydraulické ruky na vozidlo se provádí dvěma způsoby. Prvním je přímé umístění soustrojí na rám vozidla. Toto řešení je ale použitelné pouze pro lehkou řadu hydraulické ruky a zejména pro třídu vozidel do 3,5 t. Druhou možností je spojení rámu vozidla a základny hydraulické ruky pomocí prostředního mezidílu, tzv. pomocného rámu. Tímto způsobem jsou realizovány i montáže různých nástaveb (valník, sklápěčka atd.). [6, 7]

Jelikož je tato práce zaměřena na nákladní vozidla typu valník s hydraulickou rukou, jsou následující kapitoly věnovány pouze montáži s pomocným rámem. Použitím pomocného rámu dochází ke zvýšení celkové torzní tuhosti vozidla a rám je tak schopen odolávat namáhání od hydraulické ruky. [6]

Pomocný rám

Konstrukce pomocného rámu zpravidla tvoří dva podélné prvky (podélníky) kopírující žebřinový rám vozidla. Prvky jsou nejčastěji čtvercového, obdélníkového nebo

U profilu. Tyto podélné prvky jsou v několika místech příčně spojeny dalšími prvky (příčníky) a vzniká tak typická konstrukce jednoduchého rámu (Obrázek 6). Obecně platí, že při použití hydraulické ruky z řad těžkých, musí mít pomocný rám logicky větší tuhosti (složitější rámy s více příčkami). Obecně jsou pro výrobu pomocných rámu doporučovány uhlíkové oceli s mezí kluzu vyšší než 350 MPa. Konkrétní doporučované materiály jsou pak uvedeny v instrukcích pro nástavbáře jednotlivých výrobců. [6,7]



Obrázek 6: Pomocný rám [7]

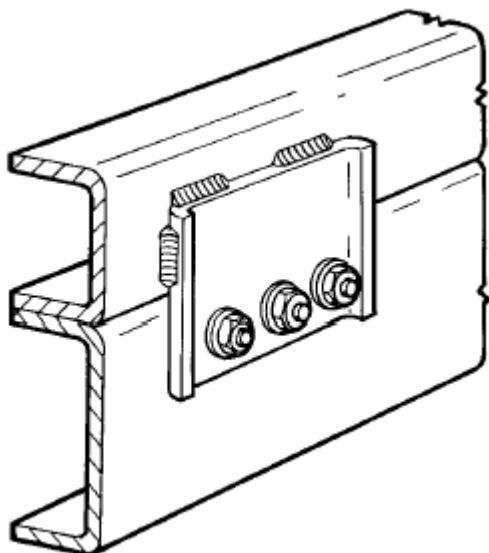
Uchycení hydraulické ruky

Spojení hydraulické ruky a pomocného rámu je prováděno přesným způsobem zadaným výrobcem ruky. Nejčastěji se jedná o spoj za pomoci tzv. kotevních šroubů. Jedná se o pevnostní závitové tyče umístěné v připravených otvorech v základně na jedné straně. Na druhé straně jsou tyto tyče zasunuty do tzv. kotevních trubek, které jsou přivařeny k pomocnému rámu. Oba celky jsou k sobě přitaženy utahováním matic na závitových tyčích na předepsaný utahovací moment zadaný výrobcem. Méně časté jak pak spojení prostřednictvím sevření obou rámu závitovými tyčemi a deskami. [6, 7]

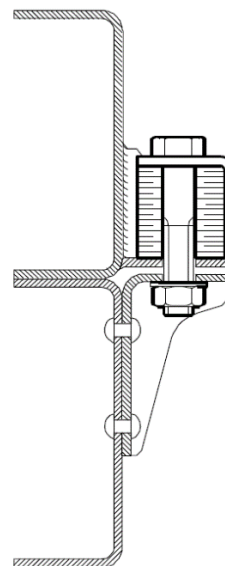
Uchycení pomocného rámu

Spojení pomocného rámu a žebřinového rámu se dle doporučení výrobce nákladního vozidla řídí zejména torzní tuhostí nástavby. Existují dva typy spojů – tuhý a měkký. Tuhý spoj (na Obrázku 7) je uskutečněn pomocným plechem na jedné straně přivařeným k pomocnému rámu a na druhé straně přišroubován pevnostními šrouby. Na měkké spoje (Obrázek 8) se používají různé pryžové elementy nebo pružiny. V určitých případech lze rámy

spojit tzv. „na pevno“ jen s pomocí tuhých spojů (například vozidlo pro svoz odpadu s pčehovačem). Nicméně pro správné fungování vozidla je nevyhnutelné zajistit, aby se pomocný rám mohl vůči druhému rámu v malém rozsahu pohybovat ve svislém směru. Tohoto efektu lze dosáhnout použitím kombinace pevných a měkkých spojů a vytvořit tak částečně tuhé spojení. [6, 7]



Obrázek 7: Příklad tuhého spojení [7]



Obrázek 8: Příklad měkkého spojení [7]

2.2.5. Umístění hydraulické ruky dle montáže

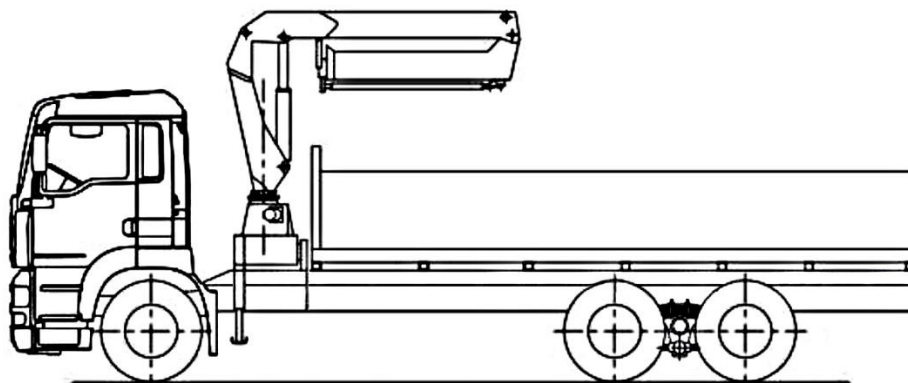
Umístění hydraulické ruky na vozidlo je realizováno na základě primárních požadavků zákazníka s ohledem na technicky možné řešení. Z tohoto hlediska jsou k dispozici tři základní varianty:

- montáž za kabinou,
- zadní montáž,
- střední montáž.

Montáž za kabinou

V dnešní době nejběžnějším způsobem je montáž za kabinou – viz Obrázek 9. Hydraulická ruka je umístěna mezi kabinu vozidla a zadní nástavbu. Jedná se o vhodné řešení z hlediska rovnoměrného rozložení hmot na vozidle. I tak má tento druh umístění lehký sklon k přetěžování přední nápravy. Je tedy nezbytné kontrolovat zejména toto zatížení, aby nepřekračovalo hodnoty dané legislativou a výrobcem vozidla. Přetížení přední nápravy lze

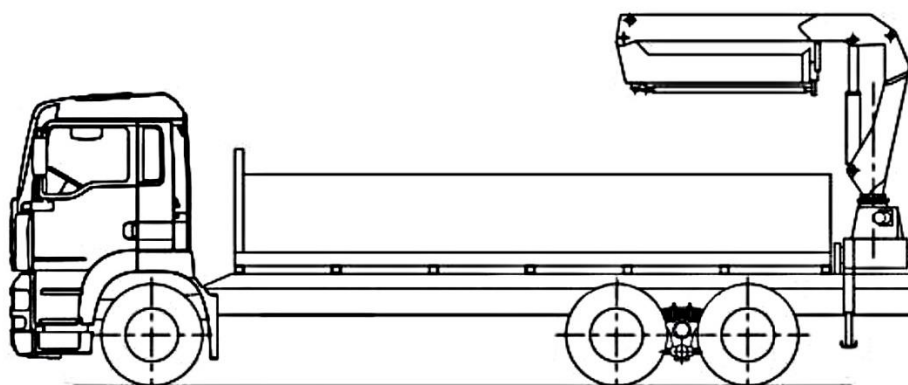
řešit například jiným výběrem podvozku (vozidlo s dvounápravou vpředu), namontováním tužšího odpružení (zvýšení únosnosti nápravy), nebo rozmístěním pohonu a příslušenství, hydraulické ruky. [5, 8]



Obrázek 9: Montáž za kabinou [8, upraveno autorem]

Zadní montáž

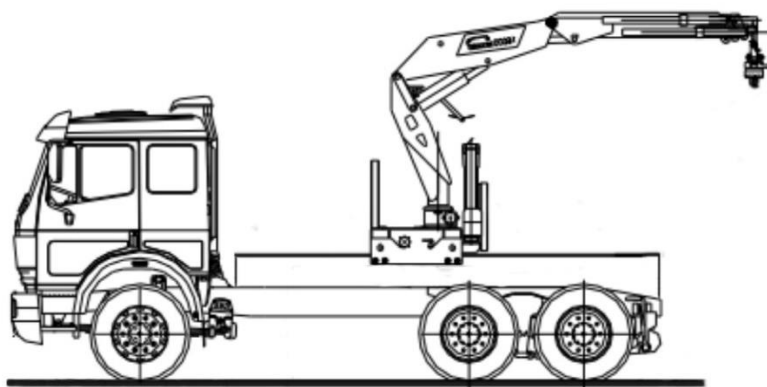
Druhým nejvíce používaným provedením je montáž v zadní části vozidla – viz Obrázek 10. Hlavním důvodem tohoto umístění hydraulické ruky je velká vzdálenost vyložení, při sprážení nákladního vozidla do soupravy s přívěsem. Jednou hydraulickou rukou lze tedy obsluhovat zároveň nastavbu nákladního vozu i přívěs bez nutnosti jeho odpojení ze soupravy. Zadní umístění je náchylné na kroucení celého rámu – způsobuje vysoký krut vytvářený hydraulickou rukou. Pomocné rámy tak musí být dimenzované na dostatečnou tuhost, dopomáhá tomu použití konstrukční prvku tzv. torzního kříže, který zvyšuje tuhost rámu. [5, 8]



Obrázek 10: Zadní montáž [8, upraveno autorem]

Střední montáž

Nejméně používaným umístěním je střední montáž hydraulické ruky – viz Obrázek 11. Toto řešení už se podobá klasickému autojeřábu a má v podstatě jen dvojí využití. První možností je použití v soupravě složené z nákladního vozidla a přívěsu. Jedná se ale o méně efektivní řešení z hlediska množství i hmotnosti přepravovaného nákladu, kde je náklad přepravován pouze na přívěsu. Druhou možností je montáž hydraulické ruky z těžké řady, který dosahují vyšších manipulačních hmotností a hodnot vyložení. U takových vozidel je již vlastní užitečná hmotnost na přepravu nákladu minimální a vozidla tak mají odlišné využití. Jsou používány spíše jako klasické autojeřáby a vyprošťovací vozy. [5, 8]



Obrázek 11: Střední montáž [8, upraveno autorem]

2.3. Legislativní předpisy pro nákladní vozidla

Při provozování vozidel na území České republiky ukládá zákon povinnost řídit se danými legislativními předpisy, které musí výrobci vozidel zohlednit v jejich návrhu a konstrukci. Tyto podmínky upravuje zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a také vyhláška č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Pro správné rozdělení vozidel je dále uvedena Evropská směrnice 2007/46/ES, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla.

V následujících podkapitolách jsou vypsány nejdůležitější parametry, informace a citace z uvedených předpisů, které musí nákladní automobil homologovaný pro terénní užití splňovat, aby mohl být legálně provozován na pozemních komunikacích.

2.3.1. Kategorizace vozidel

Dle § 3 zákona 56/2001 Sb. [9] se silniční vozidla rozdělují na tyto základní druhy:

- a) motocykly,
- b) osobní automobily,
- c) autobusy,
- d) nákladní automobily,
- e) vozidla zvláštního určení a speciální vozidla,
- f) přípojná vozidla
- g) ostatní silniční vozidla.

Dle evropské směrnice 2007/46/ES [10] jsou základní kategorie vozidel definovány podle následující klasifikace:

- a) kategorie L – motorová vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly,
- b) kategorie M – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a jsou konstruovaná a vyrobená pro dopravu osob,
- c) kategorie N – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a jsou konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů,
- d) kategorie O – přípojná vozidla,
- e) kategorie T – traktory zemědělské nebo lesnické,
- f) kategorie S – pracovní stroje,
- g) kategorie R – ostatní vozidla, která nelze zařadit do výše uvedených kategorií.

Kategorie vozidel N se pak dále dělí na:

- N1 – vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů s maximální hmotností nepřevyšující 3,50 t,
- N2 – vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů s maximální hmotností vyšší než 3,50 t, ale nepřevyšující 12,00 t,
- N3 – vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů s maximální hmotností vyšší než 12,00 t.

Kategorie terénních vozidel se značí N1G, N2G, N3G. [10]

Do kategorie N se též zahrnují:

- speciální automobily určené pro vykonávání určitých prací,
- tahače určené k tažení návěsů nebo přívěsů.

U tahače určeného ke spojení s návěsem (tahač návěsu), se za hmotnost uvažovanou pro klasifikaci vozidla považuje hmotnost tahače v pohotovostním stavu, zvětšená o hmotnost odpovídající maximálnímu statickému svislému zatížení, kterým působí návěs na tahač a tam, kde to přichází v úvahu, zvětšená dále o maximální hmotnost vlastního nákladu tahače. [10]

2.3.2. Povolené hmotnosti vozidel

Stanovení povolených hmotností se věnuje § 5 vyhlášky č. 209/2018 Sb., o největší povolené hmotnosti silničních vozidel, zvláštních vozidel a jejich rozdělení na nápravy. [11]

Hodnoty hmotností na nápravu, skupinu náprav vozidla a jízdních souprav včetně nákladu, jejichž překročení ohrožuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích nebo stav pozemní komunikace, činí:

- a) u jednotlivé nápravy 10,00 t,
- b) u jednotlivé hnací nápravy 11,50 t,
- c) u dvojnápravy motorových vozidel součet zatížení obou náprav dvojnápravy nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru
 - a. do 1,0 m – 11,50 t,
 - b. od 1,0 m a méně než 1,3 m – 16,00 t,
 - c. od 1,3 m a méně než 1,8 m – 18,00 t,
 - d. od 1,3 m a méně než 1,8 m, je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním nebo pérováním uznaným za rovnocenné nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,50 t – 19,00 t,
- d) u dvojnápravy přípojných vozidel součet zatížení obou náprav dvojnápravy při jejím dílčím rozvoru
 - a. méně než 1,0 m – 11,00 t,
 - b. od 1,0 m a méně než 1,3 m – 16,00 t,
 - c. od 1,3 m a méně než 1,8 m – 18,00 t,
- e) u trojnápravy motorových vozidel součet zatížení všech náprav trojnápravy – 27,00 t,
- f) u jednotlivé nepoháněné nápravy v trojnápravě motorových vozidel – 9,00 t,
- g) u trojnápravy přípojných vozidel součet zatížení všech náprav trojnápravy při jejím dílčím rozvoru

- a. do 1,3 m včetně – 21,00 t,
- b. nad 1,3 m do 1,4 m včetně – 24,00 t,
- c. nad 1,4 m do 1,8 m včetně – 27,00 t.

Dvojnápravou se rozumí dvě za sebou umístěné nápravy, jejichž středy jsou při přípustné hmotnosti od sebe vzdáleny (dílčí rozvor) nejvýše 1,8 m. Trojnápravou se rozumí tři za sebou umístěné nápravy, jejichž součet dílčích rozvorů činí nejvýše 2,8 m.

Hodnoty hmotností vozidel a jízdních souprav včetně nákladu, jejichž překročení ohrožuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích nebo stav pozemní komunikace, činí:

- a) u motorových vozidel se dvěma nápravami – 18,00 t,
- b) u motorových vozidel se třemi nápravami – 25,00 t,
- c) u motorových vozidel se třemi nápravami, je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním nebo pérováním uznaným za rovnocenné, nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,50 t – 26,00 t,
- d) u motorových vozidel se čtyřmi a více nápravami – 32,00 t,
- e) u přívěsů se dvěma nápravami – 18,00 t,
- f) u přívěsů se třemi nápravami – 24,00 t,
- g) u přívěsů se čtyřmi a více nápravami – 32,00 t,
- h) u jízdních souprav – 48,00 t.

Dále je potřeba zmínit následující ustanovení podle § 6 v této vyhlášce [11] o hmotnostech vyžadovaných pro provoz na pozemních komunikacích.

- Největší povolená hmotnost vozidla nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti vozidla. Největší povolená hmotnost jízdní soupravy nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti jízdní soupravy. Největší povolená hmotnost na nápravu nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti na nápravu.
- Okamžitá hmotnost vozidla (soupravy) nesmí překročit největší povolenou hmotnost vozidla (soupravy). V případě znečištění (např. bláto, sníh, voda) se připouští překročení největší povolené hmotnosti vozidla (soupravy) maximálně o 3 %.

- Pro používání vozidel a souprav, jejichž okamžitá hmotnost přesahuje největší povolenou hmotnost nebo u nichž okamžitá hmotnost připadající na nápravu přesahuje největší povolenou hmotnost na nápravu, platí zvláštní právní předpisy.
- Hmotnost připadající na řízenou nápravu (nápravy) motorového vozidla kategorie N – měřeno při stání na vodorovné vozovce – nesmí poklesnout pod 20 % okamžité hmotnosti.
- U vozidel kategorií M, N, O a L v provozu se připouští nerovnoměrnost rozložení okamžité hmotnosti vozidla na kola jednotlivých náprav mezi pravou a levou polovinou, pokud to dovoluje únosnost pneumatiky, nejvýše však 15 % hmotnosti připadající na nápravu. Tato hodnota však může být překročena, pokud výrobce stanoví pro vozidlo a jeho určitou hmotnost rozmezí přípustných poloh těžiště nákladu a uvede tyto údaje v příručce pro uživatele vozidla.
- Náklad na vozidle (i v soupravě) musí být rovnoměrně rozložen a řádně zajištěn vhodným technickým zařízením proti pohybu. Pokud je k připevnění nákladu použita poutací a upínací souprava, musí být v řádném technickém stavu a vázací síla uvedená na štítku musí odpovídat hmotnosti přepravovaného nákladu.

2.3.3. Povolené rozměry vozidel

Podmínky pro rozměry upravuje § 7 vyhlášky č. 209/2018 Sb., o největších povolených rozměrech vozidel a jízdních souprav [11]. Rozměry vozidel a jízdních souprav včetně nákladu, jejichž překročení ohrožuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, a jejich hodnoty jsou:

- a) největší povolená šířka vozidel kategorií M2, M3, N, O, OT, T – 2,55 m,
- b) největší povolená výška vozidel kategorií N – 4,20 m,
- c) největší povolená délka jednotlivého vozidla s výjimkou autobusu a návěsu – 12,00 m,
- d) největší povolená délka jízdní soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem – 18,75 m.

Další požadavky na povolené rozměry vozidel a jízdních souprav jsou následující.

- Délka zadního převisu vozidla, s výjimkou přívěsu s nápravami uprostřed, nesmí být větší než 1/3 celkové délky, nejvýše však 3,50 m; toto ustanovení se nepoužije pro vozidla homologovaná nebo schválená podle směrnic 96/53/ES a/nebo 97/27/ES.
- Vzdálenost předního obrysu vozidla kategorie M nebo N (včetně nástaveb) nesmí být větší než 3,00 m od středu volantů a u vozidel kategorií T a SS (včetně nástaveb

a pracovních strojů nesených) nejvýše 4,00 m; toto ustanovení se nepoužije pro vozidla homologovaná nebo schválená podle směrnic 96/53/ES a/nebo 97/27/ES.

2.3.4. Další předpisy a pravidla

Mimo výše citované předpisy jsou pro provoz nákladního vozidla na území České republiky platné následující dokumenty:

- vyhláška č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel,
- vyhláška č. 211/2018 Sb., o technických prohlídkách,
- vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích,
- zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách,
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Pro provoz nákladních vozidel mimo území České republiky, je nutné splňovat další mezinárodní normy, směrnice a nařízení (například předpisy dané Evropskou hospodářskou komisí), jejichž absolutní výčet však není nezbytný pro účely této práce.

3. Návrh vozidla s valníkovou nástavbou a hydraulickou rukou dle požadavku zadavatele

Účelem této kapitoly je shrnout požadavky vyplývající ze zadání diplomové práce, představit zadavatele, jeho pokyny a konkrétní parametry podvozku a přepravovaného nákladu. Definovaný podvozek je pro srovnání také porovnán s nabídkou jiných výrobců na základě vybraných parametrů.

