



**FAKULTA
ŠTOJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh konstrukce manipulačního vozíku pro
přesun kontejnerů**

Design of Handling Trolley for Container

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Adam Buzek

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠTOJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Jiří MRÁZEK Ph.D.





Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Návrh konstrukce manipulačního vozíku pro přesun kontejnerů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Mrázka, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 28. 6. 2018

Adam Buzek



Poděkování

Toto poděkování věnuji své rodině, která mě podporovala během celého studia a během vývoje této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem kolegům pracujících na projektu SKOTRANS za jejich spolupráci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také panu Ing. Jiřímu Mrázkovi, Ph.D., za důsledné vedení a inspiraci.

Anotační list

Jméno autora: Adam BUZEK

Název BP: Návrh konstrukce manipulačního vozíku pro přesun kontejnerů

Anglický název: Design of Handling Trolley for Container

Rok: 2018

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Jiří Mrázek, Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Josef Kolář, CSc.

Bibliografické údaje: počet stran 49

počet obrázků 54

počet tabulek 3

počet příloh 1

Klíčová slova: přesun kontejnerů, manipulační vozík, rám vozíku, manipulace s kontejnerem, SKOTRANS, energetický řetěz

Keywords: shifting of containers, handling trolley, frame of trolley, manipulation with the container ,energy chain

Anotace: Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce manipulačního vozíku pro přesun kontejnerů. Tento vozík je součástí řešení projektu SKOTRANS.

Abstract: This bachelor thesis deals with design of handling trolley for containers. Handling trolley is a part of SKOTRANS project.

Obsah

1. Úvod	3 -
1.1. Rozbor problému	3 -
2. Překládání kontejnerů-rešerše	3 -
2.1. Patentová rešerše	3 -
Patent EP 2325131 [1] (Platný do roku 2024)	3 -
Patent US 3357582 [2]	4 -
Patent us 3416684 [3]	4 -
Patenet us 4049135 [4]	5 -
3. Koncepční návrh.....	5 -
3.1.....	6 -
Varianty koncepcí.....	6 -
3.1.1. Varianta 1 – Systém ACTS s vodorovným přetažením kontejneru.....	6 -
3.1.2. Varianta 2 – Boční přesun kontejneru s pohonem na manipulačním vozíku.....	7 -
3.1.3. Výběr vhodného konceptu	7 -
3.1.4. Hrubý model vybraného konceptu	8 -
3.1.4.1. Popis jednotlivých prvků	8 -
Překladiště	8 -
Manipulační vozík.....	8 -
První stupeň výsuvu „Most“	9 -
Druhý stupeň výsuvu	9 -
Zdvihací zařízení	9 -
3.1.5. Průběh nakládání kontejnerů	9 -
3.2. Konstrukce rámu manipulačního vozíku	9 -
3.2.1. Požadavky a omezení rámu	9 -
3.2.2. Vyznačení základního tvaru rámu	11 -
3.2.3. Předběžný návrh rámu	12 -
3.2.4. Stanovení sil působících na rám	13 -
3.2.4.1. Rovnoměrně zatížen kontejner při překládání.....	13 -
Výpočet spojitého zatížení	13 -
3.2.4.2. Nerovnoměrně zatížen kontejner při překládání	13 -
3.2.4.3. Rovnoměrně zatížen kontejner uložený na vozíku	15 -
3.2.4.4. Nerovnoměrně zatížen kontejner uložený na vozíku.....	16 -
3.2.5. Rozložení sil v rámu.....	16 -
3.2.5.1. Při přesunu kontejneru.....	16 -
3.2.5.2. Při usazeném kontejneru a zpomalování vozíku	17 -
3.2.6. Volba materiálu	17 -
3.2.7. Hlavní nosník	18 -
3.2.7.1. Tvar hlavního nosníku	18 -
3.2.7.2. Výpočet maximálních momentů	18 -
Pří překládání	18 -
Při pohybu s uloženým kontejnerem	19 -
Zatížení silami rozloženými z tíhy kontejneru při pohybu	19 -

3.2.7.3. Možné profily hlavního nosníku	19 -
I profil	20 -
Čtvercová tyč.....	20 -
Obdélníková trubka	20 -
3.2.7.4. Konstrukce hlavního nosníku	22 -
3.2.8. Ostatní nosníky	22 -
3.2.8.1. Příčné nosníky	23 -
Nosníky 1 a 2	23 -
Nosníky 4	23 -
Nosníky 5	24 -
Nosníky 8	24 -
Nosníky 9	24 -
3.2.8.2. Podélné nosníky.....	25 -
Nosníky 7	25 -
Nosníky 10.....	25 -
3.2.8.3. Svislé nosníky.....	26 -
Nosníky 3	26 -
Nosníky 6	26 -
3.2.9. U profily pod kontejner	26 -
3.3. Spojení vozíku s rámem	27 -
3.3.1. Vybrané řešení.....	27 -
Rozměry přírub.....	27 -
Výpočet počtů šroubu	28 -
3.4. Přívod elektrické energie.....	29 -
3.4.1. Varianty.....	29 -
3.4.1.1. Kabel v energo řetězu.....	29 -
3.4.1.2. Navíjecí kabel.....	29 -
3.4.1.3. Třetí kolej (metro)	30 -
3.4.1.4. Trolej	31 -
3.4.2. Vybrané řešení.....	32 -
3.5. Kolejnice.....	32 -
3.5.1. Upevnění kolejnice k rámu	33 -
3.6. Shrnutí celé konstrukce.....	34 -
4. Závěr.....	35 -
5. Seznam použité literatury	37 -
6. Seznam obrázků	38 -
7. Seznam tabulek.....	40 -
8. Seznam příloh	41 -

Seznam zkratek a symbolů

g	-Tíhové zrychlení	$\left[\frac{N}{kg}\right]$
m	-Hmotnost kontejneru	$[kg]$
l	-Délka kontejneru	$[mm]$
q_{sp1}	-Rovnoměrné spojitě zatížení při překládání	$\left[\frac{N}{mm}\right]$
R_{A1}	-Reakce v podpěře A při rovnoměrném zatížení	$[N]$
R_{B1}	-Reakce v podpěře B při rovnoměrném zatížení	$[N]$
S_{zat}	-Obsah zatěžovacího trojúhelníku	$[N]$
q_{sp2}	-Spojitě zatížení od kontejneru	$\left[\frac{N}{mm}\right]$
q_{sp3}	-Spojitě zatížení od obsahu kontejneru	$\left[\frac{N}{mm}\right]$
q_{lich}	-Lichoběžníkové spojitě zatížení	$\left[\frac{N}{mm}\right]$
a	-Zpomalení od brzd	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$
m_2	-Hmotnost poloviny kontejneru	$[kg]$
F_{br}	-Síla při brždění	$[N]$
M_{o1max}	-Maximální ohybový moment při překládání	$[N \cdot m]$
M_{o2max}	-Maximální ohybový moment při uložení kontejneru za pohybu	$[N \cdot m]$
F_1	-Síla z rozložené tíhy	$[N]$
M_{o3max}	-Maximální ohybový moment při uložení kontejneru za pohybu	$[N \cdot m]$
W_{omin}	-Minimální modul průřezu v ohybu hlavního nosníku	$[mm^3]$
a_{min}	-Minimální rozměr hrany čtvercové tyče	$[mm]$
W_{ovyp}	-Vypočítaný modul průřezu svařených U-profilů	$[mm^3]$
W_{otab}	-Tabulkový modul průřezu svařených U-profilů	$[mm^3]$
W_{o140}	-Modul průřezu pro ohyb čtyřhranné tyče 140x8	$[mm^3]$
S	-Plocha průřezu čtyřhranné tyče 140x8	$[mm^2]$
M_{o4}	-Maximální moment na nosníku 4	$[N \cdot mm]$
M_{o5}	-Maximální moment na nosníku 5	$[N \cdot mm]$
W_{omin4}	-Minimální modul průřezu v ohybu nosníku 4	$[mm^3]$
σ_{o4}	-Ohybové napětí v nosníku 4	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$
W_{omin5}	-Minimální modul průřezu v ohybu nosníku 5	$[mm^3]$
σ_{o5}	-Ohybové napětí v nosníku 5	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$



M_{09}	-Maximální moment na nosníku 9	$[N \cdot mm]$
W_{0min9}	-Minimální modul průřezu v ohybu nosníku 9	$[mm^3]$
σ_{09}	-Ohybové napětí v nosníku 9	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$
σ_3	-Napětí v nosníku 3	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$
σ_6	-Napětí v nosníku 6	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$
F_{br2}	-Síla při brždění s hmotností rámu a kontejneru	$[N]$
N	-Normálová síla do šroubů	$[N]$
S_ξ	-Potřebná plocha šroubů	$[mm^3]$
i_{min}	-Minimální počet šroubů	$[1]$

1. Úvod

Tato bakalářská práce je součástí řešení projektu SKOTRANS, který se zabývá optimalizací svozu komunálního odpadu v Praze.