3.1. Zadavatel práce

Společnost IVECO je předním evropským a světovým výrobcem motorových vozidel. Jedná se o mezinárodního lídra v celkovém vývoji, výrobě, marketingu a servisu rozsáhlé řady lehkých, středně těžkých a těžkých užitkových vozidel, městských, meziměstských a dálkových autobusů, hasičských vozidel, obranných vozidel a terénních vozidel pro stavební a těžební práce. Její název je zkratkou anglického označení Industrial vehicle corporation. Skládá se z několika divizí – mezi nejhlavnější patří IVECO Trucks, IVECO Bus, IVECO Defense vehicle, Astra a Magirus. Společnost sídlí v Turíně a jejím vlastníkem je průmyslová skupina CNH Industrial. Pro českého zákazníka je známá zejména svým místním výrobním závodem divize IVECO Bus, nacházejícím se ve Vysokém Mýtě. [12]

IVECO vlastní výrobní závody v 11 zemích v celé Evropě, Asii, Africe, Oceánii a Latinské Americe, kde vyrábí vozidla s nejmodernějšími technologiemi. Ve více než 160 zemích světa, ve kterých zaměstnává okolo 25 000 lidí, mají prodejní a servisní zastoupení a garantují tak technickou podporu všude tam, kde jezdí a pracují jejich vozidla. [12]

Vozidla využívají nejnovější strojírenské technologie s cílem uspokojit potřeby současné i budoucí mobility. Společnost investuje do vývoje alternativních pohonných systémů, zahrnující zemní plyn (CNG), biopaliva, hybridní technologie a elektromotory. Tím se zavazuje k bezpečné, efektivní, pohodlné a udržitelné dopravě respektující lidi i životní prostředí. [12]

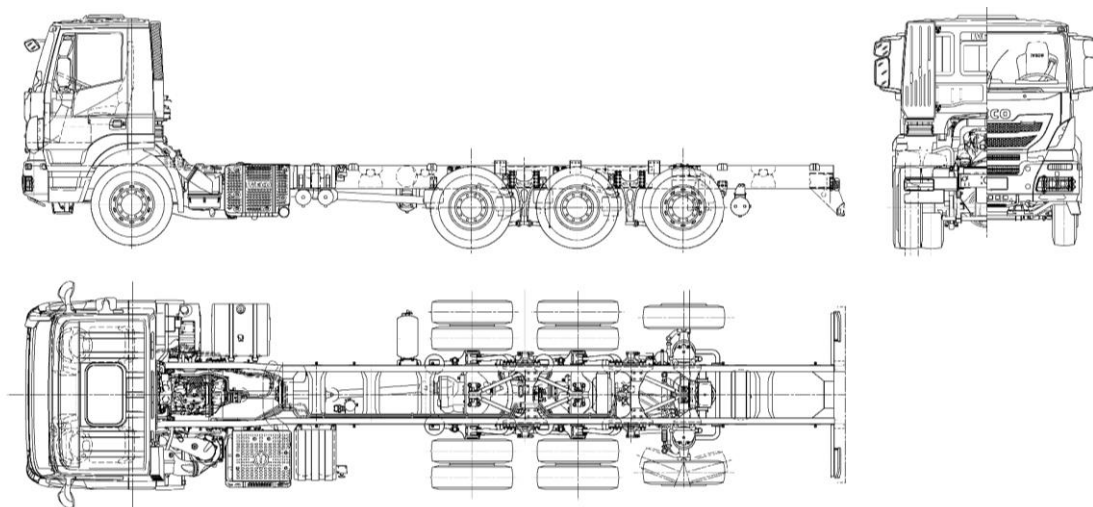
3.2. Obecné požadavky zadavatele

Zadavatel práce určil pro montáž čtyřnápravový podvozek v uspořádání IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF tridem. Dále stanovil následující specifické požadavky, které musí vozidlo splňovat.

- **Požadavky na hydraulickou ruku:**
 - Vyložení nákladu 10 m do boku od osy vozidla nákladu.
 - Vyložení stavební buňky/kontejneru (20 stop, 5 t).
 - Splnění legislativních předpisů pro použití vozidla na pozemní komunikaci.
- **Požadavky na valník:**
 - Primárně přeprava stavební buňky/kontejneru (20 stop, 5 t).
 - Přeprava stavebního materiálu.
 - Snadné a rychlé zabezpečení nákladu proti pohybu.
 - Splnění legislativních předpisů pro použití vozidla na pozemní komunikaci.

3.3. Podvozek dle specifikace zadavatele

Podle zadání práce je pro montáž nutné použít čtyřnápravový podvozek v uspořádání IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF tridem. Jedná se o platformu 8x4/4 (1+3), kdy je umístěna jedna náprava vpředu a tři vzadu, spřažené do trojnápravy. Poháněná je 2. a 3. náprava, říditelná je 1. a 4. náprava. Díky poslední vlečené říditelné nápravě má vozidlo s tímto typem podvozku lepší manévrovatelnost a menší poloměr otáčení. Poslední náprava je v případě nutnosti zvednutelná. Schéma podvozku je vidět na Obrázku 12. [12]



Obrázek 12: Schéma zadaného podvozku [12, upraveno autorem]

Samotné vozidlo je vybaveno vysokopevnostním žebřinovým rámem a tuhými nápravami a je dodáváno s veškerým příslušenstvím nutným pro provoz na pozemních komunikacích. Detailní popis je uveden v technickém listě kompletního vozidla, který je k dispozici v příloze. V Tabulce 2 je uvedena výbava, jakou je vozidlo s tímto typem podvozku osazeno. Další technické parametry vozidla jsou uvedeny ve vypracovaném technickém listu vozidla, který je uložen v příloze této práce [12].

Tabulka 2: Základní charakteristika vozidla IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF tridem [12]

Uspořádání podvozku	8x4/4 (1+3) tridem
Motor	F3G 460hp Cursor 11 EuVIId
Převodovka a spojka	HltroniX 12 TX 2210 TO
Rám podvozku	Ocelový žebřinový rám
Pneumatiky	315/80R22,5 region
Brzdy	Kotoučové - kotoučové
Kabina	AD-EVO LR
Konstrukce	Off-road
Rozvor	4500 [mm]
Celková hmotnost vozidla technická / legislativní	35 / 32 [t]

3.3.1. Srovnání podvozků jiných výrobců

Jedním z úkolů diplomové práce je nalézt podvozek 8x4/4 (1+3) tridem u jiných výrobců a porovnat je mezi sebou z hlediska podvozkových rozměrů a hmotnostního zatížení.

Srovnání níže je provedeno pouze pro vozidla primárně určená pro evropský trh. Mimoevropské značky jako je například Hino (Japonsko) nebo Peterbilt, Kenworth a Freightliner (všichni USA) musí splňovat jiné mimoevropské předpisy a normy a jejich zařazení do seznamu tak není vhodné. Z hlavních evropských výrobců zde chybí pouze společnost Daf (Nizozemsko), který tento druh podvozku nevyrobí a nemá ho proto v nabídce. Jako příklad je na Obrázku 13 uveden podvozek výrobce Scania označovaný jako S500 B8x4*4.



Obrázek 13: Scania S500 B8x4*4 [13]

Srovnání je zhodnocené podle následujících hlavních parametrů podvozku, které jsou zde uvedeny i s vysvětlením.

- **Konstrukce:** Většina vozidel je homologována pouze pro provoz na silnici. Některé jsou uzpůsobeny i pro fungování v lehčím terénu (Off-road). Tyto vozy se poznají podle větší stoupavosti v terénu a podle vyšších nájezdových úhlů.
- **Rozvor L_1 [mm]:** Rozvorem u této čtyřnápravové platformy je myšlena vzdálenost mezi první a druhou nápravou.
- **Převis H [mm]:** Hodnota převisu je dána vzdáleností od poslední (čtvrté) nápravy po konec rámu podvozku.
- **Zatížení přední nápravy R_1 [t]:** Maximální možné zatížení přední nápravy je předepsané legislativou na 8 t ($R_{1_max_l}$). Vozidla jsou ale konstruována na vyšší limitní zatížení, označované jako maximální technické zatížení přední nápravy ($R_{1_max_t}$).
- **Zatížení zadní nápravy R_2 [t]:** Maximální možné zatížení zadní nápravy je předepsané legislativou na 27 t ($R_{2_max_l}$). Vozidla jsou ale konstruována na vyšší limitní zatížení, označované jako maximální technické zatížení zadní nápravy ($R_{2_max_t}$).
- **Celková hmotnost vozidla R [t]:** Maximální možná celková hmotnost vozidla je předepsaná legislativou na 32 t (R_{max_l}). Vozidla mají ale díky výše zmíněným vyšším hmotnostem na jednotlivých nápravách vyšší možnou hmotnost vozidla. Označuje se jako celková technická hmotnost vozidla (R_{max_t}).

Výše definované parametry jsou pro srovnání zaneseny do následující tabulky. Ostatní parametry jako je například pohotovostní hmotnost na přední/zadní nápravě/celková, nebo

užitečná hmotnost technická, je téměř nemožné srovnat. Tento parametr je totiž přímo závislý na výběru rozvoru. Zjednodušeně řečeno, pro každý rozvor je jiná například pohotovostní hmotnost.

Tabulka 3: Srovnání podobných podvozků jiných výrobců [12], [13], [14], [15], [16],

Podvozek	Konstrukce	L_1 [mm]	D [mm]	$R_{1_{max,t}}$ [t]	$R_{2_{max,t}}$ [t]	$R_{max,t}$ [t]
Iveco Stralis X-Way 8x4/4 (1+3) tridem	Off-road/ Silnice	3200 – 5100	1700 – 2000	9	27	35
Volvo FMX 8x4 tridem	Off-road/ Silnice	3700 – 5200	1700 – 2000	9	27	36
Scania S500 B8x4*4	Off-road/ Silnice	3150 – 5350	1700 – 2000	10	27	34
Mercedes-Benz Arocs 3230 L 8x4	Off-road/ Silnice	3600 – 5700	2000	7,5	26,5	34
MAN TGS 8x4-4	Silnice	3300 – 4200	1700 – 2000	7,5	27	35
Renault 520 P8X4*4 TRIDEM	Silnice	4300 – 5600	2000	9	27	32

Ze srovnávací tabulky vyplývá, že ostatní výrobci (Volvo, Scania, Mercedes-Benz, MAN a Renault) vyrábí podvozek 8x4/4 (1+3) tridem s podobnými parametry. Zejména pak Volvo, Scania a Mercedes-Benz díky homologaci tohoto podvozku i pro terénní užití jsou blízkými konkurenty společnosti IVECO.

3.4. Parametry přepravovaného nákladu

Přepravovaný náklad na valníkové nástavbě je blíže popsán v kapitole 2.1.3. Níže jsou vyzdvíženy výhody a nevýhody vybraných dvou typů přepravní jednotky – kontejneru a europalety, společně s konkrétními parametry vyplývajícími ze zadání.

Kontejner/Stavební buňka

Obrovskou výhodou využití kontejneru jako přepravní jednotky je standardizace jeho rozměrů, která zjednodušuje, zpřehledňuje, urychluje a zlevňuje překládku zboží mezi různými druhy dopravních prostředků. Díky tomu lze používat unifikovanou přepravní

techniku (nákladní automobily a návěsy, železniční vozy, kontejnerové lodě) a manipulační techniku (speciální kontejnerové jeřáby a vysokozdvíhací vozidla). Další výhodou je již zmíněná možnost stohování kontejnerů do mnoha vrstev nad sebe při železniční/námořní přepravě, na kontejnerových překladištích či při modulární výstavbě (stavební buňky). Nevýhodou je pak stálá přepravovaná vlastní hmotnost kontejneru. [3]

Dle pokynů zadavatele práce je pro přepravu na valníkové nástavbě vybrán kontejner/stavební buňka s délkou 20 stop (6 m). Hmotnost stavební buňky se liší dle výrobce. Na českém trhu se nejčastěji vyskytují buňky s hmotností od 2,2 t po 3 t. Konkrétní parametry tohoto kontejneru použité dále v práci jsou uvedeny v Tabulce 4.

Tabulka 4: Základní parametry kontejneru [16]

Parametr		Hodnota
Vnější rozměry	Délka	6,058 m
	Šířka	2,438 m
	Výška	2,591 m
Vnitřní rozměry	Délka	5,776 m
	Šířka	2,352 m
	Výška	2,385 m
Objem		33,1 m ³
Maximální hmotnost		30 400 kg
Hmotnost prázdného kontejneru		2 200 kg
Ložnost		28 200 kg

Europaleta

Podobně jako u kontejneru patří mezi hlavní přednosti používání europalet jejich standardizace. Zefektivňuje a zrychluje se tím překládka zboží v logistických skladech. Konstrukce umožňuje stohování do mnoha vrstev nad sebou a je možné je ukládat do výškových regálů. Díky tomu při používání palet dochází k dokonalejšímu využití ložné plochy (nákladní automobily, železniční vozy) i plochy skladů. Díky ekologickému materiálu, ze kterého jsou europalety vyrobeny, je vysoké procento zpětné recyklace palety. Nevýhodou je vyšší křehkost a lámavost konstrukce z dřevěného materiálu a tím i dané nebezpečí při nerovnoměrném nebo například bodovém zatížení. [4]

Dle požadavku zadavatele práce na valník a přepravu stavebního materiálu je s výhodou použita europaleta. Její konkrétní parametry použité dále v práci jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5: Základní parametry europalety [17]

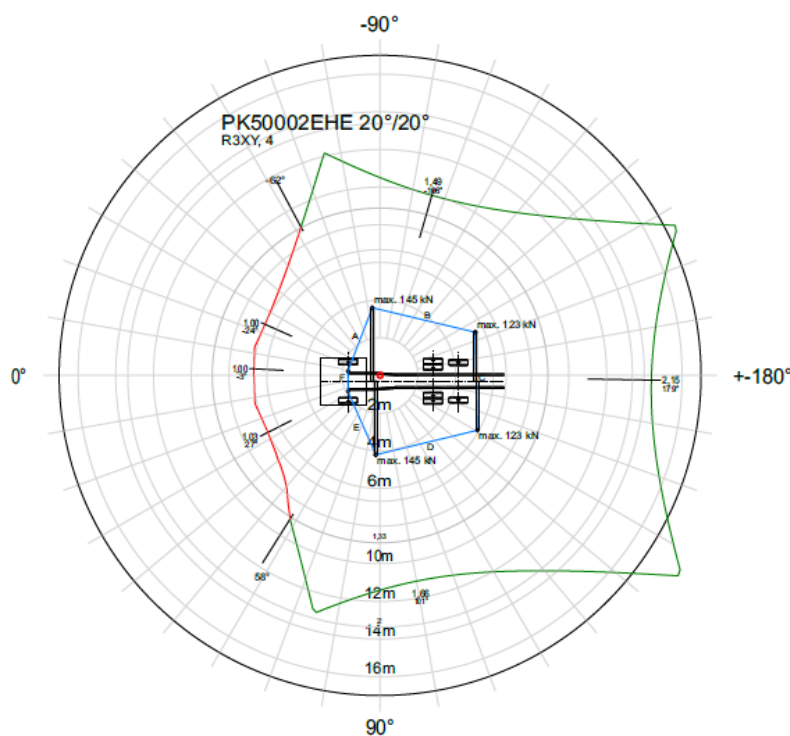
Parametr	Hodnota
Délka	1200 mm
Šířka	800 mm
Výška	144 mm
Plocha	0,96 m ²
Hmotnost prázdné palety	20 – 24 kg
Nosnost	1500 – 2000 kg

4. Teoretická výpočetní část

Tato kapitola se věnuje základním výpočtům vozidla jako celku. Všechny teoretické výpočty jsou prováděny pro podvozek 8x4/4 (1+3) tridem s valníkem s hydraulickou rukou a zadními přidavnými stabilizačními podpěrami – jak bylo představeno v předchozí kapitole. Veličiny potřebné pro výpočty jsou souhrnně uvedeny v úvodu této práce (viz Seznam označených veličin), pro snazší přehlednost jsou ale popsány i níže u jednotlivých rovnic, ve kterých figurují.

4.1. Analýza celkového vozidla pro použití

V dnešní době se analýzy celkového vozidel počítají a kontrolují pomocí výpočetní techniky. Speciální programy velice usnadňují práci nastavbářům, protože v sobě již mají obsažený široký výběr podvozků různých výrobců, jednotlivých komponent a příslušenství. Lze tak virtuálně sestavit navrhované vozidlo podle požadavků zákazníka a v podstatě ihned analyzovat, zda vozidlo vyhovuje pro provoz na pozemní komunikaci. Výstupem takových programů bývají různé diagramy a popisy zátěžných stavů. Jako ukázkou je níže zmíněn diagram stability vozidla (Obrázek 14). Výhodou těchto softwarů je rychlost výpočtu, možnost grafického náhledu a celková variabilita. Tato práce se věnuje převážně vlastním výpočtům rozložení hmotnosti na nápravy a stability vozidla.



Obrázek 14: Diagram stability vozidel [17]

4.1.1. Rozložení hmotnosti na nápravy

Rozložení hmotností na jednotlivých nápravách musí splňovat legislativní podmínky uvedené v kapitole 2.3. Níže následuje teoretický rozbor výpočtu takového rozložení.

Protože se jedná o výpočet s platformou tridem (spřažená trojnáprava), kde je nerovnoměrné zatížení jednotlivých náprav, je nezbytné nejdříve nalézt tzv. teoretický střed trojnápravy. Použije se jako pomocná veličina pro výpočet zatížení jednotlivých náprav a nalezení polohy těžiště [18]. Jeho vzdálenost L_T od přední nápravy je vidět na Obrázku 15, kde

L_T ... vzdálenost mezi 1. nápravou a teoretickým středem trojnápravy [mm],

L_1 ... vzdálenost mezi 1. a 2. nápravou [mm],

L_2 ... vzdálenost mezi 2. a 3. nápravou/3. a 4. nápravou [mm],

L_3 ... vzdálenost mezi teoretickým středem trojnápravy a 2. nápravou [mm],

L_4 ... vzdálenost mezi teoretickým středem trojnápravy a 4. nápravou [mm],

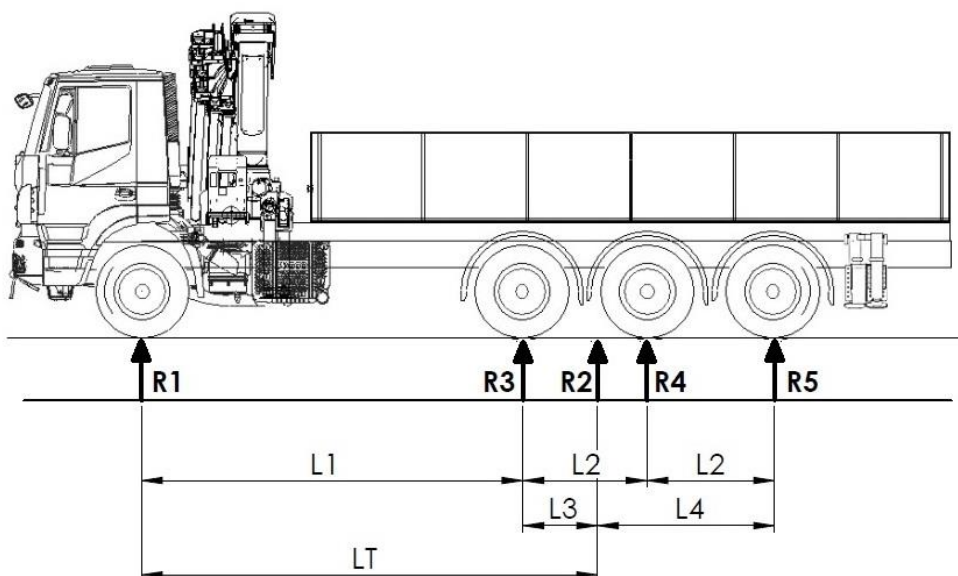
R_1 ... zatížení na 1. nápravě [kg],

R_2 ... zatížení na teoretickém středu trojnápravy [kg],

R_3 ... zatížení na 2. nápravě [kg],

R_4 ... zatížení na 3. nápravě [kg],

R_5 ... zatížení na 4. nápravě [kg].



Obrázek 15: Znázornění výpočtu teoretického středu trojnápravy

Vzdálenost mezi 1. nápravou a teoretickým středem trojnápravy se vypočítá se jako (4.1.1.1).

$$L_T = L_1 + L_3 \text{ [mm]} \quad (4.1.1.1)$$

Vytvořením momentové rovnice k bodu 2 (tj. působiště zatížení R_2), vyjádřením vzdáleností v trojnápravě a rovností zatížení 2. a 3. nápravy se získá (4.1.1.2), (4.1.1.3) a (4.1.1.4).

$$M_2: R_5 \cdot L_4 + R_4 \cdot (L_2 - L_3) - R_3 \cdot L_3 = 0 \quad (4.1.1.2)$$

$$2 \cdot L_2 = L_3 + L_4 \text{ [mm]} \quad (4.1.1.3)$$

$$R_3 = R_4 \text{ [kg]} \quad (4.1.1.4)$$

Následným vzájemným dosazením se dojde k rovnici (4.1.1.5).

$$L_3 = \frac{L_2 \cdot (R_3 + 2 \cdot R_5)}{2 \cdot R_3 + R_5} \text{ [mm]} \quad (4.1.1.5)$$

Dalším možným krokem je výpočet zatížení R_1 až R_5 jednotlivých náprav podle schématu na Obrázku 16, kde

G_{H1} ... hmotnost hydraulické ruky, včetně příslušenství a provozních kapalin [kg],

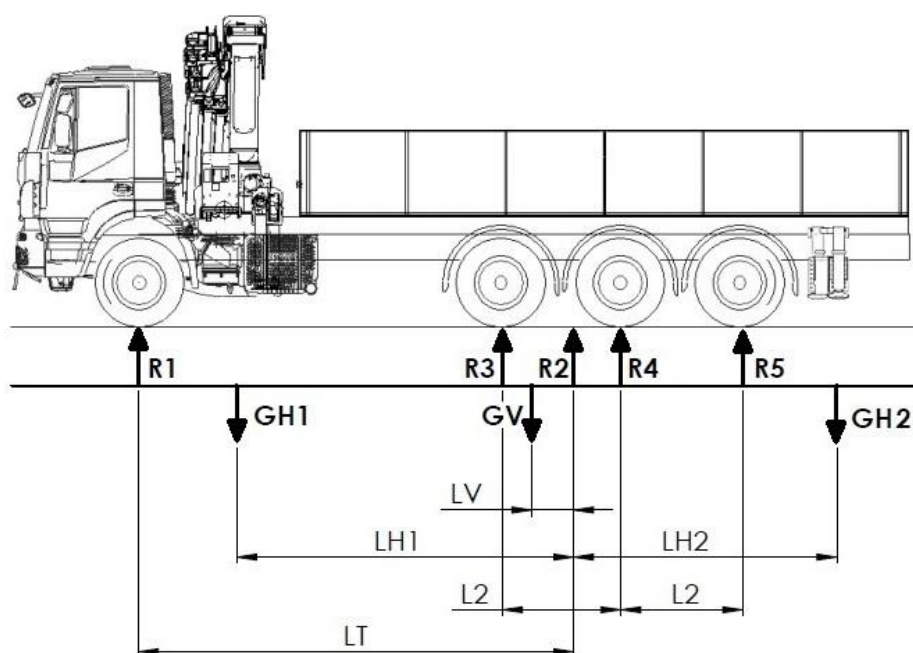
G_{H2} ... hmotnost zadních přidavných stabilizačních podpěr [kg],

G_V ... hmotnost nástavby, včetně příslušenství [kg],

L_{H1} ... vzdálenost těžiště hydraulické ruky od teoretického středu trojnápravy [mm],

L_{H2} ... vzdálenost těžiště zadních stabilizačních podpěr od teoretického středu trojnápravy [mm],

L_V ... vzdálenost těžiště nástavby od teoretického středu trojnápravy [mm].



Obrázek 16: Znázornění výpočtu zatížení jednotlivých náprav

Výpočet může probíhat jednotlivě pro každé zatížení (například od hydraulické ruky) a následným součtem všech složek zatížení jednotlivých náprav. Zde jsou pro minimalizaci počtu rovnic brána všechna zatížení najednou a konečné výsledné zatížení vznikne součtem vypočtených zatížení na nápravy a zatížení samotného podvozku, získaného od výrobce.

Vytvoří se momentové rovnice k bodu 1 a 2 podle obrázku – viz (4.1.1.6) a (4.1.1.7).

$$M1: -R_1 \cdot L_T + G_{H1} \cdot L_{H1} + G_V \cdot L_V - G_{H2} \cdot L_{H2} = 0 \quad (4.1.1.6)$$

$$M2: R_2 \cdot L_T - G_{H2} \cdot (L_T + L_{H2}) - G_V \cdot (L_T - L_V) - G_{H1} \cdot (L_T - L_{H1}) = 0 \quad (4.1.1.7)$$

Z těchto rovnic se poté vyjádří zatížení R_1 jako (4.1.1.8) a R_2 jako (4.1.1.9).

$$R_1 = \frac{G_{H1} \cdot L_{H1} + G_V \cdot L_V - G_{H2} \cdot L_{H2}}{L_T} = 0 \text{ [kg]} \quad (4.1.1.8)$$

$$R_2 = \frac{G_{H2} \cdot (L_T + L_{H2}) + G_V \cdot (L_T - L_V) - G_{H1} \cdot (L_T - L_{H1})}{L_T} \text{ [kg]} \quad (4.1.1.9)$$

Výpočet zatížení na jednotlivých nápravách v zadní trojnápravě se vypočte pomocí momentových rovnic z Obrázku 16 – viz (4.1.1.10), (4.1.1.11) a (4.1.1.4) výše.

$$M5: 2 \cdot R_3 \cdot L_2 - R_2 \cdot L_4 + R_4 \cdot L_2 = 0 \quad (4.1.1.10)$$

$$M3: -R_3 \cdot L_3 + R_4 \cdot L_2 + 2 \cdot R_5 \cdot L_2 = 0 \quad (4.1.1.11)$$

A nakonec tak platí (4.1.1.12), (4.1.1.13) a (4.1.1.14).

$$R_3 = \frac{R_2 \cdot L_4}{3 \cdot L_2} \text{ [kg]} \quad (4.1.1.12)$$

$$R_4 = R_3 \text{ [kg]} \quad (4.1.1.13)$$

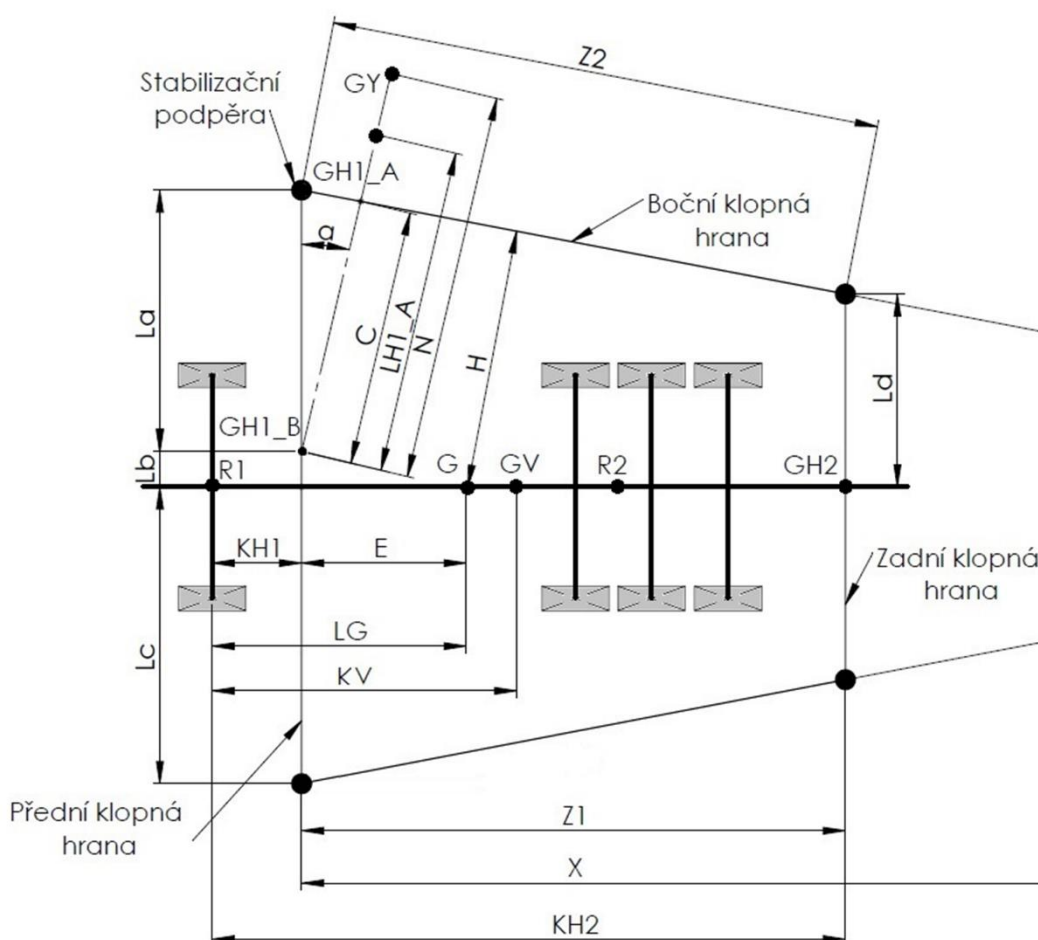
$$R_5 = \frac{R_4 \cdot L_2 - R_2 \cdot L_3}{2 \cdot L_2} \text{ [kg]} \quad (4.1.1.14)$$

Výpočet zatížení jednotlivých náprav se vypočte analogicky, pouze se do schéma na Obrázku 16 zakreslí hmotnost užitečného zatížení G_{UZ} a vzdálenost jeho těžiště od trojnápravy L_{UZ} .

4.1.2. Stabilita vozidla

Teoretický výpočet stability je upravený autorem této práce a vychází z normy EN 12999:2011 a ČSN EN 12999+A2. Výpočet je zjednodušený, například stabilizační podpěry jsou brány v jedné rovině (přímce). Nejsou zahrnuty ani některé důležité činitele ovlivňující stabilitu, jako je výška vozidla. Aby vozidlo mohlo být použito v reálném provozu, muselo by dojít k ověření získaných hodnot praktickou zatěžovací zkouškou.

Výpočet je prováděn pro již zmíněný podvozek 8x4/4 (1+3) tridem s valníkem, hydraulickou rukou a zadními přídatnými stabilizačními podpěrami. Limitní stav je počítán pro vyložené vozidlo, tedy bez užitečného zatížení na valníku.



Obrázek 17: Stabilita se zadními stabilizačními podpěrami

Pro výpočet je důležité definovat některé parametry a veličiny podle Obrázku 17.

Nákladní vozidlo

Potřebné hodnoty pro výpočet lze získat přímo od výrobce nebo experimentálním měřením.

Nezbytné veličiny jsou:

R_1 ... zatížení na 1. nápravě [kg],

R_2 ... zatížení na teoretickém středu trojnápravy [kg],

R ... celková hmotnost vozidla [kg],

L_T ... vzdálenost mezi 1. nápravou a teoretickým středem trojnápravy [mm].

Hydraulická ruka

Potřebné hodnoty pro výpočet lze získat přímo od výrobce nebo experimentálním měřením.

Nezbytné veličiny jsou:

G_{H2} ... hmotnost zadních přidavných stabilizačních podpěr [kg],

P ... kapacita hydraulické ruky [kg],

N ... vyložení od osy rotace – sloupu [mm],

G_{H1_A} ... hmotnost výložníků hydraulické ruky [kg],

G_{H1_B} ... hmotnost základny hydraulické ruky [kg],

L_{H1_A} ... těžiště G_{H1_A} od osy rotace [mm].

Montáž hydraulické ruky na vozidlo

Nezbytné veličiny jsou:

G_V ... hmotnost nástavby, včetně příslušenství [kg],

K_V ... vzdálenost těžiště nástavby od přední nápravy [mm],

K_{H2} ... vzdálenost přidavných podpěr od přední nápravy [mm],

G_Y ... zkušební zatížení [kg],

f_s ... faktor stabilizace [-],

G ... hmotnost vozidla bez hydraulické ruky [kg],

L_G ... vzdálenost těžiště vozidla bez hydraulické ruky od přední nápravy [mm],

G_{H1_X} ... vlastní hmotnost posledního výložníku [kg],

K_{H1} ... vzdálenost osy sloupu a osy přední nápravy [mm],

L_a ... vzdálenost osy sloupu a osy podpěry na převrácené straně [mm],

L_b ... vzdálenost osy sloupu a osy rámu vozidla [mm],

Z_1 ... vzdálenost osy sloupu a osy přidavných podpěr [mm],

L_d ... vzdálenost přidavné podpěry od středu opření po osu rámu vozidla [mm].

Nejdříve je nutné vyjádřit pomocné parametry pro následný výpočet pomocí níže uvedených vztahů (4.1.2.1) až (4.1.2.7).

$$\alpha = \arctg \left[\frac{(L_a + L_b - L_d)}{Z_1} \right] [^\circ] \quad (4.1.2.1)$$

$$C = L_a \cdot \cos \alpha [mm] \quad (4.1.2.2)$$

$$Z_2 = \sqrt{Z_1^2 + (L_a + L_b - L_d)^2} [mm] \quad (4.1.2.3)$$

$$x = \frac{L_a + L_b}{\tan \alpha} [mm] \quad (4.1.2.4)$$

$$L_G = \frac{(R_2 \cdot L_T) + (G_V \cdot K_V) + (G_{H2} \cdot K_{H2})}{G} [mm] \quad (4.1.2.5)$$

$$E = L_G - K_{H1} [mm] \quad (4.1.2.6)$$

$$H = \sin \alpha \cdot (x - E) [mm] \quad (4.1.2.7)$$

Dále je nutné určit hmotnost zkušebního zatížení dle vztahů (4.1.2.8) až (4.1.2.9).

$$G_Y = (P \cdot f_s) + (f_s - 1) \cdot G_{H1_X} [kg] \quad (4.1.2.8)$$

$$G_{H1_X} = \frac{G_{H1_A} \cdot L_{H1_A}}{N} [kg] \quad (4.1.2.9)$$

Pokud u hmotnosti zkušebního zatížení platí podmínka (4.1.2.10), pak se toto zatížení získá ze stejné podmínky jako maximum, tedy podle rovnice (4.1.2.11).

$$G_Y < 1.25 \cdot P \quad (4.1.2.10)$$

$$G_Y = 1.25 \cdot P [kg] \quad (4.1.2.11)$$

Pro výpočet stability vozidla je důležité získat dva momenty – stabilizační (napomáhá ke stabilitě vozidla) a klopný (nutí naopak vozidlo k převrácení). Oba momenty lze jednoduše získat z momentových rovnic k jednotlivým klopným hranám (Obrázek 17 výše). Následným porovnáním těchto momentů lze určit bezpečnost, zda je vozidlo pro vyložení určitého břemena stabilní. [19]

Výpočet stability na boční straně vozidla

Jestliže je $L_{H1_A} > C$, platí následující rovnice pro výpočet momentu:

- stabilizační moment – (4.1.2.12),
- klopný moment – (4.1.2.13).

$$M_S = G \cdot H + G_{H1_B} \cdot C \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.12)$$

$$M_R = G_Y \cdot (N - C) + G_{H1_A} \cdot (L_{H1_A} - C) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.13)$$

Jestliže je $L_{H1_A} < C$, platí následující rovnice pro výpočet momentu:

- stabilizační moment – (4.1.2.14),
- klopný moment – (4.1.2.15).

$$M_S = G \cdot H + G_{H1_B} \cdot C + G_{H1_A} \cdot (C - L_{H1_A}) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.14)$$

$$M_R = G_Y \cdot (N - C) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.15)$$

Bezpečnost pro oba stavy se vypočte pomocí (4.1.2.16).

$$K = \frac{M_S}{M_R} > 1 [-] \quad (4.1.2.16)$$

Výpočet stability v přední části vozidla

Jestliže je $L_{H1_A} > K_{H1}$, platí následující rovnice pro výpočet momentu:

- stabilizační moment – (4.1.2.17),
- klopný moment – (4.1.2.18).

$$M_S = G \cdot L_G + G_{H1_B} \cdot K_{H1} \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.17)$$

$$M_R = G_Y \cdot (N - K_{H1}) + G_{H1_A} \cdot (L_{H1_A} - K_{H1}) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.18)$$

Jestliže je $L_{H1_A} < K_{H1}$, platí následující rovnice pro výpočet momentu:

- stabilizační moment – (4.1.2.19),
- klopný moment – (4.1.2.20).

$$M_S = G \cdot L_G + G_{H1_B} \cdot K_{H1} + G_{H1_A} \cdot (K_{H1} - L_{H1_A}) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.19)$$

$$M_R = G_Y \cdot (N - K_{H1}) \text{ [kg} \cdot \text{mm]} \quad (4.1.2.20)$$

Bezpečnost pro oba stavy se vypočte pomocí (4.1.2.21).

$$K = \frac{M_S}{M_R} > 1 [-] \quad (4.1.2.21)$$

Výpočet stability v zadní části vozidla

Norma EN 12999:2011 dále formuluje, že pokud je stranový výpočet stability ověřen teoretickou zkouškou a je shledán vyhovující, potom je vyhovující také stabilita v zadní části vozidla. [19]

4.2. Připojení pomocného rámu k rámu vozidla

Před výpočtem připojení samotného pomocného rámu je vhodné provést jeho kontrolu odolnosti ohledně dovoleného ohybové napětí materiálu pomocí (4.2.1). [19]

$$\frac{M_{dyn}}{2 \cdot W_o} \leq \sigma_a \text{ [MPa]} \quad (4.2.1)$$

Teorie připojení pomocného rámu k rámu vozidla již byla představena výše v této práci. Nyní se tato kapitola věnuje skutečností, jak se takové spojení kontroluje, aby mohlo vozidlo správně fungovat. Dimenzování pomocného rámu se má provést pro maximální hodnoty momentu zatížení, působícího na jedné straně. Moment zatížení se mění lineárně od maximální hodnoty v bodě montáže hydraulické ruky k nulové hodnotě na zadních přídatných stabilizačních podpěrách.

Předpokládá se, že maximální dynamický moment ruky působí v podélné rovině se svislou osou rotace hydraulické ruky. Ta je totožná, popřípadě rovnoběžná s podélnou osou podvozku vozidla. Pokud je ale osa rotace ruky přesazena oproti podélné ose vozidla (popřípadě když základna ruky nezajišťuje rovnoměrné rozdělení momentu), potom by dynamický moment měl být přenásoben pomocným součinitelem excentricity β_x . Ten se spočítá dle rovnice (4.2.2). [19]

Součinitel β_x je závislý na šířce rámu vozidla b a na vzdálenosti L_b vyosení osy sloupu vzhledem k podélné ose vozidla.

$$\beta_x = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \left(\frac{2 \cdot L_b}{L_G} \right) \cdot k_x \right] \quad (4.2.2)$$

Součinitel β_x se spočítá pomocí vztahu (4.2.2), kde součinitel k_x nabývá hodnot 0 a 1 podle typu pomocného rámu a typu základny dle Tabulky 6.

Tabulka 6: Hodnoty součinitele k_x [19]

Hodnota k_x [-]	Popis rámu/hydraulické ruky
1	Standardní pomocný rám se dvěma podélnými otevřenými profily, spojenými příčnicí/hydraulická ruka se základnou s vahadlem.
0	Samonosné a integrované pomocné rámy.
0,2	Pomocný rám uzavřený v celé délce rámu vozidla. / Hydraulická ruka bez vahadla (tzv. s nekonečnou otočí).

Přepočítaný dynamický moment hydraulické ruky se potom spočítá jako (4.2.3).

$$M_e = M_{dyn} \cdot \beta_x \quad (4.2.3)$$

Kontrola spočívá v posuzování jednotlivých napětí v rámu vozidla a v pomocném rámu vůči dovolenému napětí. Pro připojení rámu vozidla a pomocného rámu existují dva typy spojů – měkké a tuhé připojení (viz kapitola 2.2.4) – kontrola se provede odlišně pro oba způsoby. Pro jednoznačnost jsou rozměry vztahující se k rámu vozidla níže označeny indexem t a k pomocnému rámu indexem c , kde:

M_t ... ohybový moment na rámu vozidla [Nm],

M_c ... ohybový moment na pomocném rámu [Nm],

I_t ... kvadratický moment setrvačnosti rámu vozidla [mm⁴],

I_c ... kvadratický moment setrvačnosti pomocného rámu [mm⁴].

Měkké připojení

Pro výpočet platí následující rovnice (4.2.4) a (4.2.5).

$$M_e = M_c + M_t [N \cdot m] \quad (4.2.4)$$

$$\frac{M_c}{M_t} = \frac{I_c}{I_t} \quad (4.2.5)$$

Vzájemným dosazením se získá ohybový moment na rámu vozidla M_t a ohybový moment na pomocném rámu M_c .

$$M_c = M_e \cdot \left(\frac{I_c}{I_c + I_t} \right) [N \cdot m] \quad (4.2.6)$$

$$M_t = M_e \cdot \left(\frac{I_t}{I_c + I_t} \right) [N \cdot m] \quad (4.2.7)$$

Ohybové napětí na rámech σ_c a σ_t , se snadno spočte následujícími rovnicemi a porovná se s dovoleným napětím materiálu σ_a .

$$\sigma_c = \frac{M_c}{W_c} \leq \sigma_a \text{ [MPa]} \quad (4.2.6)$$

$$\sigma_t = \frac{M_t}{W_t} \leq \sigma_a \text{ [MPa]} \quad (4.2.7)$$

Tuhé spojení rámu

Porovnání vypočtených napětí σ_1 a σ_2 vůči dovolenému napětí σ_a pro tuhé spojení rámu probíhá analogicky, pouze se při výpočtu napětí počítá s průřezovými moduly W_1 a W_2 , kde:

W_1 ... modul průřezu vzhledem ke vzdálenosti krajního bodu podvozku od neutrální osy [mm^3],

W_2 ... modul průřezu vzhledem ke vzdálenosti krajního bodu pomocného rámu od neutrální osy [mm^3].

$$\sigma_1 = \frac{M_e}{W_1} \leq \sigma_a \text{ [MPa]} \quad (4.2.8)$$

$$\sigma_2 = \frac{M_e}{W_2} \leq \sigma_a \text{ [MPa]} \quad (4.2.9)$$

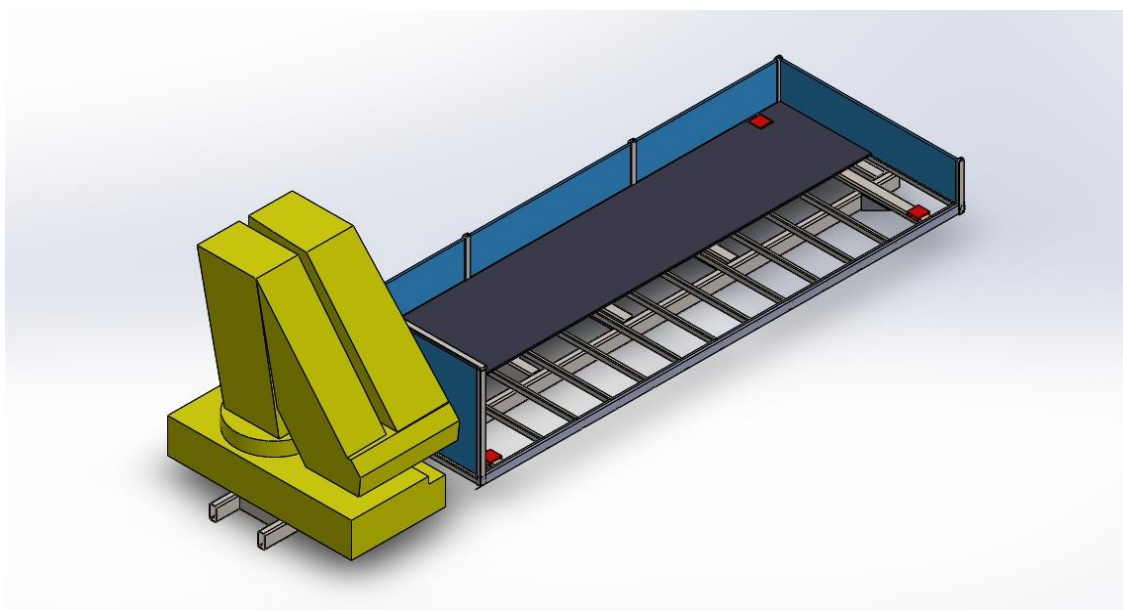
5. Konstrukční část

Na předchozí teoretický rozpor potřebných výpočtů navazuje konstrukční část praktického řešení diplomové práce – tedy samotný konstrukční návrh valníku s hydraulickou rukou na čtyřnápravovém podvozku IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF tridem.

5.1. Konceptní návrh

Dle požadavků zadavatele práce (viz kapitola 3) je výhodné aby valník disponoval funkcí pro rychlé upevnění nákladu. Náklad typu europaleta lze upevnit maximálně jedním způsobem a to za pomoci stažení nákladu popruhy k upevňovacím okům. Kontejner lze ale upevnit více způsoby – jedním z nich je pomocí tzv. zámku výměnné nástavby (vysvětleno níže), kterým jsou vybaveny všechny nástavby pro převoz kontejnerů.