1.1. Rozbor problému

Řešený problém je svoz komunálního odpadu do spalovny ZEVO v Malešicích, který je momentálně řešen neefektivně. Dnes je odpad svážen z Prahy a okolních obcí popelářskými vozy po silnicích ve dvou směnech. Některé vozy tím pádem musí trávit hodiny jen tím, že přejíždí mezi místem sběru a spalovnou. V areálu spalovny a před ním se tvoří kolony popelářských vozidel, které čekají na vysypání svého nákladu.

Řešením je svážení odpadu na překladiště, kde by byl odpad vysypán do kontejneru, které mohou být uskladněny nebo přepraveny do spalovny za pomoci speciálně upravenými tramvajemi pro onen kontejner.

Pro překládání těchto kontejnerů je potřebné manipulační zařízení, které je předmětem této práce.

2. Překládání kontejnerů-rešerše

V současnosti jsou kontejnery nejčastěji přepravovány na nákladních automobilech, vlacích a lodích.

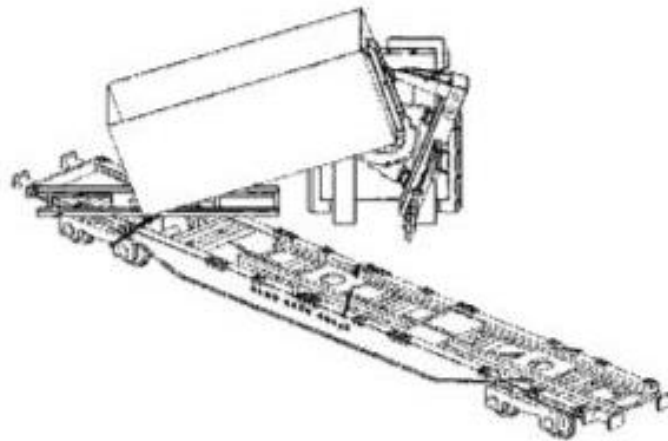
K manipulaci s těmito kontejnery se používají pojízdné vozíky, vysokozdvížné vozíky, pojízdné jeřáby nebo tzv. Zdvíhače. Taky je možnost použít nákladní automobil s hydraulickým ramenem, kterým si kontejner přetáhne na sebe. S použitím tohoto systému počítá taky systém ACTS, který je založený na speciálně upraveném plošinovém vozem. Tento systém budu podrobněji popisovat níže.

2.1. Patentová rešerše

PATENT EP 2325131 [1] (Platný do roku 2024)

Obsah patentu: Systém pro vykládání pojízdných kontejnerů z železničního vozu pomocí vysokozdvížného vozíku s párem vidlic, který je umístěný na otočném zařízení s možností otáčet se o osu probíhající paralelně k vidlicím. Otočné zařízení lze výškově nastavit.

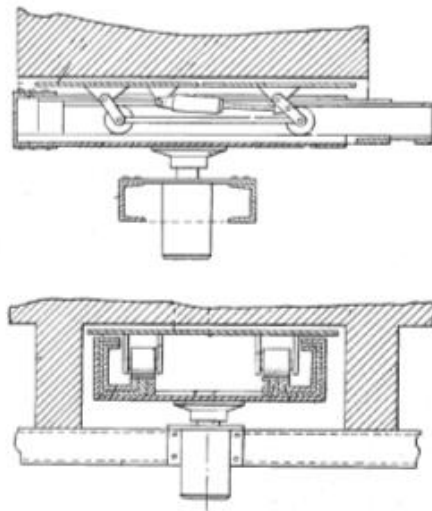
Na vidlicích vysokozdvížného vozíku je nadstavba, která je složená z nosné části složenou s podélných nosníku, na kterých je umístěná hydraulicky nastavitelná část vybavena dírami pro vidlici vysokozdvížného vozíku. Na jedné straně nosné části je umístěna podpěra s hákem na uchycení kontejneru.



Obrázek 1: Patent EP 2325131 [1]

PATENT US 3357582 [2]

Obsah patentu: Kontejner je překládán manipulačním vozítkem, které je opatřeno teleskopickým členem alespoň s dvěma stupňů. Jeden z těchto stupňů je připevněn k rámu vozítka ve vodorovné pozici. Plošina se speciálně tvarovanými profily tvoří trať pro pojízdnou plošinu, která najede pod náklad, nadzvedne ho a zasune se zpět na manipulační vozítko.

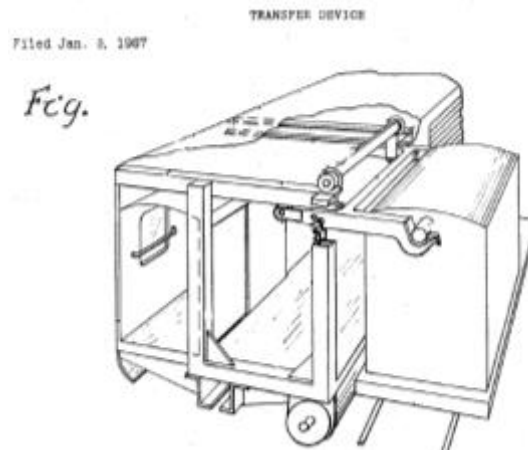


Obrázek 2: Patent US 3357582 [2]

PATENT US 3416684 [3]

Obsah patentu: Část skříně kolejového vozidla je složená z menších vysunovacích kontejnerů. Ty jsou pomocí kloubového mechanismu přesouvány v příčném směru na

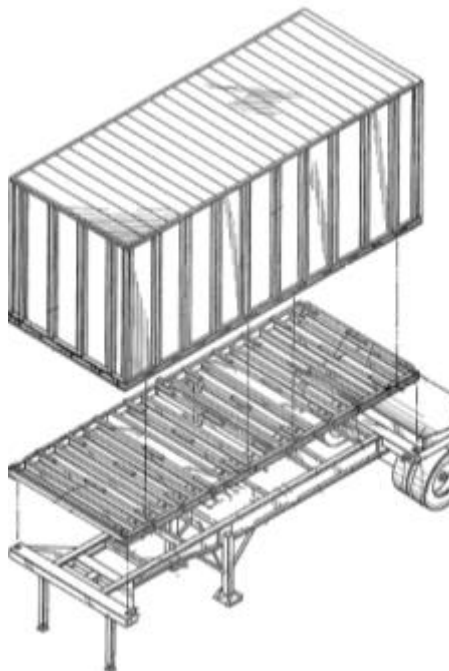
přepravník. Celý mechanismus je zabudovaný ve skříni kolejového vozidla a tím výrazně snižuje užitečný objem kontejnerů.



Obrázek 3: Patent US 3416684 [3]

PATENET US 4049135 [4]

Obsah patentu: Překlad kontejnerů do/z letadla. Na manipulačním vozítku je plošina složená z válečků, které umožňují příčné posunutí nákladu po nich. Taky je vybaven systémem k fixaci kontejneru na manipulačním vozíku pomocí otočných čepů v rozích plošin



Obrázek 4: Patent US 4049135 [4]

3. Koncepční návrh

V této části se věnuji vymyšlení vyhovujícího řešení překlada kontejnerů z kolejových vozidel a důkladnějšímu návrhu manipulačního vozíku.

3.1.

VARIANTY KONCEPCÍ

V průběhu naší rešerše jsme vymysleli několik koncepcí, které byly schopny splnit požadavky pro úspěšný překlad kontejneru z místa A na místo B. Všechny koncepty využívají mezičlenu, který si přetáhne kontejner na sebe a odjede na místo určení, kde ho potom vyloží.