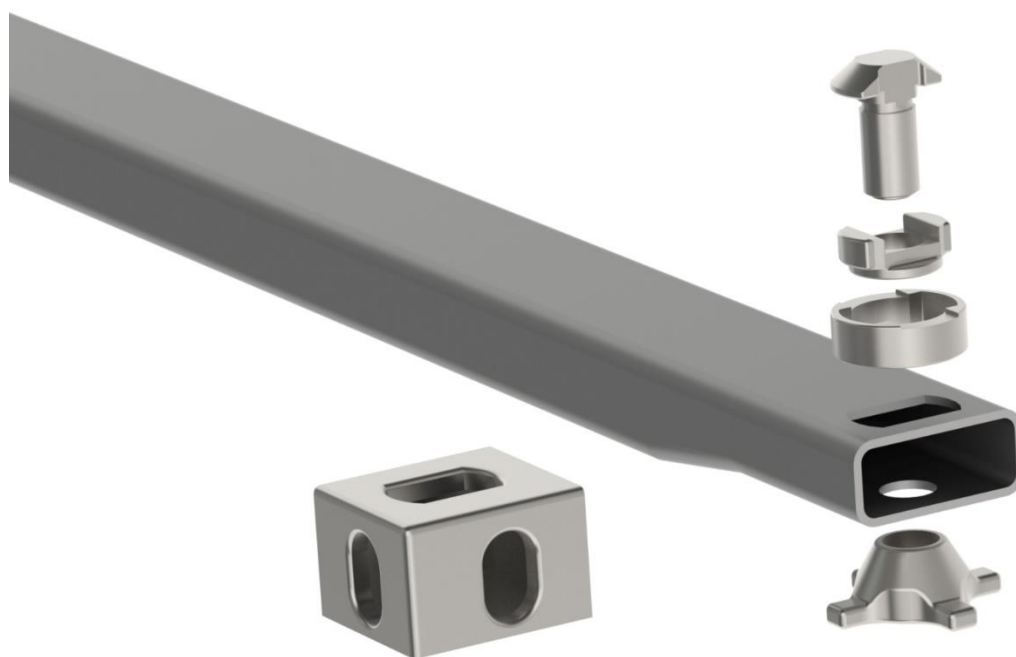
Je navrženo hybridní řešení, kdy je vytvořena kombinace nástavby valníku a nástavby pro převoz kontejnerů – viz Obrázek 18. Rám se skládá ze dvou hlavních podélníků, na kterém jsou připevněny dva hlavní příčné, které na svých koncích nesou zmíněné zámky výměnné nástavby (červeně označené). Prostor nimi je vyplněn dalšími příčníky (s menším průřezem), které nesou podlážku valníku. V okrajích jsou umístěny demontovatelné výsuvné sloupky se sklopnými bočnicemi. Přední čelo je pevně spojeno s rámem. V přední části je umístěna hydraulická ruka.



Obrázek 18: Konceptní návrh

Zámek výměnné nástavby

Funkce zámku výměnné nástavby je velice jednoduchá. Na Obrázku 19 je vidět, že se systém skládá z příčného nosníku, zajišťovacího trnu, mechanismu zámku, kompletační matice a rohového kontejnerového prvku. Principiálně se tedy jedná o trn uložený na příčníku, který je rotačně uložený a má možnost omezeného vertikálního pohybu. K upevnění dojde jednoduchým vsunutím trnu do kontejnerového prvku a jeho pootočením o 90°. Následně musí dojít ještě k aretaci tohoto spojení pomocí přitažení kompletační matice ke spodní straně nosníku. Takto se jednoduše u rohového kontejnerového prvku zamezí jeho příčným a podélným pohybům. Pro správnou funkci upevnění nákladu jsou tyto zámky vždy čtyři a jsou umístěné v definovaných vzdálenostech podle typu převáženého kontejneru. V neposlední řadě výhodou tohoto upevňovacího systému je možnost úplného zasunutí trnu, pod úroveň dosedací plochy příčníku.



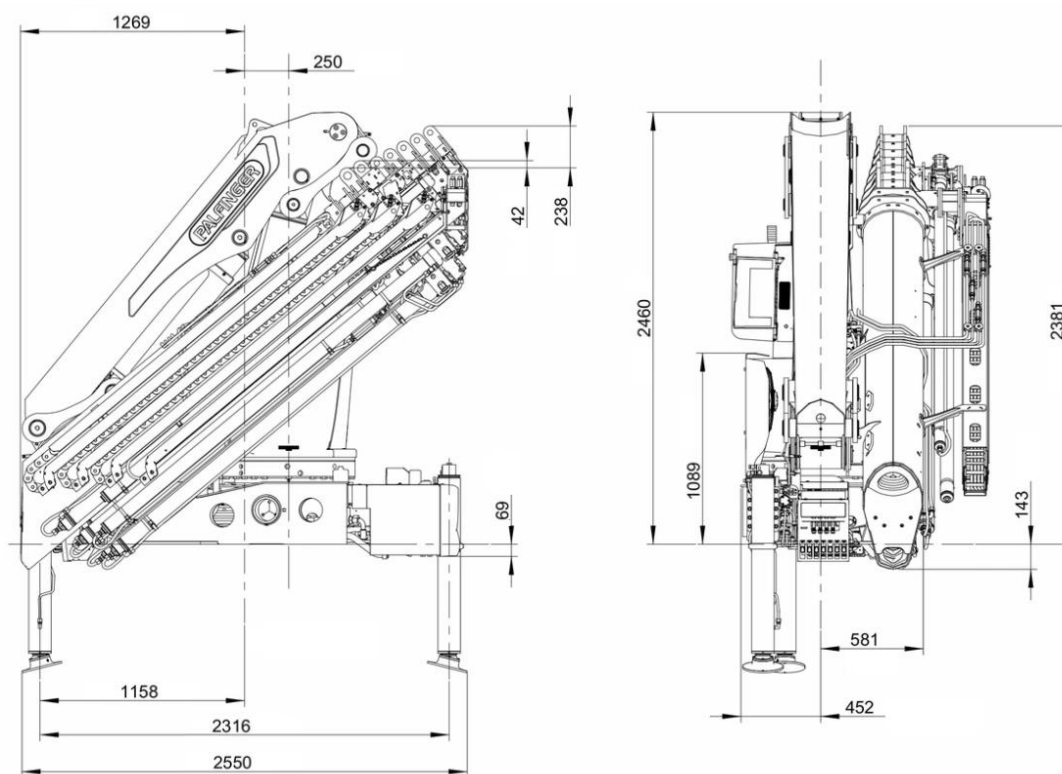
Obrázek 19: Zámek výměnné nástavby

5.2. Hydraulická ruka

Celá kapitola 5.2. se věnuje výběru hydraulické ruky dle požadavků zadavatele práce a souvisejícím výpočtům nezbytným pro výběr příslušenství.

5.2.1. Výběr hydraulické ruky

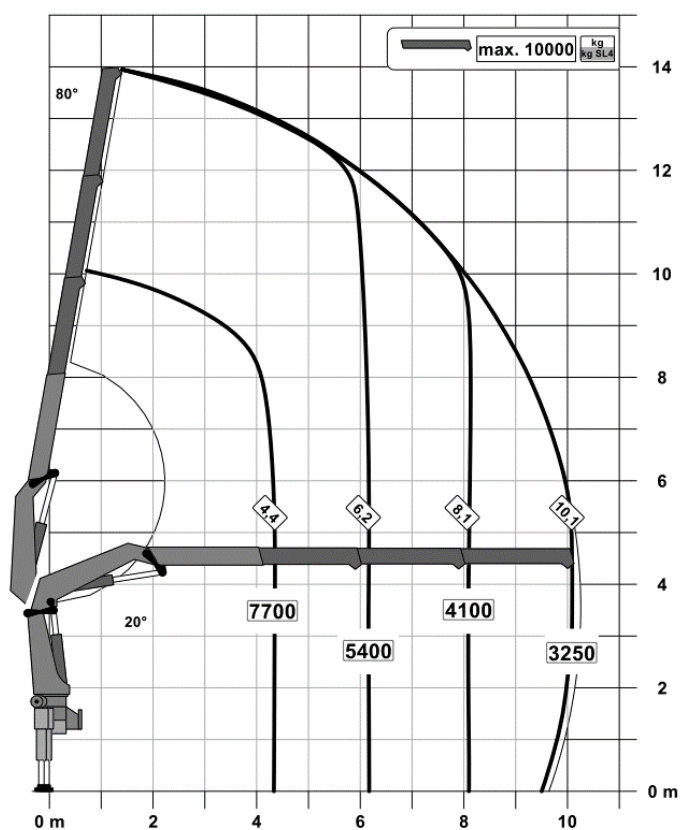
Jelikož má zadavatel poměrně vysoké požadavky na zdvih břemen, byl proveden výběr v produktových listech výrobců hydraulických rukou z těžkých řad. Byla zvolena hydraulická ruka značky Palfinger typem PK 37.002 TEC 7, která splňuje veškeré podmínky zadavatele práce. Níže jsou uvedeny základní rozměry (Obrázek 20), parametry (Tabulka 7) a důležitý diagram nosnosti (Obrázek 21) hydraulické ruky PK 37.002 TEC 7. Součástí sestavy jsou přední stabilizační podpěry, které jsou při nepoužívání zasunuty nahoru. Hydraulická ruka tak nekoliduje s žádnou z komponent (například nádrží kapaliny AdBlue) vozidla a není tak potřebná žádná úprava a demontáž.



Obrázek 20: Základní rozměry PK 37.002 TEC 7 [20]

Tabulka 7: Tabulka základních parametrů hydraulické ruky PK 37.002 TEC 7 [20]

Parametr	Hodnota
Maximální zvedací moment	33,5 mt
Maximální nosnost	10 t
Maximální vyložení	10,1 m
Úhel otáčení	∞
Šířka vysunutých stabilizačních podpěr	5,6 m
Hmotnost	3070 kg
Délka zástavby	1,130 m
Šířka zástavby	2,550 m
Výška zástavby	2,460 m



Obrázek 21: Diagram nosnosti PK 37.002 TEC 7 [20]

5.2.2. Příslušenství hydraulické ruky

Veškeré příslušenství hydraulické ruky je popsáno v kapitole 2.2.2. Hydraulická ruka se dodává jako celek, proto některé komponenty hydraulické soustavy jsou již pevně dané a neměnné. Volitelné komponenty zůstávají pouze ty, které jsou závislé na faktorech dané uživatelem a vozidlem. Mezi ně patří hydrogenerátor (hydraulické čerpadlo), olejový filtr, chladič a olejová nádrž (Obrázek 22). K zachování kompatibility je vhodné vybírat tyto komponenty od stejného výrobce.

1 – Hydrogenerátor

2 – Olejový filtr

3 – Hydraulická ruka

4 – Chladič

5 – Olejová nádrž

Zeleně – Sací vedení

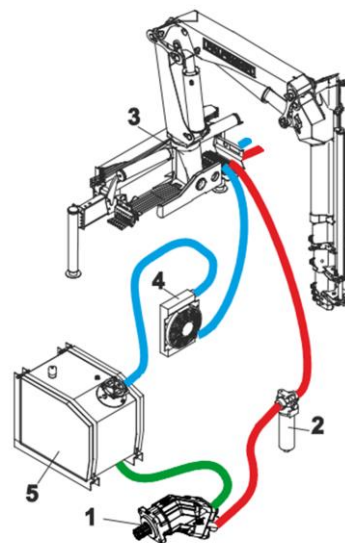
hydraulického obvodu

Modře – Vratné vedení

hydraulického obvodu

Červeně – Tlakové vedení

hydraulického obvodu



Obrázek 22: Volitelné komponenty v hydraulické soustavě [21]

Hydrogenerátor je navržen pro volnoběžné otáčky nákladního vozidla $n_{mot} = 600 \div 800 \text{ min}^{-1}$. Pro hydraulickou ruku z těžších řad už je nutné elektronicky udělit motoru vyšší otáčky. V tomto případě se počítá s otáčkami $n_{mot} = 1100 \text{ min}^{-1}$, které leží v ekonomickém rozsahu otáček montovaného motoru F3G 460hp Cursor 11 EuVI. K vozidlu byla vybrána převodovka HItroniX 12 TX 2210 TO, pro kterou jsou specifické tyto parametry:

- převodový poměr PTO: $i = 0,91$,
- otáčky motoru: $n_{mot} = 1100 \text{ min}^{-1}$.

K hydraulické ruce PK 37.002 TEC 7 se dokoupí přídatné zadní stabilizační podpěry (výběr popsán na konci kapitoly), je tedy potřeba tuto okolnost zahrnout do výpočtu. Pro hydraulickou ruku jsou známy tyto parametry:

- maximální pracovní tlak systému: $p_{max} = 365 \text{ bar}$,
- pracovní tlak systému: $p_n = 260 \text{ bar}$,

- požadovaný objemový průtok - hydraulická ruka: $Q_{ruka} = 110 \text{ l/min}$.

Nejdříve se vypočítají otáčky hydrogenerátoru z rovnice (5.2.2.1) a (5.2.2.2).

$$n_{gen} = n_{mot} \cdot i \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (5.2.2.1)$$

$$n_{gen} = 1100 \cdot 0,91 = 1001 \text{ min}^{-1} \quad (5.2.2.2)$$

Poté požadovaný objemový průtok – hydrogenerátor z rovnice (5.2.2.3), kde se jako účinnost hydrogenerátoru použije $\eta_{gen} = 0,9$. Dosazení do rovnice je uvedeno jako (5.2.2.4).

$$Q_{gen} = \frac{Q_{ruka}}{n_{gen} \cdot \eta_{gen}} \text{ [l/min]} \quad (5.2.2.3)$$

$$Q_{gen} = \frac{110 \cdot 1000}{910 \cdot 0,9} = 122,1 \text{ l/min} \quad (5.2.2.4)$$

Hydrogenerátor

Dle vypočtené hodnoty Q_{gen} je vybrán z katalogu výrobce hydrogenerátor od dodavatele firmy Palfinger. Jedná se zubové čerpadlo HYDRO LEDUC EP1403A s konstantním průtokem – Obrázek 23. Čerpadlo je připojeno čtyřmi šrouby M12 přímo na vývod PTO ze skříně převodovky.



Obrázek 23: HYDRO LEDUC EP1403A [18]

Pro kontrolu se spočítá požadovaný mechanický výkon dle rovnice (5.2.2.5) a s dosazením jako (5.2.2.6).

$$P_m = \frac{Q_{ruka} \cdot p_n}{600} \leq P_{max} \text{ [kW]} \quad (5.2.2.5)$$

$$P_m = \frac{110 \cdot 260}{600} = 47,7 \text{ kW} \quad (5.2.2.6)$$

Chladič oleje

Doporučený výkon chladiče se spočítá dle rovnice (5.2.2.7) a s dosazením jako (5.2.2.8).

$$P_{chladič} = \frac{P_m}{3} [kW] \quad (5.2.2.7)$$

$$P_{chladič} = \frac{47,7}{3} = 15,9 kW \quad (5.2.2.8)$$

Je vybrán chladič typu olej/vzduch od firmy ASA RAIL a to konkrétně BKA66-12V o výkonu 17 kW – Obrázek 24. Chladič je umístěn přímo na základně hydraulické ruky pomocí normalizovaných šroubů.



Obrázek 24: Chladič BKA66-12V [18]

Olejová nádrž

Doporučený objem nádrže se spočítá dle rovnice (5.2.2.9) a s dosazením jako (5.2.2.10).

$$V_{nádrž} = (2 \div 3) \cdot Q_{ruka} [l] \quad (5.2.2.9)$$

$$V_{nádrž} = 2,5 \cdot 110 = 275 l \quad (5.2.2.10)$$

Dle výrobce ruky je při použití výkonného chladiče oleje možnost spočítat redukci olejové nádrže o 25 %. Pro úsporu hmotnosti vozidla se zvolí olejová nádrž KTK069-BA vyrobená z hliníku o objemu 250 l – Obrázek 25. Montáž na vozidlo proběhne pomocí dodaných speciálních držáků nádrže, ke kterým je nádrž stažena pásy.



Obrázek 25: Olejová nádrž olejovou nádrž KTK069-BA [18]

Olejevý filtr

Olejevý filtr nemusí být vybírán, je již dodáván přímo s hydraulickou rukou.

Vedení hydraulického obvodu

Výše na Obrázku 22, kde jsou znázorněny volitelné komponenty v hydraulické soustavě, je vidět, že vedení se skládá ze tří hlavních větví – sací (zelená), vratné (modrá) a tlakové (červená). Pro zvolení průměru hadic vedení je potřeba znát objemový průtok efektivní. Ten je v sací a tlakové větvi roven (5.2.2.11).

$$Q_e = Q_{ruka} [l/min] \quad (5.2.2.11)$$

Ve vratné větvi se průtok spočítá jako (5.2.2.12).

$$Q_e = 1,5 \cdot Q_{ruka} [l/min] \quad (5.2.2.12)$$

Objemový průtok efektivní je vyjádřen rovnicí (5.2.2.13).

$$Q_e = A \cdot v [l/min] \quad (5.2.2.13)$$

Průřez hadice se spočítá pomocí (5.2.2.14).

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4} [mm^2] \quad (5.2.2.14)$$

Spojením výše uvedených rovnic se získá potřebný průměr hadice (5.2.2.15).

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_e}{\pi \cdot v}} [mm] \quad (5.2.2.15)$$

Do této rovnice lze dosadit všechny známé hodnoty – viz (5.2.2.16). Za rychlost v se dosadí doporučená hodnota daná výrobcem ruky. [18]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 110 \cdot 100^3}{\pi \cdot 0,9 \cdot 10^3 \cdot 60}} = 50,927 \text{ mm} \quad (5.2.2.16)$$

Vypočtené hodnoty pro jednotlivé větve jsou zaneseny v následující tabulce.

Tabulka 8: Tabulka zvolených průměrů hydraulických hadic

	Objemový průtok efektivní $Q_e [l/min]$	Skutečná rychlost $v [m/s]$	Průměr hadice $r ["/[mm]$	Doporučená rychlost $v_{dop} [m \cdot s^{-1}]$
Sací větev	110	0,5 - 1	2" / 51 mm	0,9
Vratná větev	165	1 - 3	1"1/2 / 38 mm	2,4
Tlaková větev	110	3 - 5	1" / 25,4 mm	3,7

Hydraulický olej

Výrobce doporučuje použití hydraulického oleje pro mobilní hydrauliku. Zvolený hydraulický olej z katalogu výrobce je AGIP ARNICA S 46 s následujícími vlastnostmi:

- viskozita při 40° C: $\vartheta = 46 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$,
- viskozitní index: 186,
- specifikace: HEES, ISO-L-HDFU, Mannesman Rexroth RD
90221/06.91. ISO-VG 46. [21]

Jedná se o syntetický, nehořlavý, biologicky odbouratelný hydraulický olej na bázi esterů. Olej se vyznačuje vysokou stabilitou v širokém rozsahu teplot, má vysoký viskozitní index a vynikající tekutost při nízkých teplotách. Má výborné antioxidační a antikorozivní vlastnosti a protiotěrové charakteristiky. Nepůsobí negativně na těsnicí materiál. [21]

Zadní přídatné stabilizační podpěry

Pro vybranou ruku je doporučena montáž zadních přídatných noh pro získání stability vozidla. Na vozidlo 8x4/4 (1+3) tridem s hydraulickou rukou za kabinou je zvolen typ BS005 + STZ (Obrázek 26), který je montován pod rám vozidla. Přesné umístění je voleno podle pokynů pro montáž hydraulické ruky a podle výpočtu stability. Montáž je uvedena v kapitole 5.3.1. [18]



Obrázek 26: Zadní přídavné stabilizační podpěry BS007 [18]

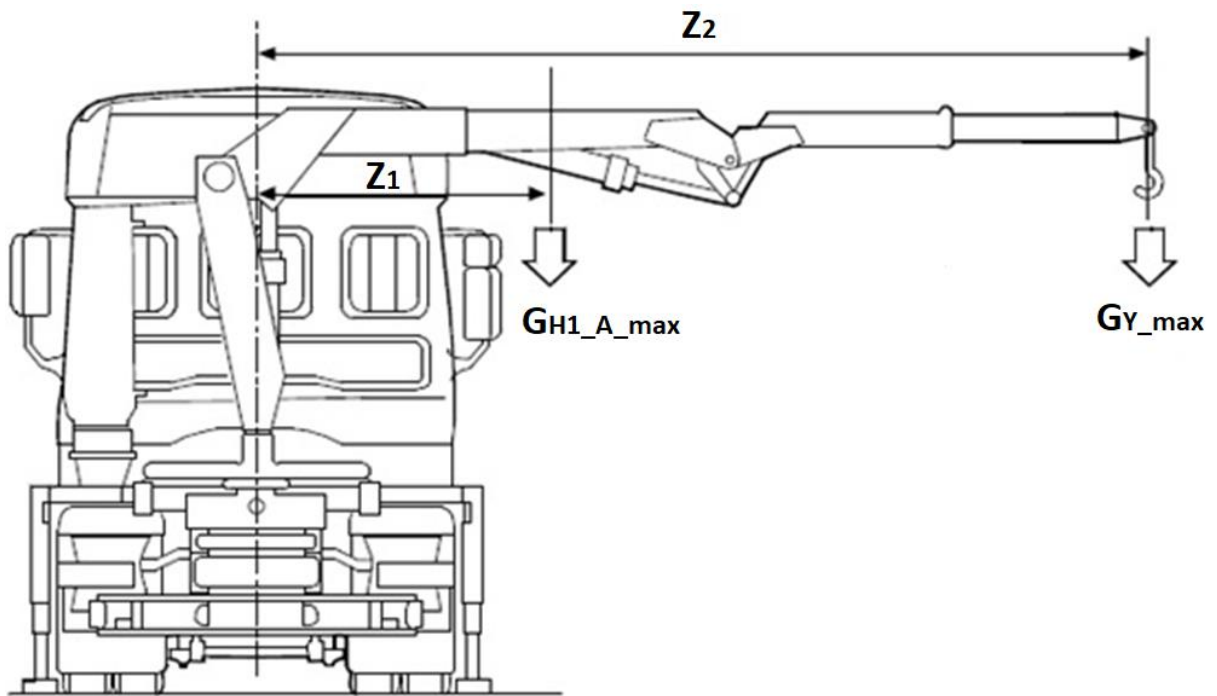
5.3. Konstrukce valníku

Základní popis valníku je uveden v kapitole 2.1.1. Zde je věnován prostor postupu konstrukce rámu, výběru valníkových prvků a následné kompletační montáži. Konstrukce pomocného rámu se řídí dle pokynů pro nástavbáře od firmy IVECO a ověřenými zkušenostmi konstruktéra firmy AUTO-Tech Vinoř.