Základní požadavky pro tyto koncepce jsou:

1. Nad kontejnerem na tramvaji se vyskytují troleje. Samotná tramvaj s nadstavbou a kontejnerem má výšku 3,5 metru. Při překladu je nutno nezasáhnout do prostorů trolejí a je nutno počítat s tím, že jakákoliv konstrukce ve stylu jeřábu, který by uchopoval kontejner z vrchu, by mohla kolidovat s trolejí.
2. Celý proces by měl být snadno automatizovatelný, s nutností zásahu člověka jen při havárii.
3. Předpokládá se, že celý systém bude napájen pouze elektřinou.
4. Systém překladu by měl fungovat takovým způsobem, aby pro jeho funkci nebylo potřeba protizávaží, které by výrazně zvyšovalo hmotnost celku.
5. Překladiště budou v osídlených částech Prahy, takže by proces měl být co nejtichší.
6. Přeložení kontejneru by mělo trvat zhruba tři minuty

3.1.1. Varianta 1 – Systém ACTS s vodorovným přetažením kontejneru

Na transportním voze (vlak, tramvaj, nákladní automobil) je otočná konstrukce, na které je umístěn kontejner. Proces přesunu začíná tím, že manipulační vozík natočí onu konstrukci kolem svislé osy tak, aby šel kontejner vysunout, aniž by při přesunutí narazil do jiných částí transportního vozu nebo jiného kontejneru. Potom se vozík natočí k čelu kontejneru, který následně zachytí a přesune na sebe.

Výhody:

- Kontejner není nutno pro přesun nadzvednout
- Systém ACTS už existuje a nebylo by třeba tvořit nadstavbu
- Systém je kompatibilní s normalizovanými kontejnery

Nevýhody

- Natočení vozíku a otočné konstrukce do správné polohy vyžaduje veliký pracovní prostor
- Po exkurzi se ukázalo, že ložiska otočné konstrukce jsou provozem zcela poškozena a otočit s danou konstrukcí je velmi obtížné
- Doba celého procesu

3.1.2. Varianta 2 – Boční přesun kontejneru s pohonem na manipulačním vozíku

Na manipulačním vozíku je zařízení, které je schopné teleskopického výsunu do boku. Transportní vůz je vybaven nadstavbou s drážkou pro vjetí teleskopického zařízení, na které je umístěn kontejner.

Manipulační vozík přijede bokem k transportnímu vozu a vysune teleskopické zařízení, které následně nadzvedne kontejner a přesune ho na manipulační vozík, kam ho usadí na připravené místo, a nakonec se teleskopická část zasune.

Výhody

- Potřeba menšího pracovního prostoru
- Rychlý způsob naložení

Nevýhody

- Potřeba nadzvednout celý kontejner (energetický náročnější)

3.1.3. Výběr vhodného konceptu

Jelikož jsme na výběru konceptu pracovali v týmu, tak jsme pro výběr vhodného řešení použili vícekritériální rozhodování [6], ve kterém jsme si určili kritéria a k těm jsme přiřazovali váhu.

Seznam kritérií seřazený sestupně podle důležitosti:

K1 - ekonomická manipulace s kontejnerem

K3 - vysoká spolehlivost systému

K4 - nízký počet kroků přesunu

K2 - malý manipulační prostor

K5 - malé zásahy do konstrukce transportních vozidel

K7 - malá spotřeba energie

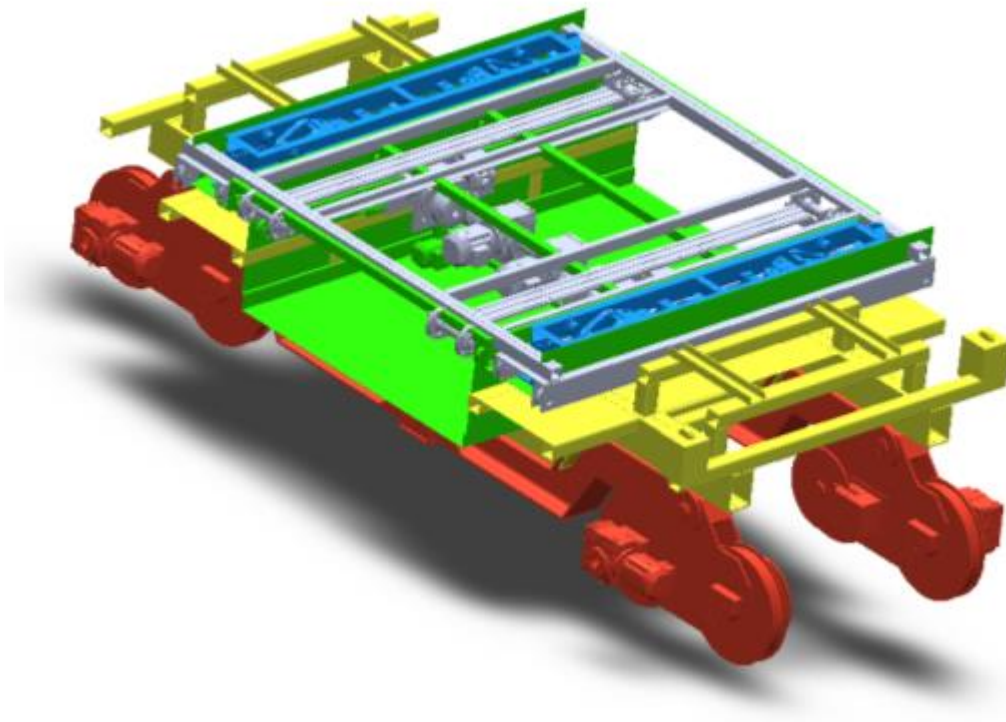
K8 - univerzálnost

K6 - nízká cena

Proces výběru viz. Příloha 1.

Výsledek: Nejlépe dopadla **varianta č. 2**, která bude následně rozpracována podrobně.

3.1.4. Hrubý model vybraného konceptu



Obrázek 5: Model vybraného konceptu [5]

Popis obrázku:

- Podvozek manipulačního vozíku (červená část)
- Rám manipulačního vozíku (žlutá část)
- Most a jeho pohony (zelená část)
- Druhý stupeň výsuvu (šedá část)
- Zdvihací zařízení (modrá část)

3.1.4.1. Popis jednotlivých prvků

PŘEKLADIŠTĚ

Prostor, kde probíhá překládání kontejnerů mezi různými typy dopravních prostředků, dočasným úložištěm kontejnerů a lisem. V tomto prostoru se pohybuje manipulační vozík.

MANIPULAČNÍ VOZÍK

Kolejové vozidlo, jehož hlavním úkolem je překládání kontejnerů mezi transportními vozy, skladištěm a plnicím zařízením. Jeho součástí je mechanismus, který svým dvojstupňovým výsuvem přemístí zdvihací zařízení pod kontejner. Také jsou na něm umístěny pohony celého systému. Celý vozík je řízen automaticky.

PRVNÍ STUPEŇ VÝSUVU „MOST“

Plošina, která se vysouvá z boku manipulačního vozíku takovým způsobem, aby vytvořila most mezi manipulačním vozíkem a místem umístění kontejneru.

DRUHÝ STUPEŇ VÝSUVU

Mechanismus, který se vysouvá po mostě až pod kontejner a zajišťuje přesun zdvihacího zařízení.

ZDVIHACÍ ZAŘÍZENÍ

Zařízení umístěné na druhém stupni výsuvu, které zajišťuje potřebný zdvih kontejneru, aby kontejner mohl být bez překážek přesunut na manipulační vozík.

3.1.5. Průběh nakládání kontejnerů

Manipulační vozík přijede k místu obsahujícímu kontejner. Z manipulačního vozíku se vysune most do připraveného prostoru pod kontejnerem. Po umístění mostu do správné pozice se vysune druhý stupeň výsuvu, který dosáhne až pod kontejneru. Následně zdvihací zařízení zvedne kontejner za podélné nosníky kontejneru a zajistí se v poloze vysunuto. Druhý stupeň výsuvu se zasune na manipulační vozík. Potom se zasune i most a zdvihací zařízení spustí kontejner na manipulační vozík.

Vyložení kontejneru probíhá obrácením postupu.