5.3.1. Pomocný rám

Pomocný rám leží na rámu nákladního automobilu a spojuje tento rám a vlastní nástavbu. Pomáhá rovnoměrně rozložit zatížení na rám vozidla a jednotlivé nápravy a zpevnit nástavbu. Zároveň slouží k uchycení nástavby na nákladní automobil a vytvoření potřebného prostoru mezi rámem vozidla a nástavbou pro potrubí hydrauliky.

Začíná se výběrem profilu dvou hlavních podélníků rámu podle pokynů pro nástavbáře IVECO. Jeho parametry jsou dány namáháním od hydraulické ruky. Pro dimenzování se bere maximální možné zatížení od ruky, což je dle diagramu nosnosti (Obrázek 21 výše) v případě maximálního vyložení 10,1 m břemena o hmotnosti 3,25 t. Z Obrázku 27 se vytvoří jednoduchá rovnice momentové rovnováhy, ze které se vyjádří maximální ohybový moment M_G .



Obrázek 27: Schéma maximálního vyložení hydraulické ruky [7, upraveno autorem]

Potřebné rovnice pro výpočet jsou (5.3.1.1) až (5.3.1.3) níže.

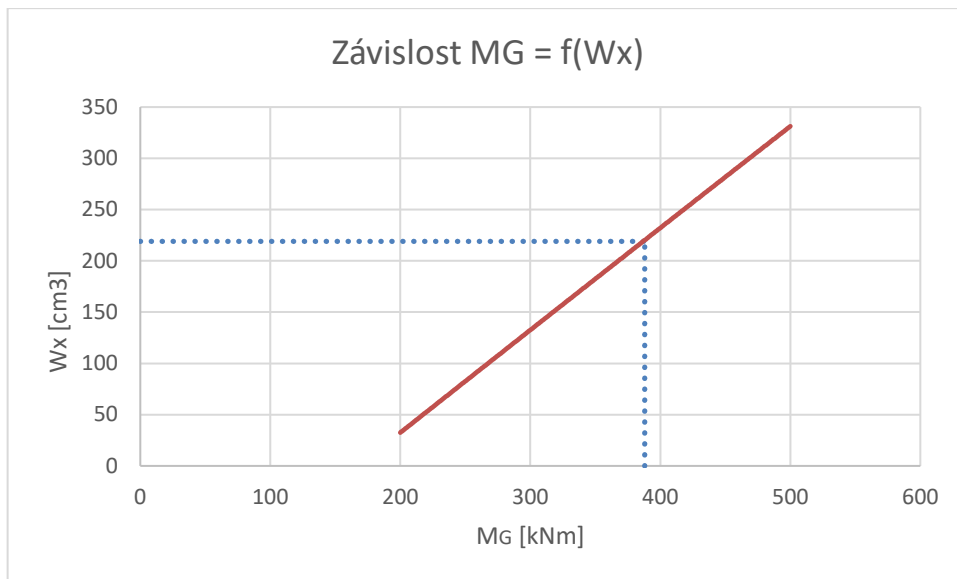
$$M: G_{H1_A_max} \cdot z_1 + G_{Y_max} \cdot z_2 - M_G = 0 \quad (5.3.1.1)$$

$$M_G = \frac{g \cdot (G_{H1_A_max} \cdot z_1 + G_{Y_max} \cdot z_2)}{1000} \text{ [kN} \cdot \text{m]} \quad (5.3.1.2)$$

$$M_G = \frac{9,81 \cdot (1863 \cdot 3599 + 3250 \cdot 10100)}{1000} = 388 \text{ [kN} \cdot \text{m]} \quad (5.3.1.3)$$

Pro takto vypočtený maximální moment M_G je poté pomocí předem vybraného grafu (viz Obrázek 28 dále) přiřazena hodnota momentu odporu W_x podvozku proti ohnutí, kterou musí mít použitý podélníkový prvek. Tento moment odporu platí pro použití dvou podélníků. Tyto grafy se liší podle umístění hydraulické ruky, použitého materiálu, rozvoru náprav a rozměru rámu vozidla.

V této chvíli je nutné rozhodnout o použitém materiálu. Dle ČSN EN 12999+A2 je požadováno použití materiálu s mezí kluzu $\sigma_{Re} \geq 200$ MPa a pevností v tahu $\sigma_{Rm} \geq 490$ MPa. Jelikož se jedná o hydraulickou ruku z těžší třídy, je vhodné vybrat solidnější materiál. Dle [7] je vybrána pevnostní ocel určená k tváření za studena S420MC, která je dobře svařitelná a má mez kluzu $\sigma_{Re} = 420$ MPa a pevnost v tahu $\sigma_{Rm} = 530$ MPa. Vhodná je pro svou nízkou vlastní váhu, vysokou únosnost a tuhost.



Obrázek 28: Graf pro určení momentového odporu W_x

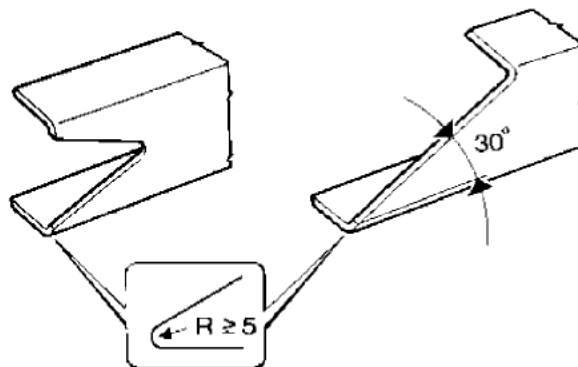
Při odečítání z grafu je vidět, že hodnotě $M_G = 388$ kNm odpovídá hodnota $W_x = 218$ cm³. Uvedené hodnoty platí pro 2 podélné nosníky. Tato hodnota je ve skupině v rozmezí $202 \leq W_x \leq 221$ cm³, pro které jsou doporučeny použitelné profily s rozměry:

- otevřený ocelový profil U 250 x 80 x 8,
- otevřený ocelový profil U 260 x 80 x 8.

Ze známých hodnot vypružení kol a výšky, do které lze zvednou zadní nápravu je právě z důvodu většího prostoru mezi koly a nástavbou výhodné vybírat z prvků se správnou výškou. Zvolen otevřený ocelový profil U 250 x 80 x 8.

Pomocný rám musí kopírovat tvar rámu vozidla. Jelikož ten se na několika místech rozšiřuje, musí se i podélníky dělit, ohýbat a svařovat. Je třeba, aby podélníky byly spojitě, přesné zejména v přední části a musí doléhat přímo na rám podvozku.

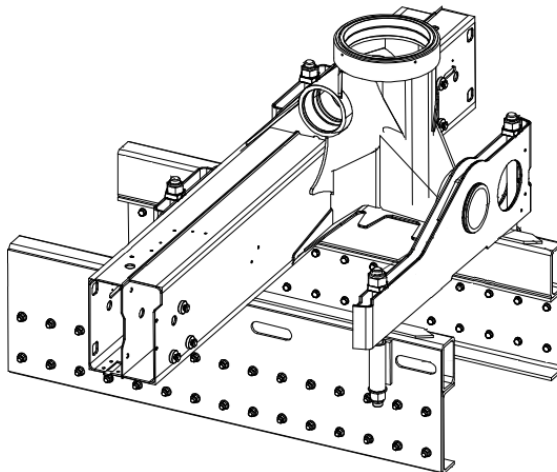
Dle pokynů pro nástavbáře se začátek rámu upraví, aby se dosáhlo postupného zmenšení zkrutu krajního úseku rámu. Úprava je možná dvěma způsoby a to zkosením pod úhlem nepřesahující 30° a zbroušením konce s rádiusem 5 mm (Obrázek 29), nebo jinou formou ekvivalentního řešení.



Obrázek 29: Úprava konce rámu [7]

Konstrukce příčníků je počítána dle zkušeností jednotlivých nástavbářů. Kopírují se stejné prvky na rámu vozidla. Jsou přidány nosníky se zámky výměnné nastavby. V rozích dojde k navaření rohových prvků pro umístění sloupků bočnice a po odvodu se navaří krycí obvodový plech.

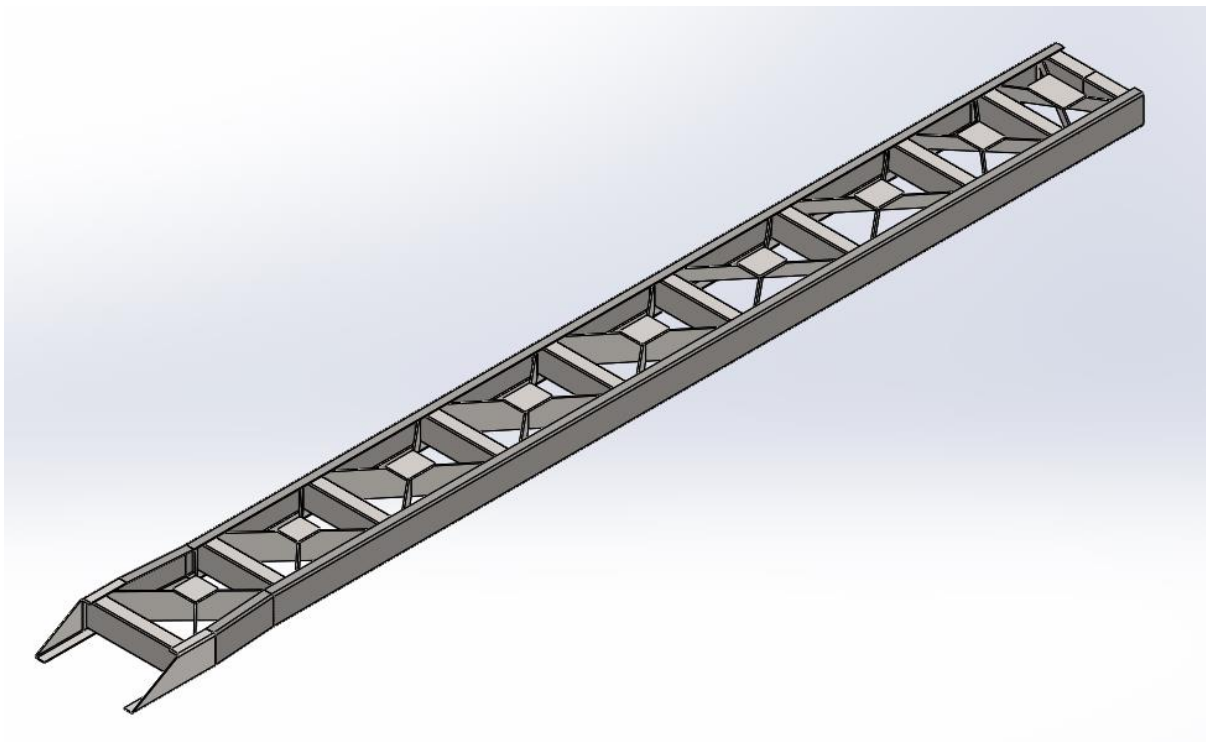
V přední části v místě umístění hydraulické ruky je doporučeno přivařit na horní část profilu pásovinu na otláčení. Zvolí se tloušťka 10 mm z materiálu 11 523 v celé délce umístění hydraulické ruky podle Obrázku 30.



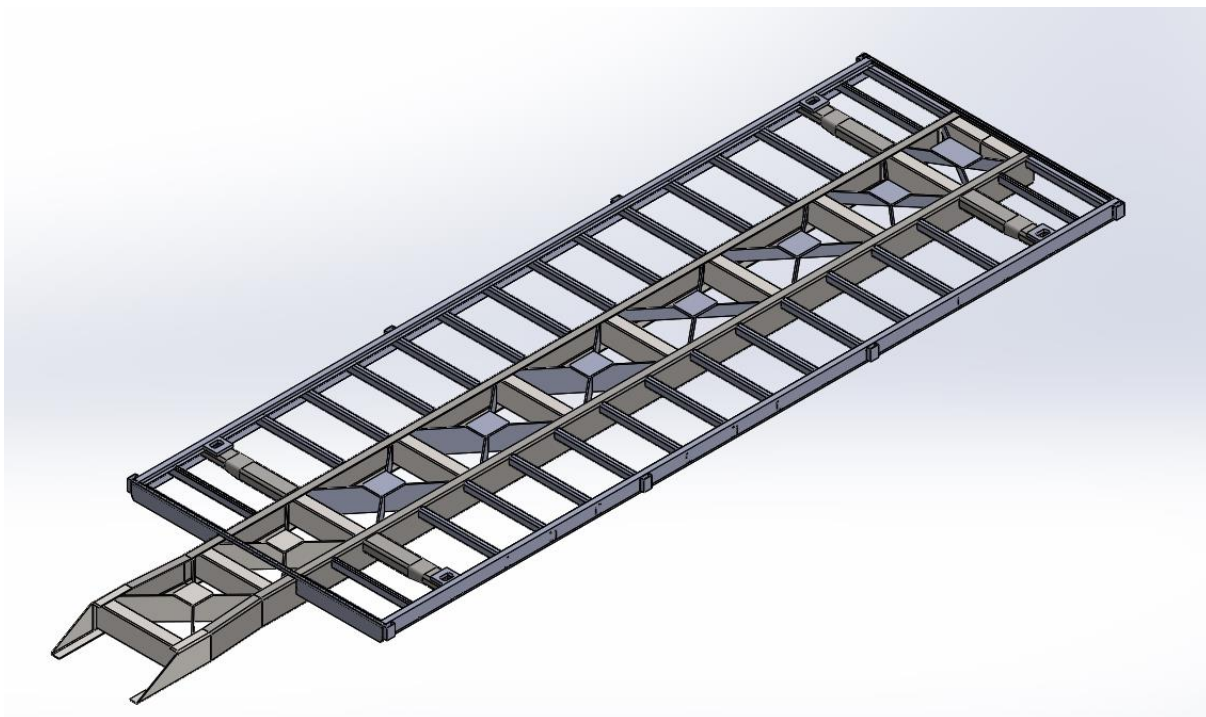
Obrázek 30: Připojení hydraulické ruky [18]

V tuto chvíli je také nutné definovat spojení hydraulické ruky a pomocného rámu. Je prováděno přesným způsobem zadaným výrobcem ruky. Jedná se o spoj za pomoci kotevních šroubů (Obrázek 31) popsány v kapitole 2.2.4. Velikost pouzder a šroubů udává výrobce. Pouzdra kotevních šroubů se navaří na přidanou boční desku rámu desku. Jedná se o plech tloušťky 6 mm a materiálu ČSN 11 523. Deska se k pomocnému rámu přivaří a protáhne se až ke spodní hraně rámu vozidla, ke kterému se přišroubuje. Vznikne tak první

tuhý spoj, o kterém se mluví v dalším odstavci. Na Obrázku 32 je vidět již celkový návrh rámu valníku s hydraulickou rukou za kabinou.



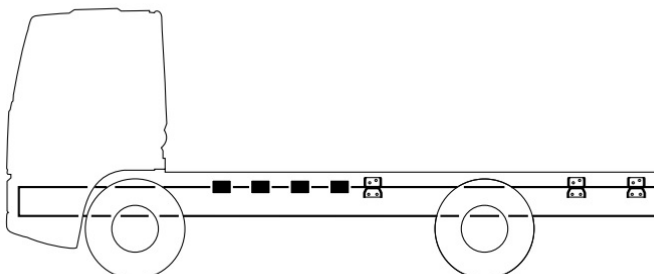
Obrázek 31: Konstrukce pomocného rámu



Obrázek 32: Konstrukce rámu valníku

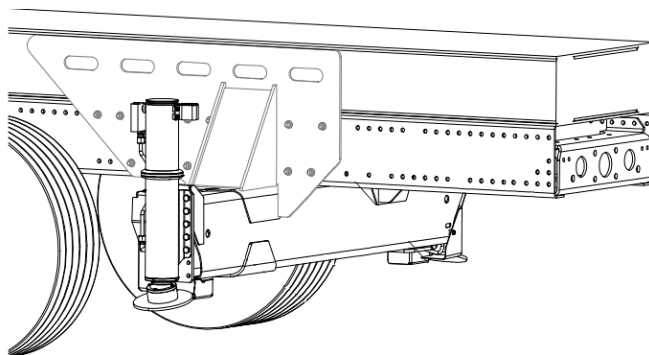
Uchycení pomocného rámu

Všechny typy a funkce uložení jsou zmíněny v předešlých kapitolách. Dle pokynů pro nástavbáře je pro konstrukci valníku s hydraulickou rukou za kabinou doporučována konfigurace spojů dle Obrázku 33, tedy vpředu tuhé spoje (černě zvýrazněné), vzadu měkké.



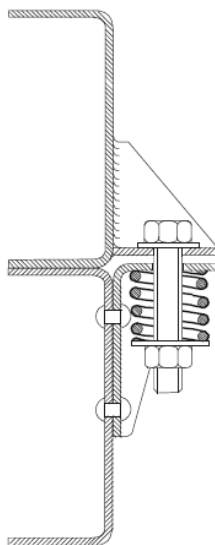
Obrázek 33: Vybrané částečně tuhé spojení [21]

Jelikož namontovaná hydraulická ruka patří do kategorie těžších, vyžaduje použití přídatné zadní stabilizační podpěry. Ty ale potřebují tuhé spojení s pomocným rámem pomocí přípravku na Obrázku 34. Musí se proto vytvořit kompromisní řešení mezi navrhovanou a používanou variantou. Dojde tak k prodloužení použití pevných spojů až po úroveň zadních stabilizačních podpěr.



Obrázek 34: Montáž zadních stabilizačních podpěr [18]

Ostatní tuhé spoje se zrealizují typickým řešením, tedy použitím desek s otvory pro šroubový spoj s rámem vozidla a otvorem pro svarový spoj s pomocným rámem. Měkké spojení se zrealizuje pomocí upínek, spojenými šroubovým spojem s pružinou (Obrázek 35).



Obrázek 35: Měkký spoj – pružina [7]

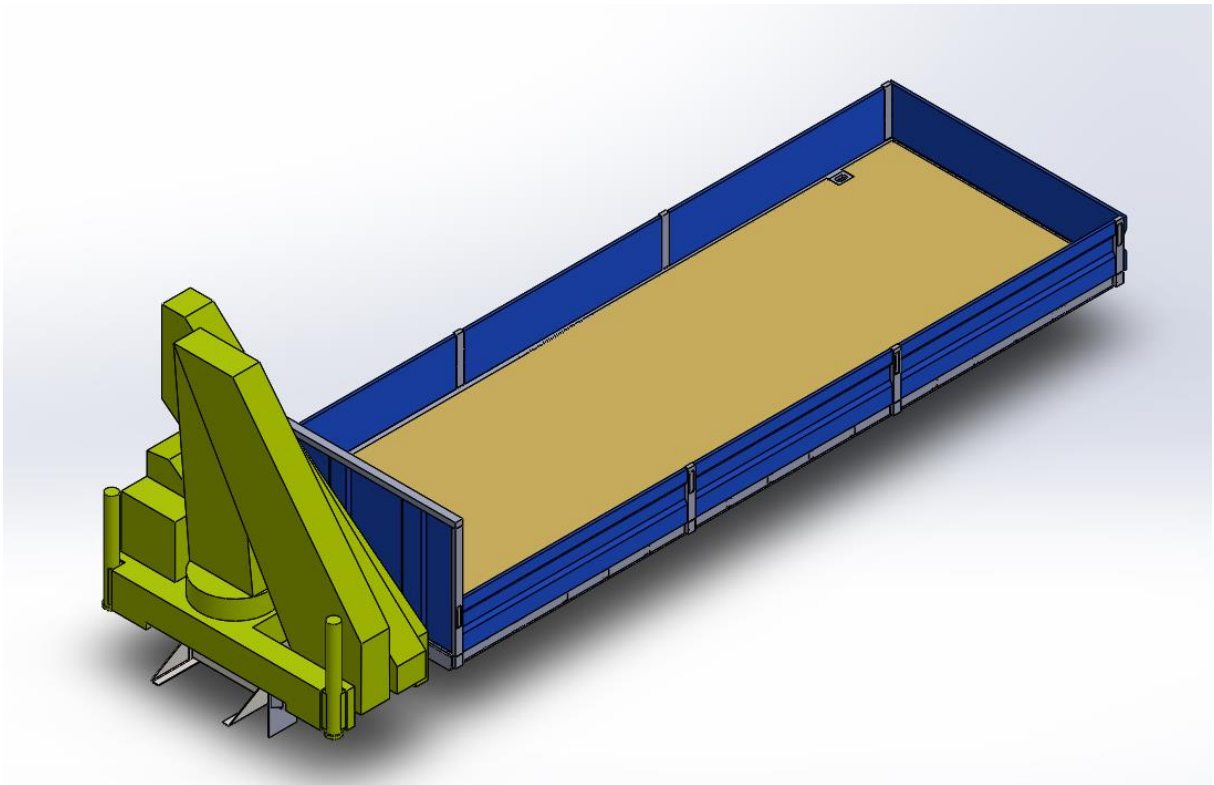
5.3.2. Celkový valník

Konstrukce se skládá z nakoupených normalizovaných dílů (Obrázek 36). Pro bočnici je vybrán profil výšky 500 mm s praporkem. Bočnice jsou zhotoveny z hliníku s eloxovou povrchovou úpravou, která zvýší mechanickou otěruvzdornost komponentu. Součástí musí být i správné těsnění. [22]

Boční sloupky pro výšku bočnic 500 mm jsou výsuvné a mají v sobě integrovány speciální zámky pro bočnice Hestal. Rotační pohyb bočnic zajišťují obyčejné panty B TIR DELTA. Na obvodový profil valníku se navaří upevňovací oka pro zajištění převáženého nákladu. [22]

Celá ložná plocha se zakryje vodovzdornou překližkou o tloušťce 21 mm a rozměrech 1250 x 2500 mm, s protiskluzovým povrchem. Musí se zhotovit otvory pro zámky. Podlaha je šroubovaná pomocí vratových šroubů, které zaručují trvalý spoj, téměř bez možnosti uvolnění. Podlahy jsou standardně na stykových plochách tmeleny. [22]

Jako poslední se na valník namontují v zadní části výsuvné schůdky se dvěma stupni pro pohodlí obsluhy a snadný nástup na ložnou plochu valníku. [22]



Obrázek 36: Celkový valník

Příslušenství

Většina namontovaného příslušenství je dokoupena společně s hydraulickou rukou od firmy Palfinger. Kvůli bezpečnosti musí být vozidlo vybaveno podjezdovými zábranami. Boční zábrany se připevní pomocí konzolí přímo na rám vozidla. Zadní ochrana proti podjetí je výrazně silnější a musí být namontována, aby splňovala legislativní podmínky. [17]

Správná montáž blatníků je velice důležitá. Šířka blatníku musí být větší než maximální rozměry, které zaujímají pneumatiky a zároveň v mezích stanovenými předpisy. V potaz se bere i podmínka použití s řetězů. Jelikož se jedná o montáž na nápravu tridem, musí se počítat s říditelnou zadní nápravou, která má možnost zvednutí. Nosná konstrukce blatníků musí mít dostatečnou pevnost a musí být schopna omezit vibrace vozidla. [17]

Součástí valníku jsou i uzamykatelné přepravní schránky na nářadí a upevňovacích popruhů.