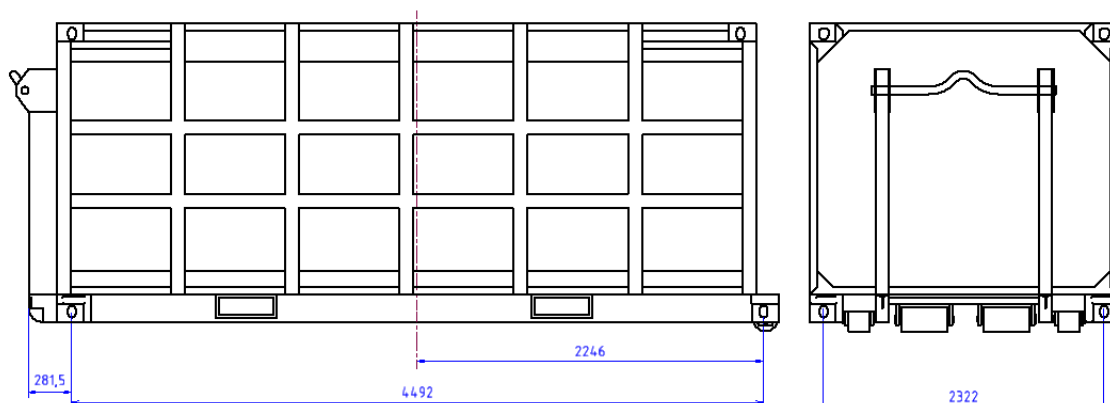
3.2. Konstrukce rámu manipulačního vozíku

Předmětem této kapitoly je návrh nosného rámu, který bude umístěn na speciálně vytvořeném podvozku. Na rám bude pokládán kontejner o maximální hmotnosti 15 000 kg.

3.2.1. Požadavky a omezení rámu

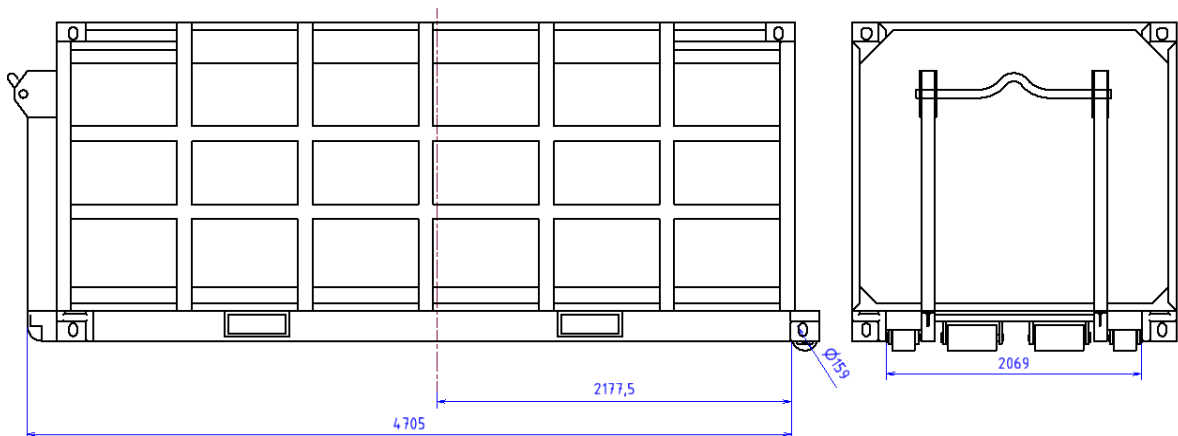
Na rám bude pokládán kontejner o rozměrech 2500 mm na šířku a 5000 mm na délku

Na rozích kontejneru jsou fixační prvky na trny twistlock, které zajistí aretaci kontejneru při pojíždění mezi stanovišti. Je třeba zajistit trny a jejich správnou polohu.



Obrázek 6: Rozměry kontejneru pro trny

Na kraji kontejneru jsou rolny kontejneru, důležitá pro natahování kontejneru pomocí háku na kamionu. Je potřeba zajistit prostor pro tyto rolny.



Obrázek 7: Důležité rozměry roln kontejneru

Je třeba zajistit prostor pro výsuvné mechanismy a jejich pohony.

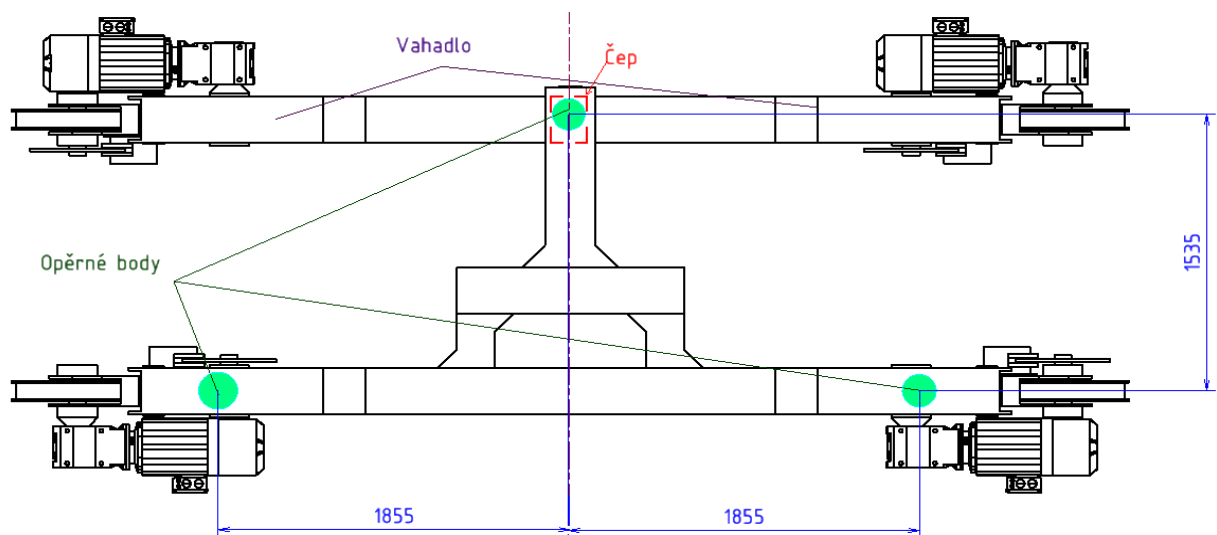
Požadavky na výšku vozíku od hlavy kolejnice:

Celková výška vozíku: 1500 mm

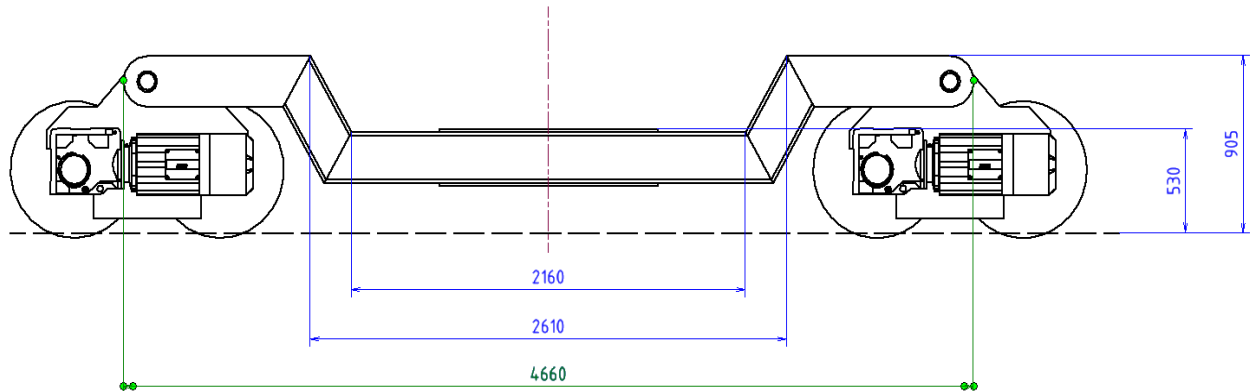
Výška prostoru, po kterém jezdí výsuv: 1200 mm

Rám musí být připevněn k podvozku, který je předmětem řešení projektu SKOTRANS, na který tato práce navazuje.

Je třeba brát v úvahu, že připojení rámu k podvozku ovlivní rozměry celku a obě části na sebe navazují.