6. Kontrolní část

Pro ověření správného návrhu slouží celá tato kapitola, která se věnuje kontrole vozidla jako celku. Navazuje na předchozí kapitoly, zejména na analýzu celkového vozidla pro použití (kapitola 4.1.) pro snadnou homologaci a použití na veřejných pozemních komunikacích. Důležitá je také kontrola konstrukce valníku zatížením od přepravovaného nákladu.

6.1. Rozložení hmotnosti na nápravy

Dle získaných parametrů od jednotlivých výrobců podvozku a nástaveb se provede výpočet zatížení na nápravy vozidla a následné vyhodnocení. Z parametrů výrobců a vlastních výpočtů je známo následující.

Parametry nástavby:

- Hmotnost včetně příslušenství: 1101 kg
- Poloha těžiště od středu trojnápravy: 824 mm

Parametry hydraulické ruky:

- Hmotnost včetně příslušenství: 3380 kg
- Poloha těžiště od středu trojnápravy: 4215,5 mm

Parametry zadních stabilizačních podpěr:

- Hmotnost včetně příslušenství: 595 kg
- Poloha těžiště od středu trojnápravy: 2490 mm

Parametry od výrobce vozidla:

- Pohotovostní hmotnost celková: 9880 kg
- Pohotovostní hmotnost na 1. nápravě: 5010 kg
- Pohotovostní hmotnost na trojnápravě: 4870 kg
- Maximální technické zatížení na 1. nápravě: 9000 kg
- Maximální technické zatížení na trojnápravě: 27000 kg

Veškeré výpočty probíhají s pomocí rovnic z kapitoly 4.1.1. Vzhledem k jednoduchosti těchto výpočtů a množství použitých rovnic, není třeba uvádět celé výpočty a získané hodnoty jsou pouze zaneseny do tabulky níže. Zatížení náprav jsou počítána s ohledem na legislativní podmínky.

Tabulka 9: Vypočtené rozložení hmotností na nápravy

Hmotnost	R_1 [kg]	R_2 [kg]	R_3 [kg]	R_4 [kg]	R_5 [kg]	R [kg]
Podvozek	5010	4870	1717,2	1717,2	1435,6	9880
Nástavba	2308,6	861,4	303,7	303,7	278,9	1101
Hydraulická ruka, příslušenství	2461,5	918,5	323,8	323,8	270,8	3380
Zadní přídatné podpěry	-256	850,9	300,1	300,1	250,9	595
Celková hmotnost pohotovostní	7372	7582,8	2673,7	2673,7	2754,6	14955
Užitečné zatížení	147,2	16897,7	5958,3	5958,3	4981,2	17045
Celková hmotnost legislativní	7519	24480	8632,1	8632,1	7216,5	32000

Z výše uvedeného vyplývá, že maximální možné užitečné zatížení vozidla je 17045 kg.

6.2. Stabilita vozidla

Před montáží hydraulické ruky na vozidlo je nutné provést výpočet stability, kdy je porovnáván stabilizační a klopný moment vozidla. S jeho pomocí se také určí poloha zadních přídatných stabilizačních podpěr. Veškeré výpočty probíhají s pomocí rovnic z kapitoly 4.1.2. Potřebné hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v Tabulce 10 – tyto hodnoty jsou získané jednak z vlastních výpočtů a dále z informativních zdrojů výrobce.

Tabulka 10: Parametry pro výpočet

Rozměr	Hodnota	Rozměr	Hodnota
R_1 [kg]	5010	K_{H2} [mm]	8278,5
R_2 [kg]	4870	G_Y [kg]	4032,8
L_T [mm]	5788,5	f_s [-]	1,2
G_{H2} [kg]	595	G [kg]	11576
P [kg]	3250	G_{H1_X} [kg]	663,9
N [mm]	10100	K_{H1} [mm]	1000
G_{H1_A} [kg]	1863	L_a [mm]	2550
G_{H1_B} [kg]	1508	L_b [mm]	250
L_{H1_A} [mm]	3599	Z_1 [mm]	7278,5
G_V [kg]	1101	L_d [mm]	2600
K_V [mm]	4964		

Dosazením hodnot z tabulky do rovnic (4.1.2.1) až (4.1.2.7) se získají následující výsledky.

$$\alpha = \arctg \left[\frac{(2550 + 250 - 2600)}{7278,5} \right] = 1,574^\circ \quad (6.2.1)$$

$$C = 2555 \cdot \cos 1,574^\circ = 2549 \text{ mm} \quad (6.2.2)$$

$$Z_2 = \sqrt{7278,5^2 + (2550 + 250 - 2600)^2} = 7281 \text{ mm} \quad (6.2.3)$$

$$x = \frac{2550 + 250}{\tan 1,574^\circ} = 101898 \text{ mm} \quad (6.2.4)$$

$$L_G = \frac{(4870 \cdot 5788,5) + (1101 \cdot 4964) + (595 \cdot 8278,5)}{11576} = 3332,9 \text{ mm} \quad (6.2.5)$$

$$E = 3332,9 - 1000 = 2332,9 \text{ mm} \quad (6.2.6)$$

$$H = \sin 1,574^\circ \cdot (101898 - 2332,9) = 2734,6 \text{ mm} \quad (6.2.7)$$

Obdobně pro výpočet stability na boční straně, kdy $L_{H1_A} > C$, se vypočítají stabilizační a klopný moment dle rovnic (4.1.2.12) a (4.1.2.13) – po dosazení viz (6.2.8) a (6.2.9).

$$M_S = 11576 \cdot 2734,6 + 1508 \cdot 2549 = 35499621 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (6.2.8)$$

$$M_R = 4032,8 \cdot (10100 - 2549) + 1863 \cdot (3599 - 2549) = 32407823 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (6.2.9)$$

Bezpečnost získaná pomocí (4.1.2.16) je po dosazení (6.2.10).

$$K = \frac{35499621}{32407823} = 1,1 > 1 \quad (6.2.10)$$

Podmínka bezpečnosti na boční straně vozidla je splněna.

Pro výpočet stability v přední části, kdy $L_{HI_A} > K_{HI}$, se vypočítají stabilizační a klopný moment dle rovnic (4.1.2.17) a (4.1.2.18) – po dosazení viz (6.2.11) a (6.2.12).

$$M_S = 11576 \cdot 3332,9 + 1508 \cdot 1000 = 40089620 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (6.2.11)$$

$$M_R = 4032,8 \cdot (10100 - 1000) + 1863 \cdot (3599 - 1000) \\ = 41540417 \text{ kg} \cdot \text{mm} \quad (6.2.12)$$

Bezpečnost získaná pomocí (4.1.2.16) je po dosazení (6.2.13).

$$K = \frac{40089620}{41540417} = 0,97 < 1 \quad (6.2.13)$$

Podmínka bezpečnosti v přední části vozidla není splněna. Řešení tohoto stavu je dvojitý. Prvním je montáž přídatné stabilizační podpěry na čelní stranu vozidla. Toto řešení je konstrukčně i cenově náročné a pro určitého zákazníka tak i nevýhodné. Po dohodě se zadavatelem práce bylo rozhodnuto o druhém řešení, tedy o zakázání pohybu břemen o určité nadlimitní hmotnosti v přesně daných místech. K analýze tohoto stavu je již nezbytné využít výpočetní techniku, která sestaví například diagram stability (Obrázek 14), podle kterého se hydraulická ruka nastaví.

6.3. Pevnostní a deformační analýza rámu

Tato kapitola se věnuje rozboru zatížení rámu valníku, definici okrajových podmínek a materiálových charakteristik, přípravě 3D modelu součásti, zpracováním MKP analýzy a následně jejímu vyhodnocení.

Pro pevnostní analýzu je vytvořen samostatný model rámu v CAD programu Solidworks. Za pomocí stejného programu se provede pevnostní výpočet metodou konečných prvků. Účelem výpočtu je zjištění redukovaného napětí, deformace a průhybu rámu během jeho zatěžování od nákladu. Model je sestavený z tuhých těles a s definovanou geometrií svarů. Jedná se tedy o relativně idealizovanou geometrii.

Rám valníku je v běžném použití namáhán mnoha různými prostředky a činiteli. Pro kontrolu je tedy vybráno zatěžování valníku přepravovaným nákladem při limitních situacích.

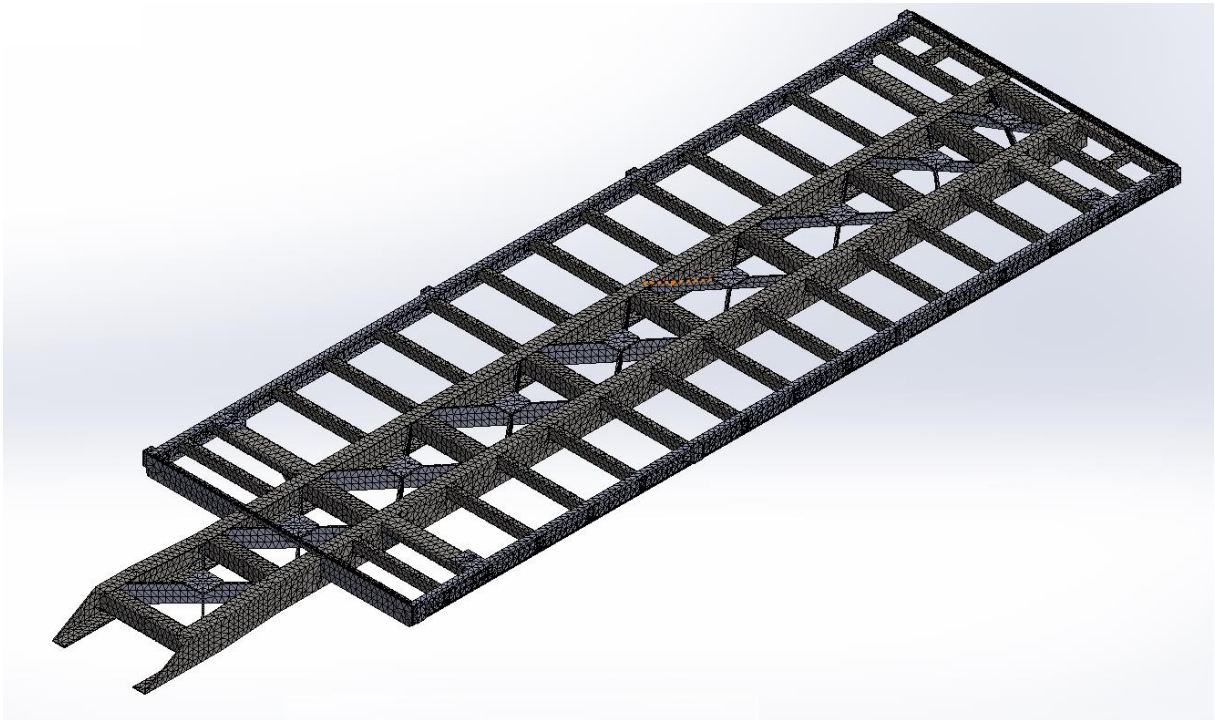
6.3.1. Materiálové vlastnosti a tvorba MKP sítě

Jedním ze základních předpokladů pro dosažení správných výsledků simulace je definice vlastností jednotlivých materiálů. Pro model je použita ocel S420MC, pro kterou již byly zmíněny základní mechanické vlastnosti, ocel 11 523 a svarový kov G3Si1. Pro správnou definici je třeba ještě doplnit Youngův modul pružnosti $E = 210$ GPa, Poissonovo číslo $\mu = 0,3$ a hustotu oceli $\rho = 7\,850$ kg·m⁻³. Doplněné mechanické vlastnosti ze softwaru Solidworks jsou shrnuty v Tabulce 11.

Tabulka 11: Mechanické vlastnosti materiálů

Parametr	Ocel S420MC	Ocel 11 523	Svarový kov G3Si1
Mez kluzu σ_{Re} [MPa]	420	284	470
Mez pevnosti σ_{Rm} [MPa]	530	510	550
Mez únavy v krutu τ_c [MPa]	138	125	-
Tažnost A [%]	25	22	25
Youngův modul E [GPa]	210		
Poissonovo číslo μ [-]	0,3		
Hustota ρ [kg·m ⁻³]	7 850		

Hustota sítě, respektive velikost elementů, je nastavena rozdílně pro jednotlivé součásti dle významnosti namáhání a zejména dle predikce kvality sítě, kterou software poskytuje – viz Obrázek 37.



Obrázek 37: MKP síť

6.3.2. Okrajové podmínky

V průběhu vytváření výpočtového modelu je velmi důležité správně zadat a definovat okrajové podmínky (dále jen OP). Podmínky by měly být voleny tak, aby se co nejvíce blížily ke skutečnému fyzickému modelu. Pro deformačně-napěťovou analýzu se OP mohou dělit na:

- deformační – zadání posuvů a natočení na části povrchu tělesa, kde tyto posuvy předem známe, např. z charakteru uložení tělesa [23],
- silové – vyjadřuje rovnováhu mezi vnitřními a vnějšími silami elementárního prvku, takže může vyjadřovat různé způsoby zatížení tělesa jako např. tahové, tlakové, ohybové [23].

Pro výpočty MKP jsou uvažovány dva limitní mezní stavy. Prvním případem (Obrázek 38 níže) je jízda se správně naloženým kontejnerem o hmotnosti 5 t, zajištěný a ukotvený zámky výměnné nástavby. Proběhne simulace stálé jízdy vozidla v oblouku. Druhým stavem (Obrázek 39 níže) je zatížení od plně naložené europalety (hmotnost 2 t) v konstrukčně nejslabším místě rámu valníku, tedy vprostřed vozidla nad zadní nápravou. Tyto mezní stavy znamenají limitní namáhání od přepravovaného nákladu pro celou nástavbu. Oba případy jsou brány jako namáhání při statickém zatížení, aby se jednalo o zjednodušenou statickou analýzu s časově neproměnnou zátěží.

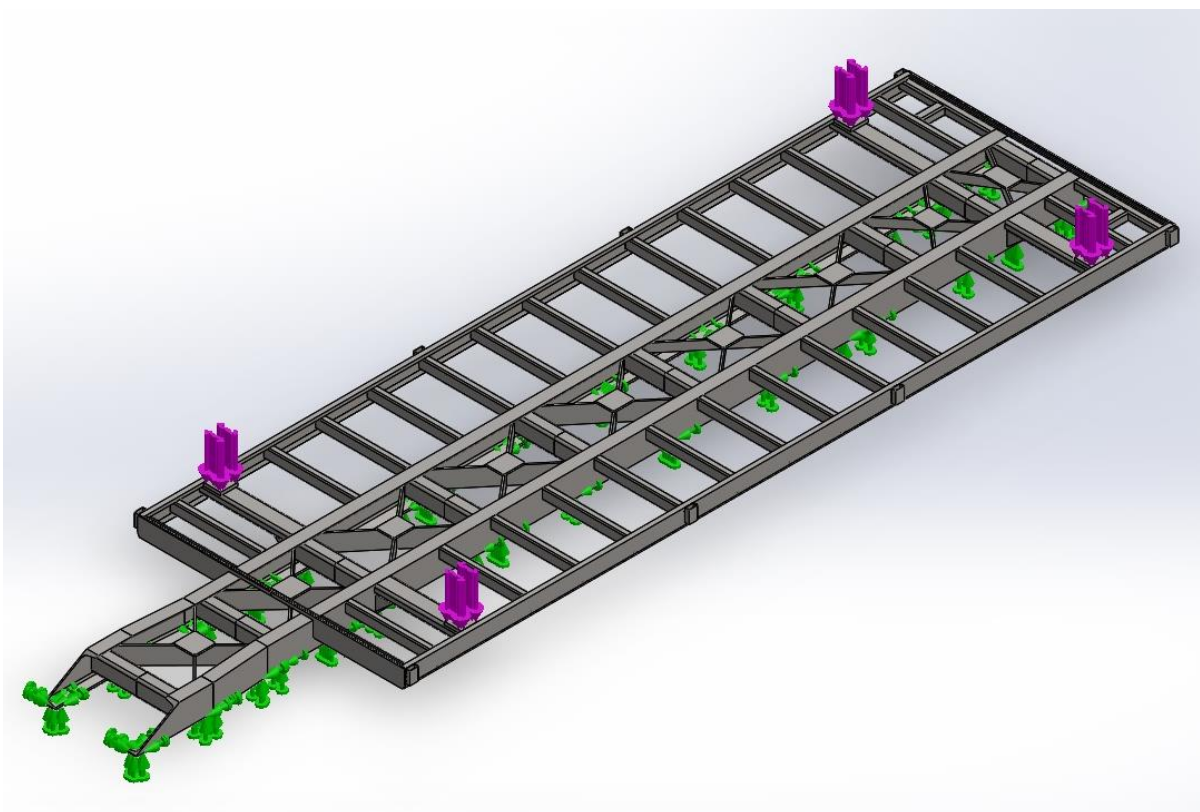
Pro navržený rám jsou určeny okrajové podmínky pro zatížení při průjezdu obloukem. Nejvyšší dovolená rychlost pro nákladní automobily s přívěsem nebo návěsem je 80 km/h. Podle normy ČSN 73 6101 pro projektování silnic a dálnic je vzhledem k povolené rychlosti 80km/h nejmenší poloměr kružnicového oblouku 325 m. Pro limitní výpočet se vybere oblouk menšího poloměru 100 m, rychlost vozidla 80 km/h. Maximální zatížení na jednotlivá opěrná místa lze vypočítat pomocí momentových rovnic k jednotlivým opěrným bodům hmotnosti kontejneru a odstředivé síly. V tomto případě zanedbávám celkové naklopení karoserie vozidla a neuvažuji vliv bočního větru.

Deformační OP – uchycení rámu (na Obrázku 38 a 39 zeleně):

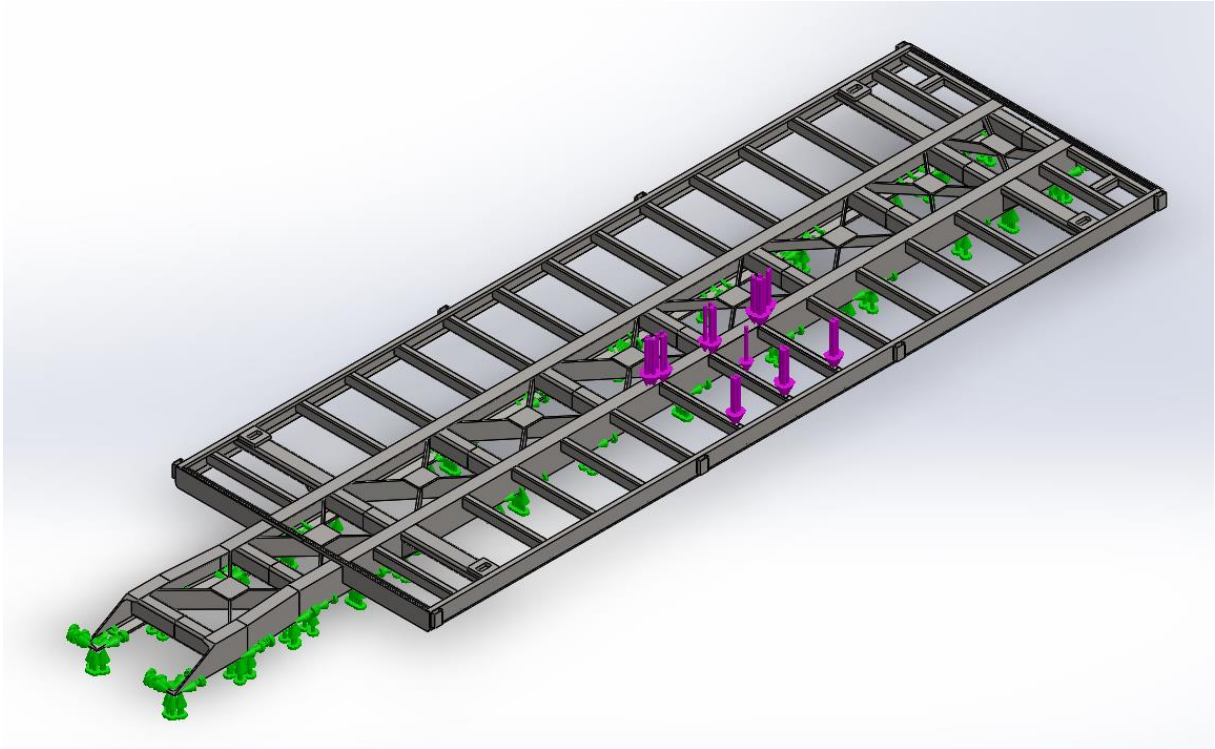
- částečně tuhé uchycení pomocného rámu pro posuvy a rotace v místě uchycení k rámu nákladního vozidla,

Silová OP – zatížení rámu (na Obrázku 38 a 39 fialově):

- zatížení od hmotnosti nákladu (užitečná hmotnost) v místech kontaktu nákladu s rámem valníku,
- zatížení při brzdění a od odstředivé síly při průjezdu obloukem.