Obrázek 8: Vyznačení přípojných bodů podvozku s rámem manipulačního vozíku



Obrázek 9: Výškové a délkové rozměry podvozku

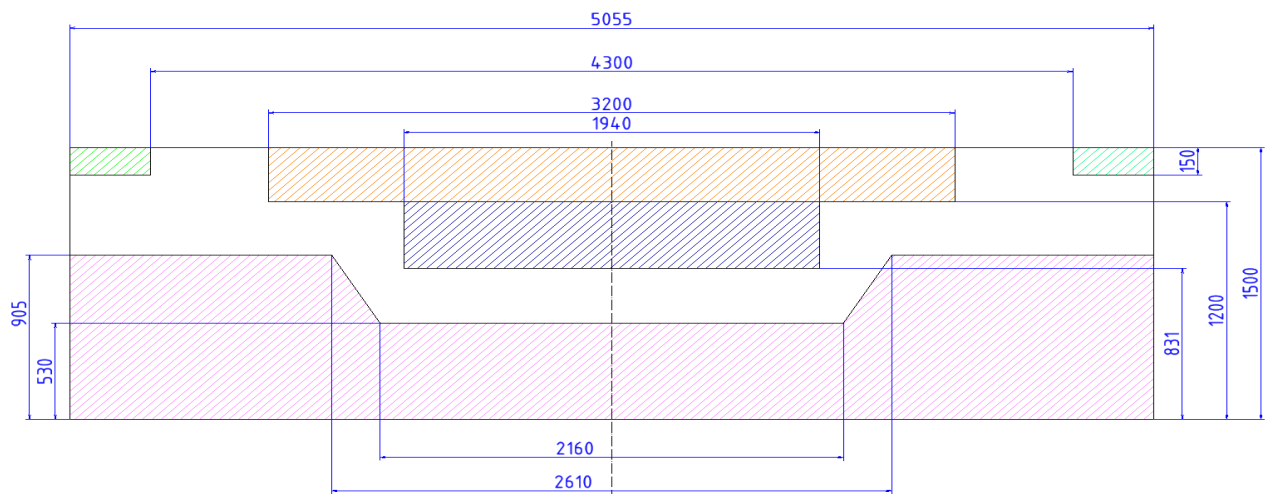
Na obrázku 8 jsou znázorněny opěrné body, na kterých bude rám připevněn k podvozku. Podvozek se skládá ze dvou částí. Jednou z nich je vahadlo upevněno na čepu k druhé části, které při jízdě kompenzuje nerovnosti svým pohybem. Opěrné body nemůžou být na vahadlu, protože by přenášely pohyb do rámu.

Požadavky na rám:

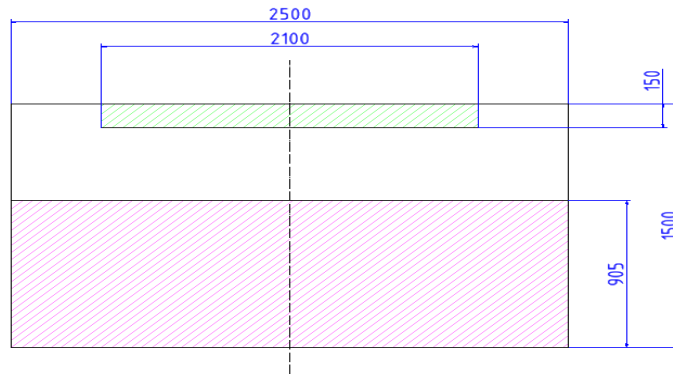
Rám by měl být lehký.

Rám by se měl skládat z běžně dostupných polotovaru a standardně používaných materiálů.

3.2.2. Vyznačení základního tvaru rámu



Obrázek 10: Rozbor prostoru pro rám (pohled z boku)



Obrázek 11: Rozbor prostoru pro rám (pohled zezadu)

Popis obrázku 10 a 11:

Růžové pole

Zelené pole

Oranžové pole

Modré pole

Podvozek

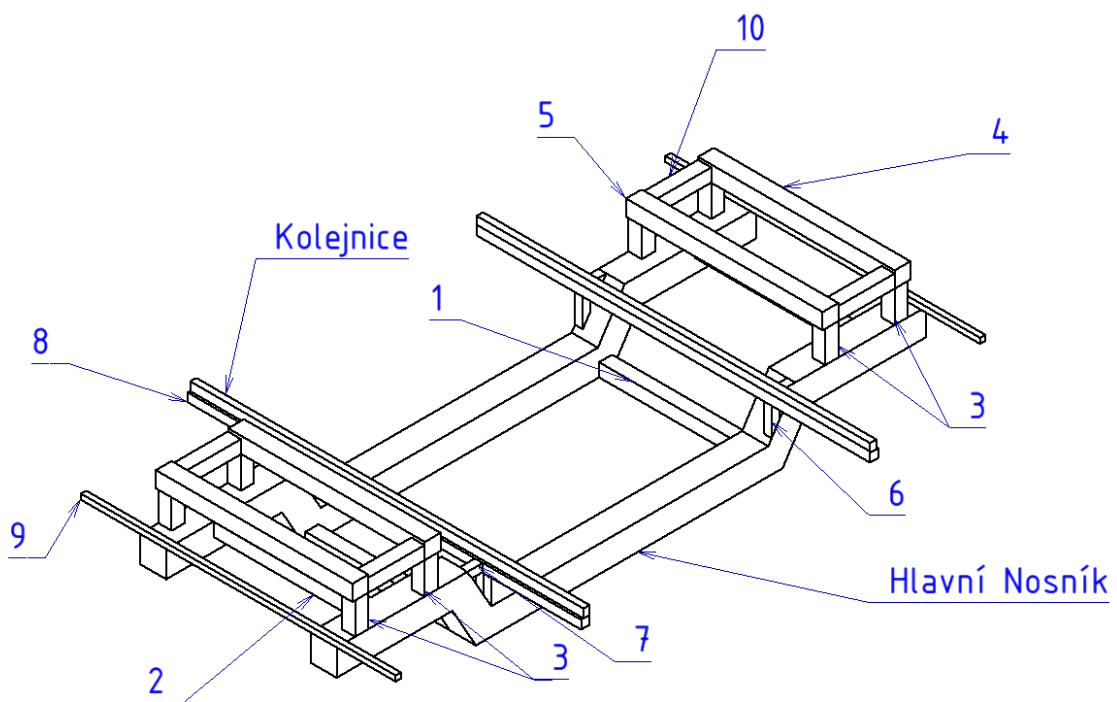
Místo na rolny kontejneru

Místo pro výsuvné zařízení

Místo pro pohon výsuvu

Z rozboru prostoru mi vychází základní rozměry a tvar rámu manipulačního vozíku.

3.2.3. Předběžný návrh rámu



Obrázek 12: Skica rámu a rozdělení nosníků

Celý rám se skládá z hlavních nosníků, které leží přímo nad podvozkem a zajišťuje rovnoměrný přenos zatížení na podvozek. Hlavní nosníky jsou k sobě přivařeny pomocí nosníků 1 a 2. Na tomto základu rámu jsou potom navařené další nosníky plnící další potřebné funkce rámu.

3.2.4. Stanovení sil působících na rám

K výběru vhodných konstrukčních prvků na složení rámu potřebuji určit síly působící na rám a jejich umístění. K tomuto odhadu použiju čtyři případy přenosu zatížení na rám. Dva případy se budou týkat kontejnerů nakládaných vozíkem a dva již uložených kontejnerů na vozíku.

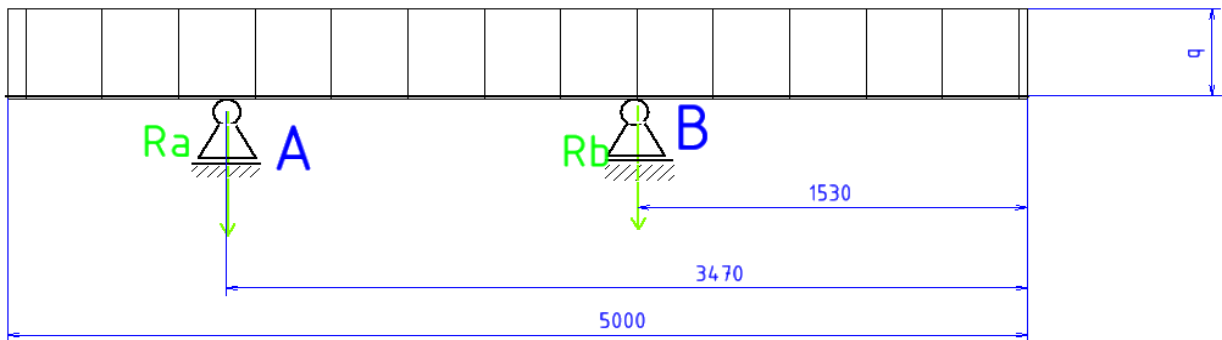
3.2.4.1. Rovnoměrně zatížen kontejner při překládání

VÝPOČET SPOJITÉHO ZATÍŽENÍ

Plný kontejner má hmotnost 15 000 kg na délce 5000 mm. Pro výpočet zatížení uvažuji tíhové zrychlení $g = 9,81 \frac{N}{kg}$. Uvažuju polovinu hmotnosti, protože počítám jednu polovinu rámu s ohledem na symetrii.

Spojité zatížení získám pomocí výpočtu síly působící na délce

$$q_{sp1} = \frac{m \cdot g}{2 \cdot l} = \frac{15\,000 \cdot 9,81}{2 \cdot 5\,000} = 14,72 \frac{N}{mm} \quad (1)$$



Obrázek 13: Rovnoměrné spojité zatížení při přesunu

Podpěry reprezentují kolejnice, na kterých se kontejner při přesuvu pohybuje.

Díky symetrii jsou reakce v obou podpěrách stejné a jsou rovny polovině celkového zatížení.

$$R_{A1} = R_{B1} = q \cdot \frac{l}{2} = 14,72 \cdot \frac{5000}{2} = 36\,800 \text{ N} \quad (2)$$

3.2.4.2. Nerovnoměrně zatížen kontejner při překládání

Spojité zatížení vychází z dvou částí zatížení.

Spodní část je rovnoměrné zatížení od hmotnosti kontejneru $m_k = 2000 \text{ kg}$.

$$q_{sp2} = \frac{m_k}{2} \cdot g \cdot \frac{1}{l} = \frac{2\,000}{2} \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{5\,000} = 1,962 \frac{N}{mm} \quad (3)$$

Vrchní část zatížení reprezentuje trojúhelníkové rozložení zatížení od obsahu kontejneru. Dosáhnout toto zatížení v reálných podmínkách plnění kontejneru nelze, ale poslouží jako velmi pesimistický odhad zatížení a tím pádem je vhodné pro dimenzování. Obsah trojúhelníku se musí rovnat zatížení od 13 000 kg obsahu kontejneru.

$$S_{zat} = \frac{13\,000}{2} \cdot 9,81 = 63\,765 \text{ N} \quad (4)$$

Z tohoto obsahu jsem dopočítal výšku toho trojúhelníku

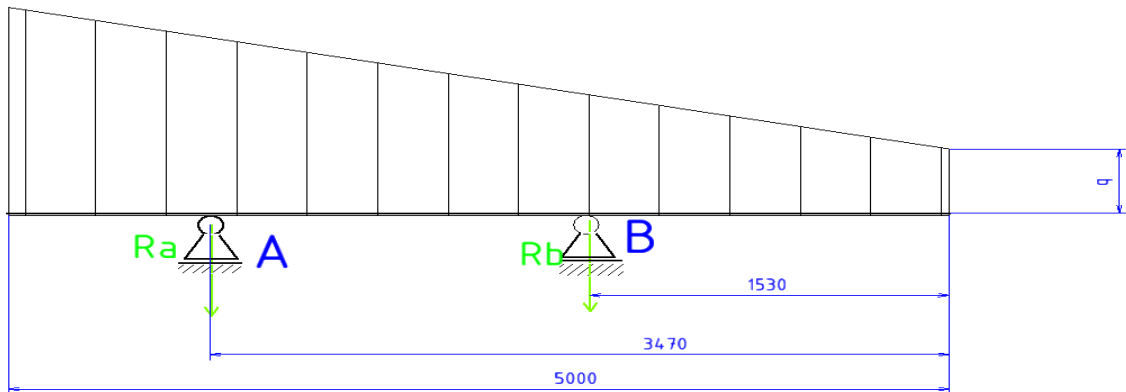
$$v = \frac{2 \cdot S_{zat}}{l} = \frac{2 \cdot 63\,765}{5\,000} = 25,506 \quad (5)$$

Kde souřadnice y lze popsat rovnicí závislé na souřadnici x

$$q_{sp3} = 5,101 \cdot x \quad \left[\frac{N}{mm} \right] \quad (6)$$

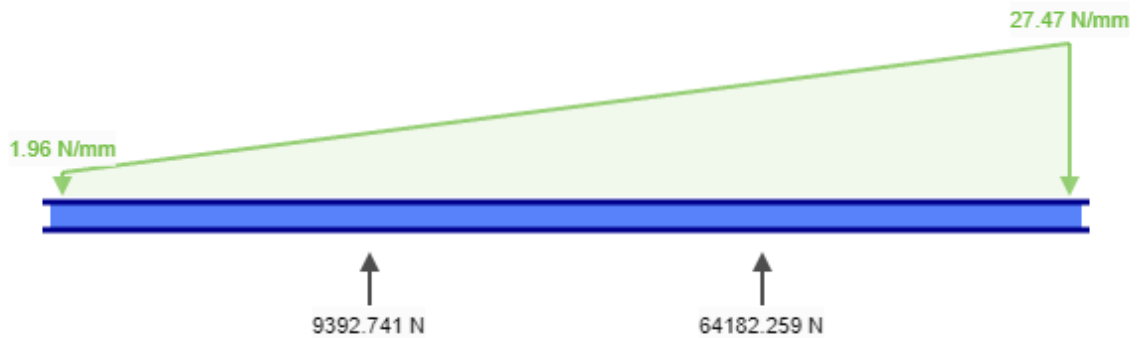
Složením těchto dvou částí jsem dostal zatížení, které lze popsat rovnicí

$$q_{lich} = q_{sp2} + q_{sp3} = 1,962 + 5,101 \cdot x \quad \left[\frac{N}{mm} \right] \quad (7)$$



Obrázek 14: Nerovnoměrné spojité zatížení při přesuvu

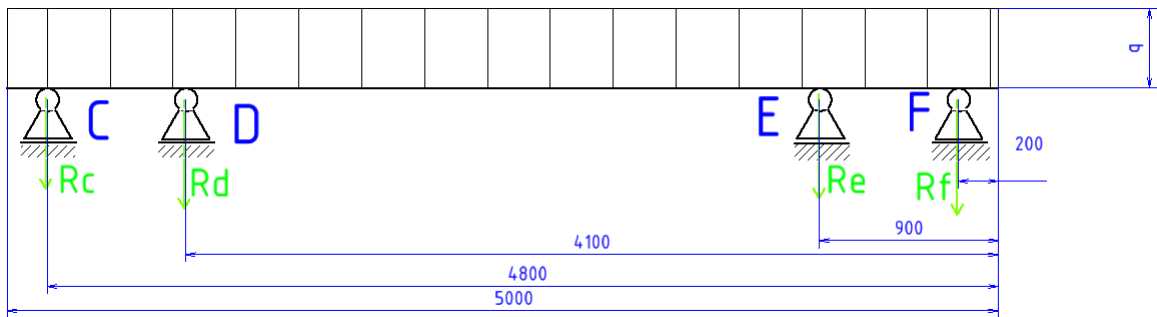
Pro výpočet reakcí v podpěrách jsem použil software SkyCiv Beam



Obrázek 15: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam

Z výpočtu vyplývá že větší z reakcí je R_b rovna 64 182 N. Díky tomu že je největší, tuto sílu budu uvažovat dále pro výpočty v režimu překládání kontejneru.

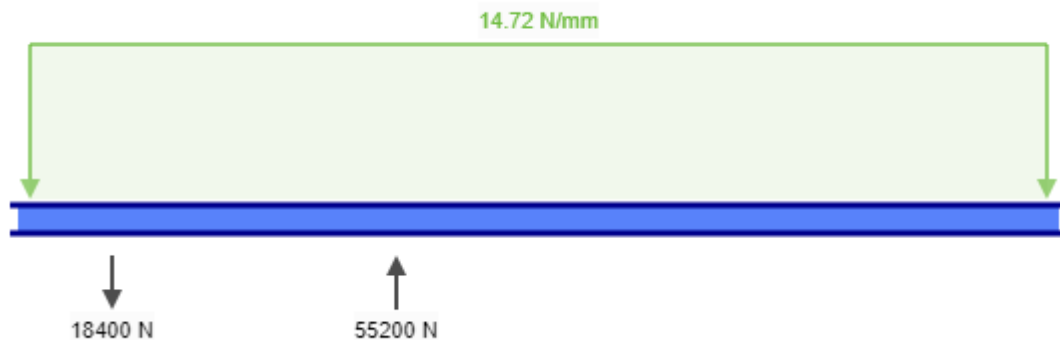
3.2.4.3. Rovnoměrně zatížen kontejner uložený na vozíku



Obrázek 16: Rovnoměrně zatížení při uloženém kontejneru

Vzdálenost podpěr od sebe vychází z rozboru prostoru. Podpěry reprezentují nosníky, na kterých bude kontejner ležet.