Obrázek 38: Uchycení a zatížení rámu pro 1. případ



Obrázek 39: Uchycení a zatížení rámu pro 2. případ

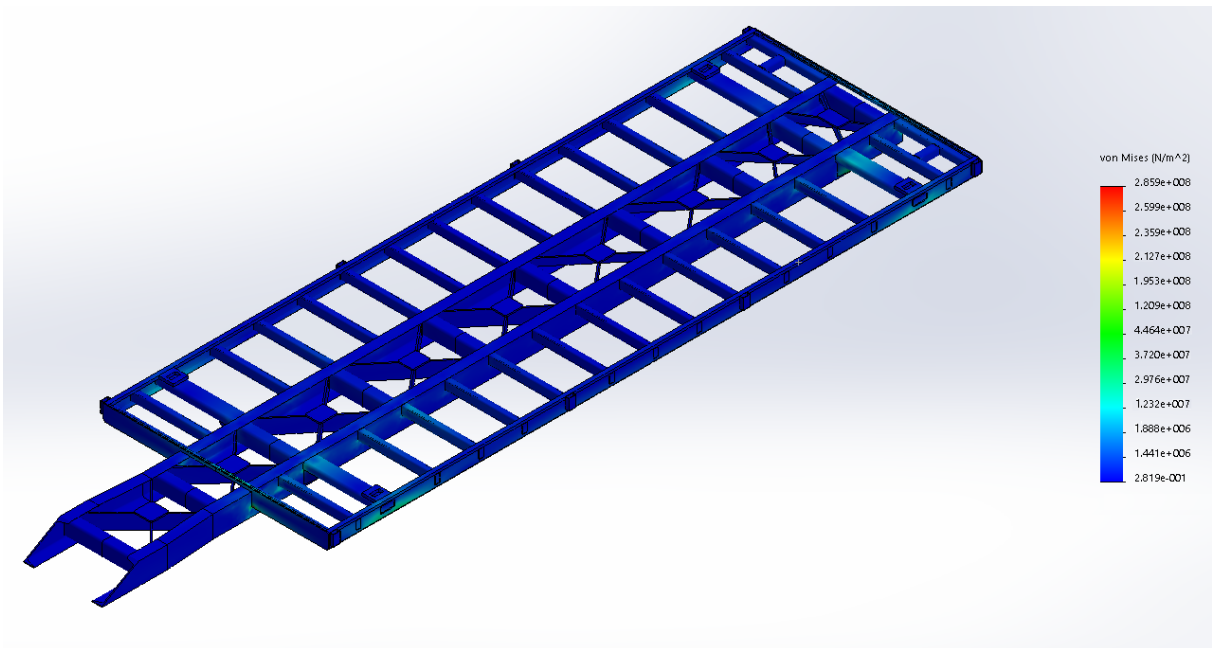
Pro zjednodušení analýzy je brán podvozek (rám vozidla) jako tuhé, nedeformovatelné těleso. Pokud by tomu tak nebylo, muselo by dojít k vymodelování uložení celých náprav a konstrukci deformačních okrajových podmínek v místech uložení jednotlivých náprav.

6.3.3. Zhodnocení výsledků

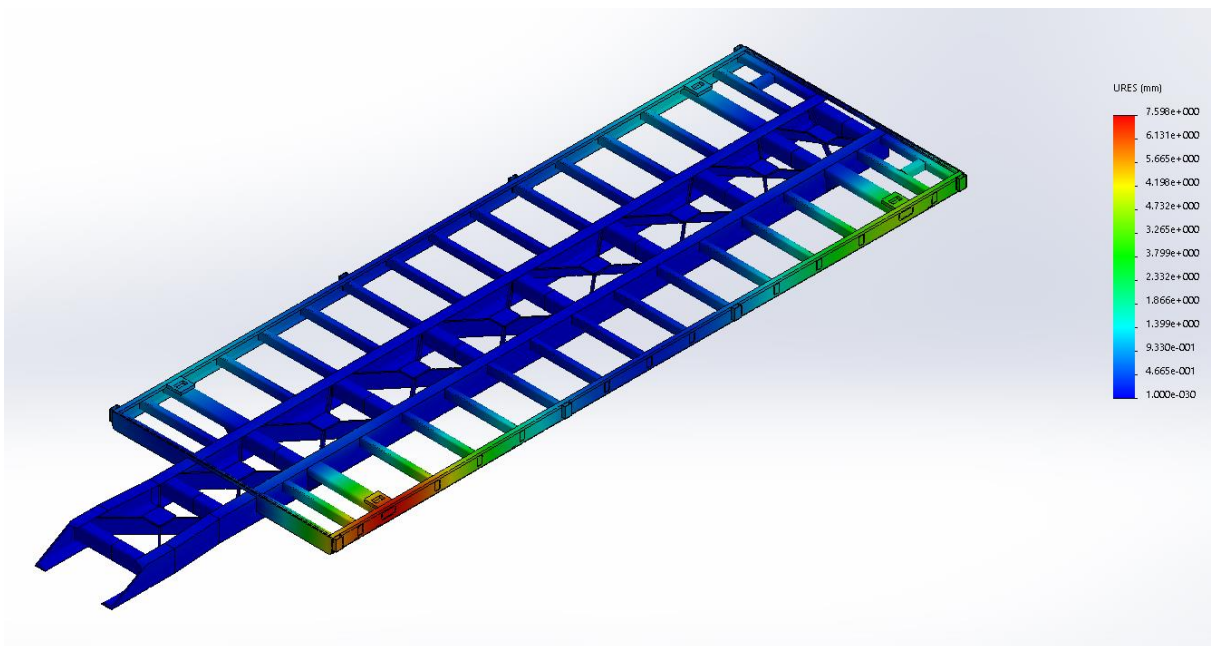
Ze série provedených simulací v softwaru Solidworks vyplývají pro jednotlivé případy následující poznatky.

1. případ – zatížení nosníku kontejnerem při brzdění v oblouku

Na Obrázku 40 je znázorněno redukované napětí a jeho špičky při kritickém namáhání rámu pro 1. případ. Na Obrázku 41 je zobrazení posunutí opět při kritickém namáhání rámu pro stejný případ. Srovnávací napětí nezohledňuje směr zatěžování a kritická místa zobrazuje shodně pro tah i tlak. Z obrázků je patrné, že oblasti vysoké koncentrace napětí jsou místa v podobě svarů nosníků na pomocném rámu. Ty odpovídají jednotlivým reálným přechodovým oblastem svarů a jedná se zejména o přechody mezi svarovým kovem a pomocným rámem. Pro lepší názornost, na Obrázku 42 je zobrazen detail připevnění pod nosníkem zámku výměnných nástaveb s průběhem redukovaného napětí.



Obrázek 40: Redukované napětí pro namáhání v 1. případě



Obrázek 41: Průhyb pro namáhání v 1. případě

Pro použité materiály lze provést následující srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným dle (6.3.3.1), které odpovídá příslušné mezi kluzu σ_{Re} .

$$\sigma_{max} \leq \sigma_a \quad (6.3.3.1)$$

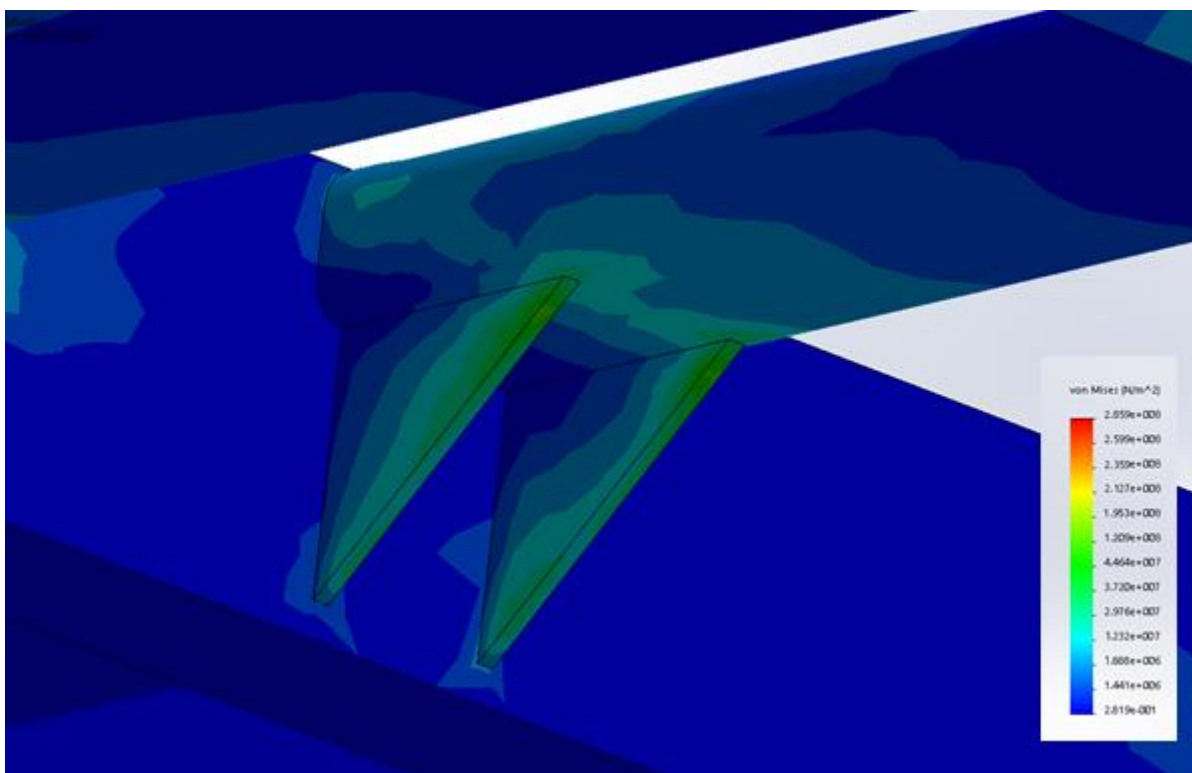
Tabulka 12: Srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným pro různé materiály

Materiál	Srovnání
S420MC	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 283 \text{ MPa} < 420 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje
11 523	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 283 \text{ MPa} < 284 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje
G3Si1	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 283 \text{ MPa} < 470 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje

Následně lze spočítat statický koeficient bezpečnosti pro použitý rám při tomto namáhání podle rovnice (6.3.3.2) a s dosazením (6.3.3.3).

$$k_{stat} = \frac{\sigma_a}{\sigma_{max}} [-] \quad (6.3.3.2)$$

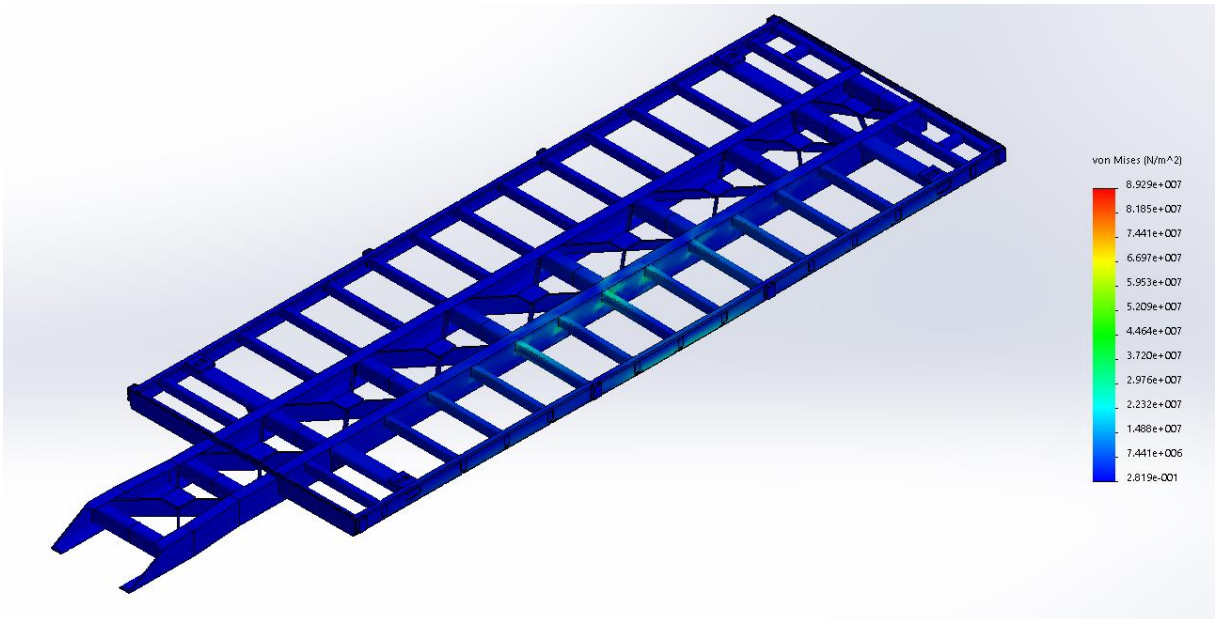
$$k_{stat} = \frac{284}{283} = 1 \quad (6.3.3.3)$$



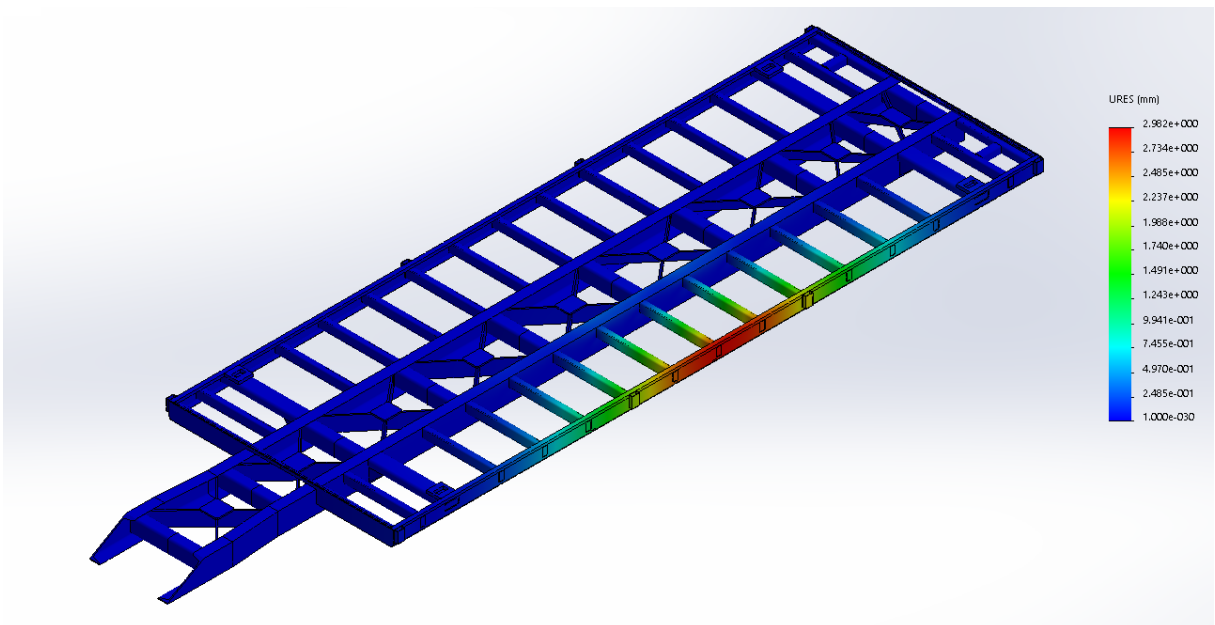
Obrázek 42: Připevnění nosníku - průběh redukovaného napětí

2. případ - zatížení europaletou v konstrukčně nejslabším místě rámu valníku

Na Obrázku 43 je opět znázorněno redukované napětí a jeho špičky při kritickém namáhání rámu pro 2. případ. Na Obrázku 44 je zobrazení posunutí opět při kritickém namáhání rámu pro stejný případ. Z obrázků je patrné, že kritická místa jsou opět v podobě svarů na pomocném rámu.



Obrázek 43: Redukované napětí pro namáhání v 2. případě



Obrázek 44: Průhyb pro namáhání v 2. případě

Pro použité materiály lze provést následující srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným dle (6.3.3.4), které odpovídá příslušné mezi kluzu σ_{Re} .

$$\sigma_{max} \leq \sigma_a \quad (6.3.3.4)$$

Tabulka 13: Srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným pro různé materiály

Materiál	Srovnání
S420MC	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 89 \text{ MPa} < 420 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje
11 523	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 89 \text{ MPa} < 284 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje
G3Si1	$\sigma_{max} < \sigma_a \rightarrow 89 \text{ MPa} < 470 \text{ MPa} \rightarrow$ materiál vyhovuje

Následně lze spočítat statický koeficient bezpečnosti pro použitý rám při tomto namáhání podle rovnice (6.3.3.5) a s dosazením (6.3.3.6).

$$k_{stat} = \frac{\sigma_a}{\sigma_{max}} [-] \quad (6.3.3.5)$$

$$k_{stat} = \frac{284}{89} = 3,1 \quad (6.3.3.6)$$

Dle konstruktérů bývají zakázkové valníkové konstrukce velice často záměrně naddimenzované, aby se eliminovalo poškození při nešetrném zacházení v namáhaném prostředí (stavby, převozy materiálů atd.). Běžná jsou tak rázová, bodová zatížení na různých ne předem zcela specifických místech rámu. Proto mnou navržená nástavba je pracovně naddimenzovaná.

7. Technologický postup výroby nástavby

Výroba nástaveb je nejčastěji individuální zakázková výroba, protože každý zákazník má jiné požadavky. Z toho plyne, že při výrobě i montáži celkově převažuje ruční práce. Celý postup se sestává ze tří hlavních částí – výroba rámu, montáž hydraulické ruky a kompletace valníku. Všechny části jsou podrobněji popsány v následujících odstavcích.

7.1. Postup výroby rámu

Vybrané profily 260 x 80 x 8 se nařezou v požadované délce pomocného rámu a na jejich koncích se šikmo seříznou. Poté dojde k naříznutí podélníků v místech zlomů pro rozšíření rámu, ohnou se a vzniklé spoje se svaří tak, aby vznikl požadovaný tvar. Následuje spojení podélníků hlavními příčnicí a současně navaření ostatních nosných příčniců nákladu. Při svařování se používají jednoduché a univerzální svařovací přípravky. Svařování probíhá elektrickým obloukem s ochrannou atmosférou. Poté dojde k začištění veškerých svarů lamelovým kotoučem. Pomocí svařovacích přípravků (svěrek) se svařenec upne na rám auta a přivaří se upínky pro jeho připevnění. Následně dochází k vizuální kontrole a k případnému rovnání rámu. Nesmí se zapomenout na technologické otvory pro další technologické operace. Posléze musí proběhnout mechanické očištění a moření rámu. Následuje povrchová úprava pomocí žárového zinkování. Veškerá manipulace probíhá za pomoci jeřábu. Nakonec dojde k další vizuální prohlídce, vrtání případných děr a spojení s rámem vozidla.

7.2. Postup montáže hydraulické ruky

Po smontování obou rámu vozidla je na řadě montáž hydraulické ruky a dokupovaných komponent příslušenství, jako je například olejová nádrž nebo přidavné zadní stabilizační podpěry. Montáž probíhá dle doporučeného postupu, který udává výrobce.

Po nalití provozních kapalin, odvzdušnění systému a dalších nezbytných operacích dojde k prvnímu spuštění soustrojí a ke kontrole správnosti jeho funkcí.

7.3. Postup výroby valníku

V této fázi probíhá v podstatě už jen montáž jednotlivých nakoupených prvků na rám valníku. Proběhne správné dělení bočnic a jejich kompletace se sloupky, těsněním a zámky. Dojde k vyrobení a připojení překližkové podlahy. Finalizuje se montáž podjezdových zábran a příslušenství valníku.

8. Závěr

Předmětem této diplomové práce je návrh čtyřnápravového valníku pro přepravu stavební buňky s hydraulickou rukou dle požadavku zadavatele IVECO.

Pro snazší porozumění problematice je čtenář v úvodu práce seznámen s obecnými principy návrhu užitkové nástavby vozidla (zejména valníkové), hydraulické ruky včetně příslušenství, jejího využití a montáže. Protože má navrhovaný valník vyhovovat specifikacím pro provoz na pozemních komunikacích, jsou uvedeny i příslušné legislativní přepisy a z nich vyplývající podmínky pro provoz takového vozidla.

Návrh vozidla s valníkovou nástavbou a hydraulickou rukou vyplývá z konkrétních požadavků zadavatele, které jsou detailně představeny v kapitole 3, a obsahuje i srovnání týchž podvozků jiných výrobců dle vybraných kritérií.

Teoretická část zaměřená na výpočty týkající se rozložení hmotnosti na nápravy, stability vozidla aj. přináší celkový pohled na návrh valníku skrze matematickou analýzu tak, aby návrh vyhovoval zadání a současně byl provozuschopný na pozemních komunikacích.

Finální návrh konstrukčního řešení splňuje všechna požadovaná kritéria zadavatele a zabývá se praktickým pohledem na koncepční návrh od výběru hydraulické ruky a jejího příslušenství až po konstrukci valníku včetně pomocného rámu a dalších komponent. Reálné dopady jsou pak analyzovány v kontrolní části – zejména výpočet zatížení na nápravy vozidla pro ověření rozložení hmotnosti na nápravy vozidla, jeho stabilita s ohledem na stabilizační a klopný moment vozidla, pevnostní a deformační analýza rámu valníku včetně okrajových podmínek a materiálových charakteristik. Analýza rámu je provedena za pomoci 3D modelování a MKP analýzy v CAD programu Solidworks. Pro pevnostní analýzu je použit zjednodušený model.

Z kontrolní analýzy vyplývá, že navrhovaný valník je při daném zatížení vhodný pro provoz na pozemních komunikacích a zcela vyhovuje požadavkům zadavatele. Specifikace navrhovaného vozidla a jeho konstrukčního řešení jsou popsány zvlášť i v technickém listu vozidla.