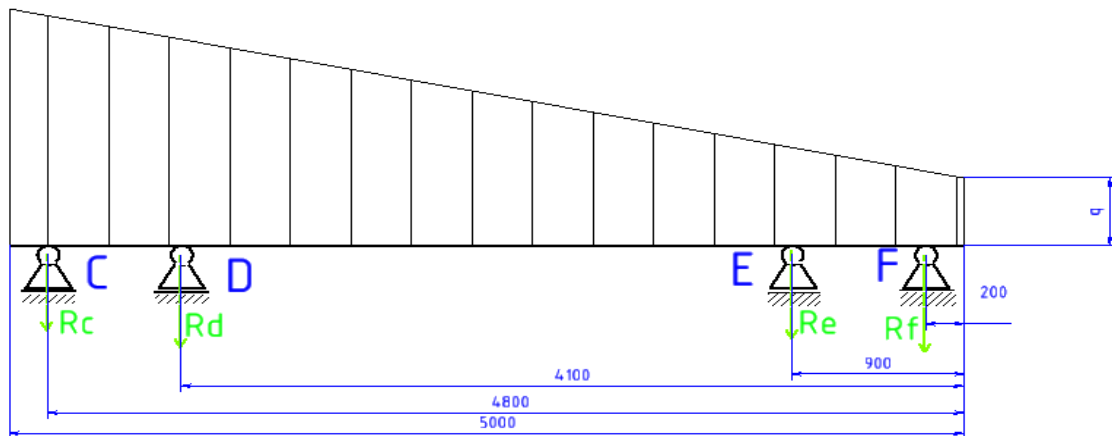
Díky symetrii tohoto zatížení je možno počítat jen polovinu nosníku. Pro výpočet reakcí v podpěrách jsem znova použil software SkyCiv Beam



Obrázek 17: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam

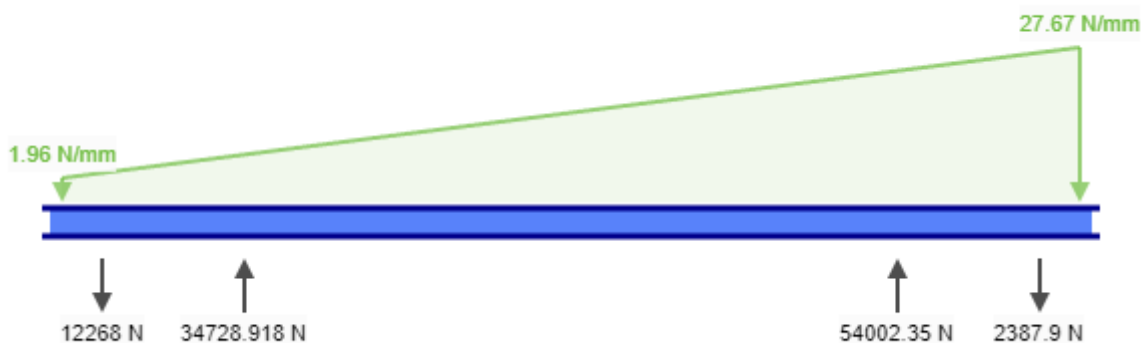
Díky tomu že jsem uvažoval kontejner jako tuhé těleso a při pevnostních výpočtech reakcí se předpokládá, že průhyb v podpěrách je roven 0, tak vyšla reakce v podpěře C záporná. Jelikož tato reakce jsou použité jen pro dimenzování a reakce v podpěře D je rovna zatížení od 5 520 kg, tak v reálném případě reakce budou menší a je možné vypočtené hodnoty použít pro dimenzování. Reakce v podpěře D vyšla tak velká díky velké záporné reakci v podpěře D

3.2.4.4. Nerovnoměrně zatížen kontejner uložený na vozíku



Obrázek 18: Nerovnoměrné zatížení při uloženém kontejneru

K výpočtu reakcí jsem použil software SkyCiv Beam



Obrázek 19: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam

Znovu vyšly reakce v podpěrách C a F záporné ze stejného důvodu jako v minulém případě. Jelikož tyto reakce používám k počátečnímu odhadu velikosti nosníku a zatížení je velmi pesimistické tak si dovoluji je k tomuto odhadu použít.

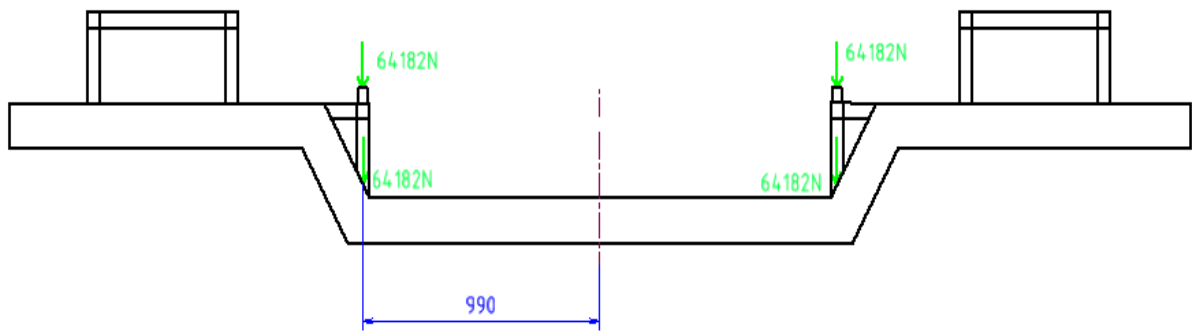
Pro další výpočty budu používat sílu 18 400 N pro podpěru C a sílu 55 200 N pro podpěru D

3.2.5. Rozložení sil v rámu

Pro určení sil působících na hlavní nosník a jiné nosníky je třeba zjistit jakým způsobem se rozkládají síly v konstrukci rámu.

3.2.5.1. Při přesunu kontejneru

Na rám působí jen síla od zatížení kontejneru, protože se manipulační vozík nepohybuje. Rám je zatížen jen pod kolejkami. Znázorněn je jen jeden hlavní nosník rámu

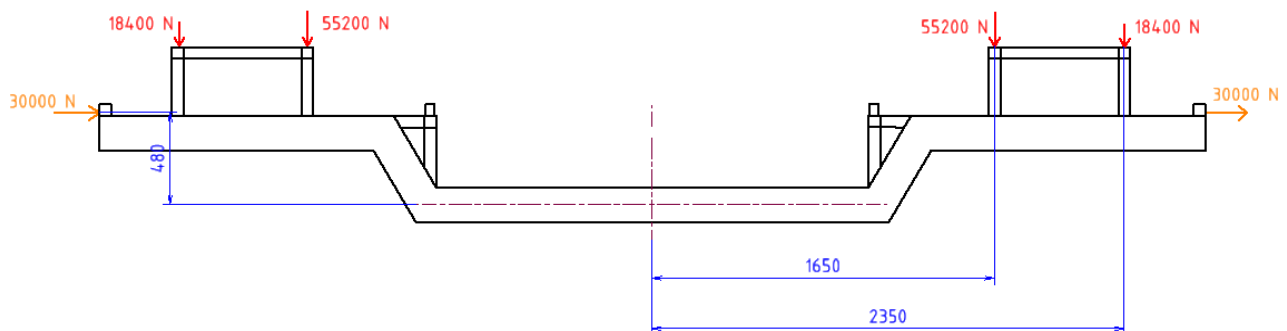


Obrázek 20: Rozklad sil do rámu při přesuvu kontejneru

3.2.5.2. Při usazeném kontejneru a zpomalování vozíku

Při usazeném kontejneru se vozík může pohybovat, takže je nutno počítat sílu vyvolanou zrychlením (v naše případě bržděním). Zpomalení ze schopnosti brzd $a = 4 \frac{m}{s^2}$. A počítám s poloviční hmotnosti plného kontejneru $m=7\ 500\ kg$ (trny jsou 4 takže minimálně o dva bude kontejner zapřen, takže počítám s poloviční hmotnosti)
 $F_{br} = m \cdot a = 7\ 500 \cdot 4 = 30\ 000\ N$ (8)

Znáznorněn je jen jeden hlavní nosník rámu



Obrázek 21: Rozklad sil do rámu při usazeném kontejneru

3.2.6. Volba materiálu

Celý rám bude svařen z ocelových profilů

Tabulka 1: Tabulka používaných materiálu pro vybrané profily

Typ profilu	Používané materiály
U profil	11 343, 11 373, 11 375, 11 523
I Profil	11 373, 11 375, 11 523
Čtvercová tyč	11 343, 11 375, 11 523
Čtvercová trubka	11 353, 11 453, 11 523, 11 375