Kapitola 7 již pouze přehledně shrnuje technologický postup výroby nástavby (rámu, valníku) a montáže hydraulické ruky pro ucelené představení procesu výroby valníku od jeho návrhu až po technologické řešení.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Valník s hydraulickou rukou VOLVO FH 8x4 tridem [2]	3
Obrázek 2: Kontejner.....	4
Obrázek 3: Europaleta	5
Obrázek 4: Hlavní části hydraulické ruky [5, upraveno autorem]	8
Obrázek 5: Schéma zapojení hydraulické soustavy [6, upraveno autorem].....	9
Obrázek 6: Pomocný rám [7].....	13
Obrázek 7: Příklad tuhého spojení [7].....	14
Obrázek 8: Příklad měkkého spojení [7]	14
Obrázek 9: Montáž za kabinou [8, upraveno autorem]	15
Obrázek 10: Zadní montáž [8, upraveno autorem].....	15
Obrázek 11: Střední montáž [8, upraveno autorem].....	16
Obrázek 12: Schéma zadaného podvozku [12, upraveno autorem]	23
Obrázek 13: Scania S500 B8x4*4 [13]	25
Obrázek 14: Diagram stability vozidel [17]	29
Obrázek 15: Znázornění výpočtu teoretického středu trojnápravy	30
Obrázek 16: Znázornění výpočtu zatížení jednotlivých náprav	31
Obrázek 17: Stabilita se zadními stabilizačními podpěrami	33
Obrázek 18: Koncepční návrh	40
Obrázek 19: Zámek výměnné nástavby.....	41
Obrázek 20: Základní rozměry PK 37.002 TEC 7 [20].....	42
Obrázek 21: Diagram nosnosti PK 37.002 TEC 7 [20].....	43
Obrázek 22: Volitelné komponenty v hydraulické soustavě [21]	44
Obrázek 23: HYDRO LEDUC EP1403A [18].....	45
Obrázek 24: Chladič BKA66-12V [18].....	46
Obrázek 25: Olejová nádrž olejovou nádrž KTK069-BA [18]	46
Obrázek 26: Zadní přidavné stabilizační podpěry BS007 [18]	49
Obrázek 27: Schéma maximálního vyložení hydraulické ruky [7, upraveno autorem]	50
Obrázek 28: Graf pro určení momentového odporu W_x	51
Obrázek 29: Úprava konce rámu [7]	52
Obrázek 30: Připojení hydraulické ruky [18].....	52
Obrázek 31: Konstrukce pomocného rámu	53
Obrázek 32: Konstrukce rámu valníku.....	53

Obrázek 33: Vybrané částečně tuhé spojení [21]	54
Obrázek 34: Montáž zadních stabilizačních podpěr [18]	54
Obrázek 35: Měkký spoj – pružina [7]	55
Obrázek 36: Celkový valník	56
Obrázek 37: MKP síť	62
Obrázek 38: Uchycení a zatížení rámu pro 1. případ	63
Obrázek 39: Uchycení a zatížení rámu pro 2. případ	64
Obrázek 40: Redukované napětí pro namáhání v 1. případě	65
Obrázek 41: Průhyb pro namáhání v 1. případě	65
Obrázek 42: Připevnění nosníku - průběh redukovaného napětí.....	66
Obrázek 43: Redukované napětí pro namáhání v 2. případě	67
Obrázek 44: Průhyb pro namáhání v 2. případě	67

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vysvětlivky označených komponent hydraulické soustavy na Obrázku 5	10
Tabulka 2: Základní charakteristika vozidla IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF tridem [12].....	24
Tabulka 3: Srovnání podobných podvozků jiných výrobců [12], [13], [14], [15], [16],	26
Tabulka 4: Základní parametry kontejneru [16].....	27
Tabulka 5: Základní parametry europalety [17]	28
Tabulka 6: Hodnoty součinitele k_x [19]	38
Tabulka 7: Tabulka základních parametrů hydraulické ruky PK 37.002 TEC 7 [20].....	43
Tabulka 8: Tabulka zvolených průměrů hydraulických hadic	48
Tabulka 9: Vypočtené rozložení hmotností na nápravy	58
Tabulka 10: Parametry pro výpočet.....	59
Tabulka 11: Mechanické vlastnosti materiálů	61
Tabulka 12: Srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným pro různé materiály.....	66
Tabulka 13: Srovnání maximálního napětí s napětím dovoleným pro různé materiály.....	68

Seznam použité literatury:

- [1] VLK, F. *Stavba motorových vozidel: osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomenka, biomechanika, struktura, kolize, materiály*. Brno: František Vlk, 2003. 497 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] Truck-Profi, GALLARD TRANSPORT s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2019-03-11] Dostupné z WWW: <<https://www.truck-profi.cz/>>.
- [3] Mr Box, © 2000-2020 Mr Box [online]. 2020 [cit. 2020-10-06] Dostupné z WWW: <<https://www.mrbox.co.uk/>>.
- [4] VTM E15, CZECH NEWS CENTER a.s. [online]. 2020 [cit. 2020-10-06] Dostupné z WWW: <<http://vtm.e15.cz/>>.
- [5] ČSN EN 12999+A2. Jeřáby – Nakládací jeřáby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 2018.
- [6] LUKEŠTÍK, P. *Hydraulická soustava hydraulické ruky*. Brno, 2014. 78 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství.
- [7] IVECO. *STRALIS X-WAY. BODYBUILDERS INSTRUCTIONS*. Issue 2017: Printed 692.68.915 – 1st Ed. 06/2017. 220 s.
- [8] HORKÝ, D. *Hydraulické manipulátory nákladních aut – přehledová kritická studie*. Brno, 2012. 37 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství.
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.* In: Sběrka zákonů, 10.01.2001, číslo 56.
- [10] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES ze dne 5. září 2007, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla*. In: Úřední věstník Evropské unie, L 263/1, 9.10.2007.

- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška ze dne 20. září 2018 hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel*. In: Sběrka zákonů, 20.09.2018, číslo 209.
- [12] IVECO, © IVECO - A CNH INDUSTRIAL COMPANY [online]. 2020 [cit. 2020-05-05] Dostupné z WWW: < <https://www.iveco.com/>>.
- [13] Volvo Trucks, © Copyright AB Volvo [online]. 2020 [cit. 2020-10-02] Dostupné z WWW: < <https://www.volvotrucks.cz/>>.
- [14] Scania, © Copyright Scania 2016 [online]. 2016 [cit. 2019-10-02] Dostupné z WWW: < <https://www.scania.com/>>.
- [15] MAN Nákladní automobily, © MAN 2020 [online]. 2016 [cit. 2020-10-02] Dostupné z WWW: < <https://www.truck-man.eu/>>.
- [16] Renault trucks, Copyright © 2010-2020 Renault Trucks [online]. 2020 [cit. 2020-10-02] Dostupné z WWW: < <https://www.renault-trucks.eu/>>.
- [17] PALFINGER. *Equipment professional brochure*. E 2020: KP-PECKATALOGM2+E / E 07 / 13, K 07 / 13, D 07 / 13. 228 s.
- [18] JÁNSKÁ, D. *Hydraulické manipulátory nákladních aut – přehledová kritická studie*. Plzeň, 2013. 87 s. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní.
- [19] EN 12999:2011. Jeřáby - Nakládací jeřáby Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 2011.
- [20] Palfinger, © 2020 PALFINGER AG [online]. 2020 [cit. 2020-04-03] Dostupné z WWW: < <https://www.palfinger.com/>>.
- [21] PALFINGER. *LOADER CRANE – Mounting accessories*. English 2017 V03: KP-MOUNTINGASM3+EN. 33 s.
- [22] Alsap, © 2009 — 2020 ALSAP s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2020-06-06] Dostupné z WWW: < <https://www.alsap.cz/>>.
- [23] PETRUŠKA, J. *Počítačové metody mechaniky II, Metoda konečných prvků: výukový text*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 87 s.

Není-li uvedeno jinak, byly použité obrázky vytvořeny autorem této práce.

Seznam elektronických příloh

Diplomova_prace.pdf

Diplomová práce

Technicky_list.pdf

Technický list kompletního vozidla

Typovy_vykres_nastavby.pdf

Typový výkres nástavby

Ram.pdf

Výkres rámu nástavby

Valnik_ram.pdf

3D model – Rám valníku

Valnik_hydraulika_ruka.pdf

3D model – Valník s hydraulickou rukou

Přílohy jsou uloženy na CD

Seznam tištěných příloh

Příloha 1: Technický list kompletního vozidla

IVECO

Your partner for sustainable transport

IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF

**STRALIS
X-WAY**

IVECO STRALIS X-WAY AD340X42ZY/PS OFF



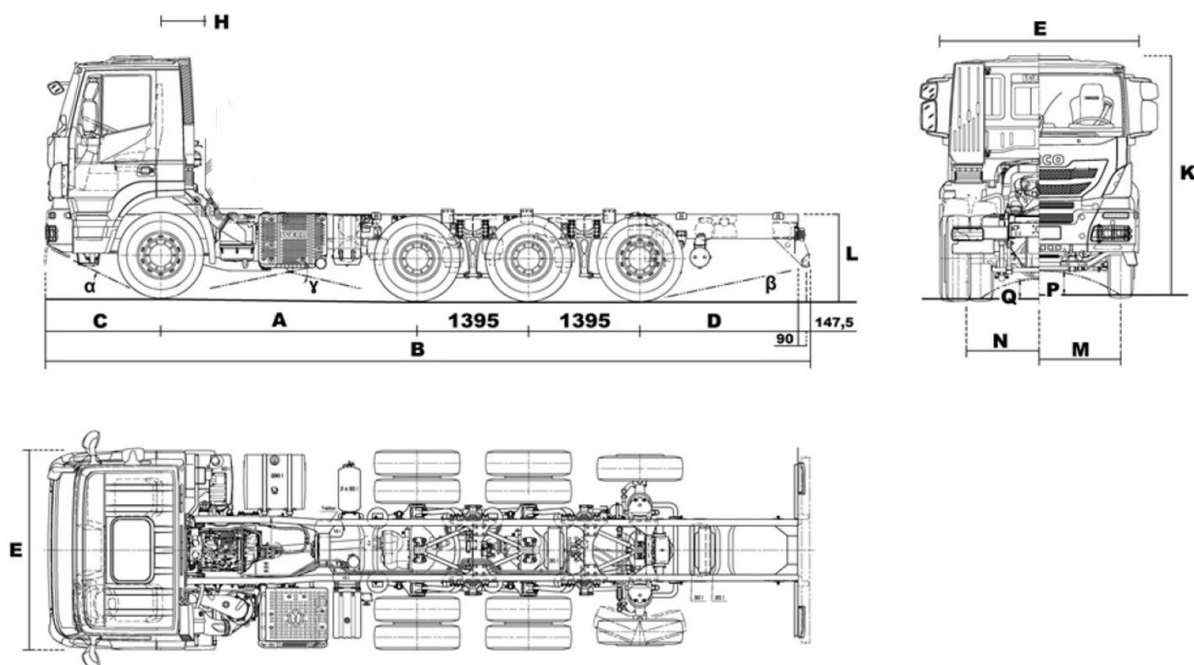
Valník s hydraulickou rukou za kabinou

Technický list vozidla

PODVOZEK AD340X42ZY/PS OFF

Čtyřnápravový podvozek s centrálním hnaným tandemem s uspořádáním v trojnápravě, se zvýšenou světlovou výškou a nájezdovým úhlem. Vysokopevnostní žebřinový rám, tuhé nápravy. Kotoučové brzdy. Hnaný tandem s jednoduchým převodem a s vlečenou řízenou 4. nápravou 8x4/4 (1+3). Přední parabolická pera a zadní pérování ECAS na tridemu. Krátká denní kabina AD (Active Day).

Rozměry a hmotnosti



Rozměry [mm] pro pneumatiky 315/80R22.5

Rozvor náprav [A]	4 500
Maximální délka [B]	10 831
Výška vozidla nezatíženo [K]	3 069
Přední převis [C]	1 440
Zadní převis [D]	1 983
Šířka kabiny / šířka podvozku [E]	2 550
Indikativní výška rámu (podlahy) nad zadní nápravou [L]	1 083
Rozchod přední nápravy [M]	2 040
Rozchod trojnápravy [N]	1 827
Minimální světlová výška vpředu [P]	316



Your partner for sustainable transport

Minimální světlá výška vpředu [Q]	250
Průměr otáčení stopový	19 800
Průměr otáčení obrysový	21 400
Přední nájezdový úhel [α]	26°
Zadní nájezdový úhel [β]	12°
Přechodový úhel [γ]	17°

Hmotnosti [kg]

Celková hmotnost vozidla technická	35 000
Celková hmotnost vozidla legislativní	32 000
Maximální technické zatížení přední nápravy	9 000
Maximální technické zatížení trojnápravy	27 000
Pohotovostní hmotnost (v základní výbavě)	9880
Pohotovostní hmotnost na přední nápravě	5 010
Pohotovostní hmotnost na trojnápravě	4 870
Technicky přípustná hmotnost soupravy	60 000

Pohon vozidla a brzdyMotor F3G 460hp Cursor 11 EuVIId

Verze motoru	F3GFE611E*M / Euro VIId HD
Maximální výkon [kW / ot/min]	338 / 1 600 – 1 900
Maximální kroutící moment [Nm / ot/min]	2 150 / 925 – 1 500
Zdvihový objem [cm ³]	11120
Ekonomický rozsah otáček [ot/min]	1 000 – 1 500
Palivo	Nafta B7 nebo HVO XTL
Velikost nádrže [l]	290





Your partner for sustainable transport

Převodovka a spojka HItroniX 12 DD

Automatizovaná 12ti stupňová, 3-hřídelová převodovka 2x3x2+2R s elektronickou synchronizací, suchá spojka ovládaná koaxiálním válcem elektronicky. Řazení: automat, aut+manuál, manuál, eco/power.

Brzdový systém

Tlakovým vzduchem aktivované brzdy. Vzduchem a elektricky ovládané ventily kol (EBS). Zahrnuje funkce ABS, ASR, EBL, BAS. Integrovaná funkce motorové brzdy (a retardéru) pro optimalizaci spotřeby. Parkovací brzda s pružinovými válci na kotouče zadních kol.

Nápravy

Přední náprava

Řídící tuhá náprava s kovanou nápravnicí se zvýšenou světlou výškou. Příprava pro hydraulický pohon. Kuličkové maticové řízení s hydraulickým posilovačem.

Zadní trojnáprava

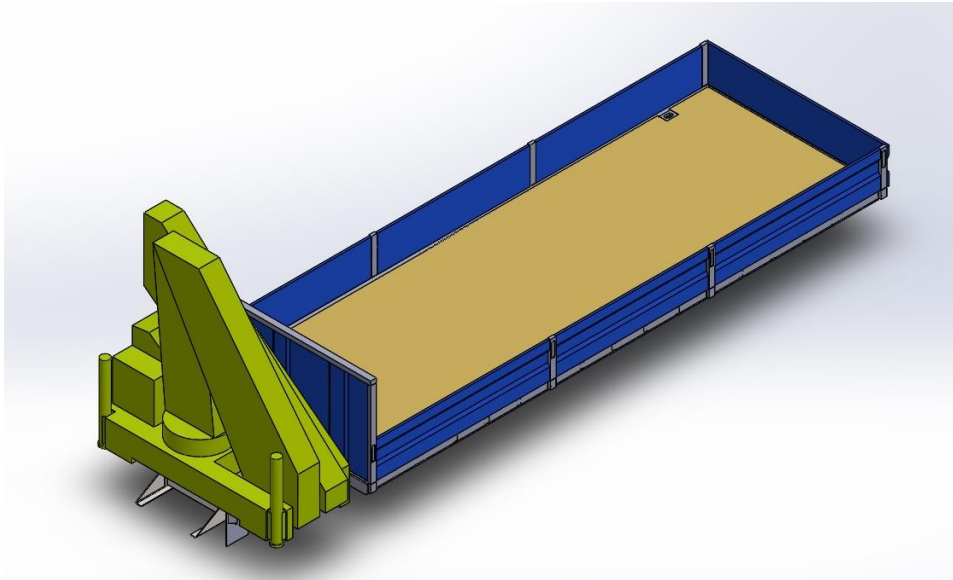
Hnací tandemová tuhá dvojnáprava s bezúdržbovým uložením dvojmontáže pneumatik a vlečným říditelnou nápravou. 8 vzduchových vaků, tlumiče, stabilizátory. Mezinápravový diferenciál s uzávěrkou.

Kabina

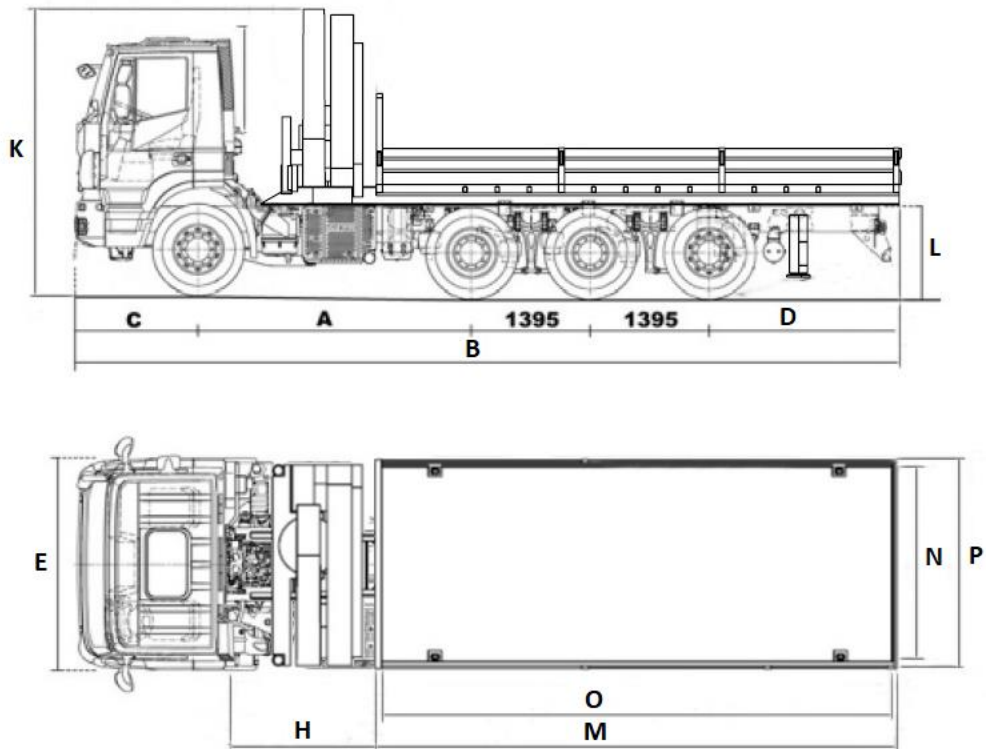
Denní víceúčelová kabina AD (Active Day), vnitřní šířka 1990mm, délka 1450mm, odpružena 4 jednotkami. Zadní stěna bez oken. Sedadlo řidiče vzduchem odpružené. Volant pneumatickým zámekem nastavení, světla LED pro denní svícení integrovaná v hlavních světlometech.

VALNÍK S HYDRAULICKOU RUKOU ZA KABINOU

Speciální valníková nástavba s hydraulickou rukou za kabinou pro převoz stavebních a hutních materiálů a kontejnerů.



Rozměry a hmotnosti





Your partner for sustainable transport

Rozměry [mm] pro pneumatiky 315/80R22.5

Délka vozidla [B]	10 996
Šířka vozidla [E]	2 550
Výška vozidla [K]	3 723
Zadní převis [D]	2 088
Vnější délka ložné plochy [M]	7 340
Vnější šířka ložné plochy [P]	2 550
Ložná plocha [m ²]	17,8
Vnitřní délka ložné plochy [O]	7 190
Vnitřní šířka ložné plochy [N]	2 470
Výška ložné plochy [L]	1 363
Prostor hydraulické ruky [H]	1 496

Hmotnosti [kg]

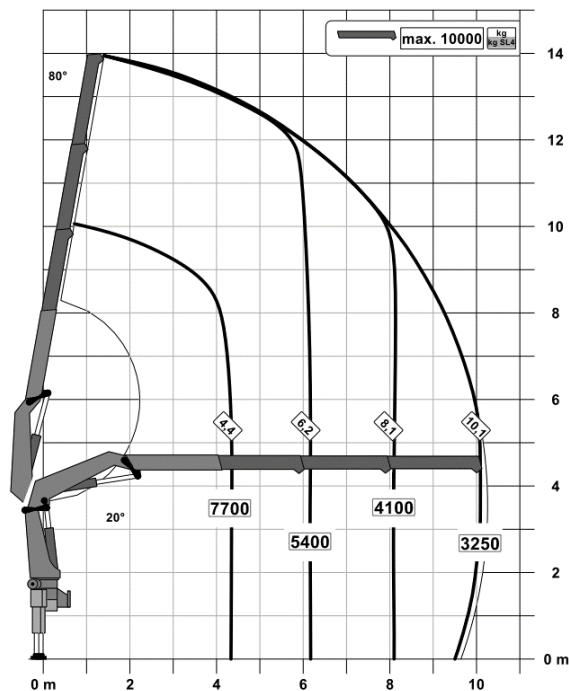
Pohotovostní hmotnost s nástavbou	14 954
Pohotovostní hmotnost s nástavbou na přední nápravě	7 372
Pohotovostní hmotnost s nástavbou na trojnápravě	7 582
Maximální užitečné zatížení technické	20 045
Maximální užitečné zatížení legislativní	17 045
Hmotnost nástavby, včetně příslušenství	1 101
Hmotnost hydraulické ruky, včetně příslušenství	3 380

Valníková nástavba

Kombinace valníku a nosiče výměnných nástaveb. Rychlé zajištění nákladu díky zámkům výměnných nástaveb. Ložná plocha v m². Bočnice sklopné, demontovatelné včetně sloupků se zámků od výrobce Hestal – třístranné provedení. Překližková vodovzdorná podlaha s protiskluzovou úpravou. Velký počet upevňovacích zámků a ok. V zadní části výsuvné schůdky se dvěma stupni pro pohodlí obsluhy a snadný nástup na ložnou plochu valníku. Rám valníku adaptován pro model X-WAY. Uzamykatelné schránky na nářadí a techniky pro zajištění nákladu.

Hydraulická ruka Palfinger PK 37.002 TEC 7

Hydraulická ruka s kloubovým systémem výložníků s maximálním zvedacím momentem 33,5 mt a vyložením 10,1 m. Maximální hodnota hmotnosti zvedaného břemene 10 000 kg. Široká variabilita příslušenství. Přídavné zadní stabilizační podpěry pro vyšší stabilitu. Možnost dálkového radiového ovládání.



Maximální zvedací moment	33,5 mt
Maximální nosnost	10 t
Maximální vyložení	10,1 m
Úhel otáčení	∞
Šířka vysunutých stabilizačních podpěr	8,6 m
Hmotnost	3070 kg
Délka zástavby	1,130 m
Šířka zástavby	2,550 m
Výška zástavby	2,460 m