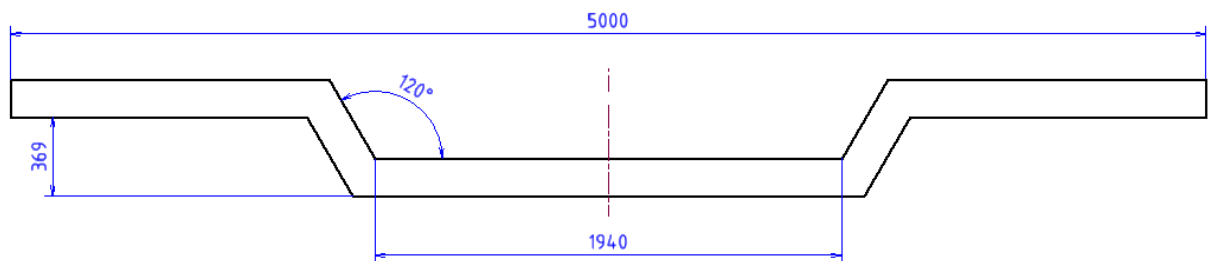
Tabulka 2: Přehled vlastnosti materiálu [6],[7]

Materiál	Mez pevnosti v tahu σ_{pt} $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$	σ_{D0} ohyb $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$	Svařitelnost
11 343	320-410	95-135	Dobrá
11 353	343-411	95-135	Dobrá
11 375	340-440	110-155	Dobrá
11 523	520-628	150-220	Zaručena

3.2.7. Hlavní nosník

Hlavní nosníky jsou dva největší nosníky v rámu. Každý z nosníků je umístěn přímo nad nosníky podvozku, ke kterému je uchyten a přenáší na něj zatížení.

3.2.7.1. Tvar hlavního nosníku



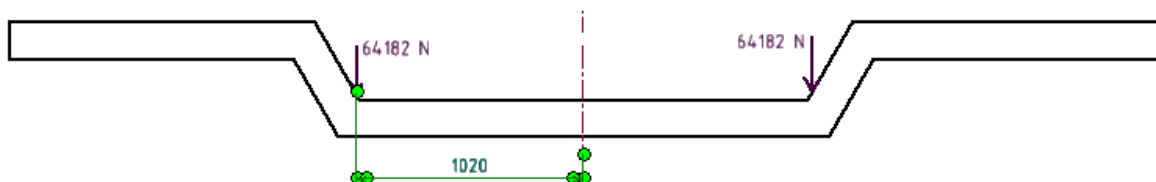
Obrázek 22: Tvar hlavního nosníku

Tvar hlavního nosníku je dán především tvarem podvozku, na kterém rám leží. Minimální délku podvozku určuje rozteč trnů pro aretaci kontejneru.

3.2.7.2. Výpočet maximálních momentů

Pro stanovení průřezu hlavního nosníku je potřeba vypočítat maximální ohybový moment, kterým bude nosník zatížen.

Pří překládání

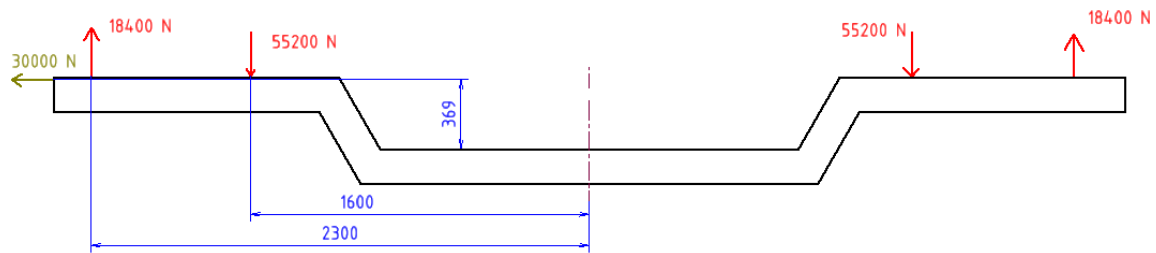


Obrázek 23: Zatížení hlavního nosníku při překládání

Díky symetrii počítám jen jeden nosník s maximálními silami získaných z předchozích výpočtu. Počítám s nejhorším možným zatížením. Maximální moment se nachází ve středu rámu.

$$M_{o1max} = 64\,182 \cdot 1020 = 65\,456 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (9)$$

Při pohybu s uloženým kontejnerem



Obrázek 24: Zatížení hlavního nosníku s uloženým kontejnerem

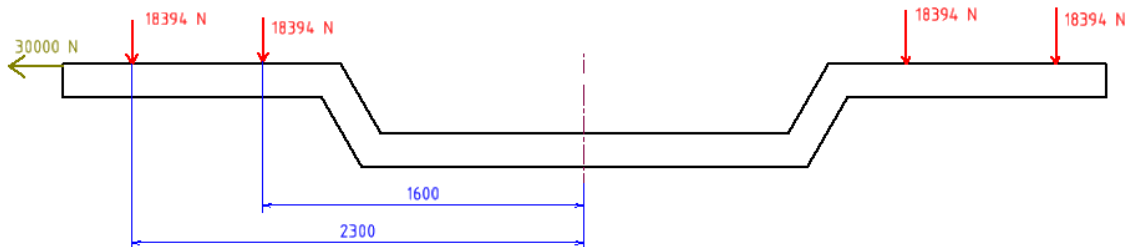
Díky symetrii počítám jen polovinu nosníku s maximálními silami. V tomto výpočtu používám reakce, které vyšly záporné z předchozích výpočtu. Maximální moment se nachází ve středu rámu.

$$M_{o2max} = 30000 \cdot 369 + 55200 \cdot 1600 - 18400 \cdot 2300 = 57\,070 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (10)$$

Zatížení silami rozloženými z tíhy kontejneru při pohybu

Jako poslední počítám ohybový moment při zatížení silami, které vychází z rozdělení poloviny tíhy kontejneru rovnoměrně do čtyř sil, které se nacházejí v poloze nosníku, které přenášejí dané síly.

$$F_1 = \frac{m \cdot g}{2 \cdot 4} = \frac{15\,000 \cdot 9,81}{8} = 18\,394 \text{ N} \quad (11)$$



Obrázek 25: Zatížení hlavního nosníku s uloženým kontejnerem

$$M_{o3max} = 30\,000 \cdot 369 + 18\,394 \cdot 1600 + 18\,394 \cdot 2300 = 82\,806 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (12)$$

Pro další výpočty budu používat moment M_{o3max} protože je největší a taky je to velmi pesimistický odhad zatížení

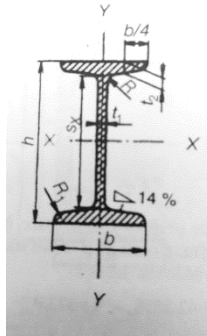
3.2.7.3. Možné profily hlavního nosníku

Pro porovnání vhodných profilů potřebuji vypočítat minimální modul průřezu v ohybu W_{omin} . Volím materiál 11 375 u kterého se dovolené napětí σ_{DO} pro ohyb pohybuje v rozmezí 110 až 155 $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Pro výpočet volím σ_{DO} pro ohyb = 145 $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$W_{omin} = \frac{M_{omax}}{\sigma_{DO}} = \frac{82\,806\,000}{145} = 571\,075 \text{ mm}^3 \quad (13)$$

Následně hledám profily s větším modulem průřezu v ohybu

I profil



Obrázek 26: Profil I tyče [7]

První vhodná tyč průřezu I dle dovoleného napětí je: I 300 s $W_o = 653\,000\text{ mm}^3$. [8]

Tento profil není vhodný vzhledem k jeho konstrukční velikosti. Další nevýhodou tohoto profilu je, že díky tvaru profilu, je obtížné provést spoj s příčným profilem, které budou držet hlavní nosníky pohromadě, kdekoliv z boku toho profilu.

Čtvercová tyč



Obrázek 27: Profil čtvercové tyče [7]

Pro výpočet minimální velikosti hrany plné čtvercové tyče použiju vzorec:

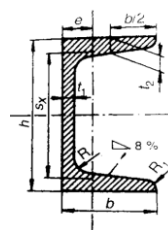
$$W_o = \frac{a^3}{6} \rightarrow a_{min} = \sqrt[3]{W_{omin} \cdot 6} = \sqrt[3]{591\,507 \cdot 6} = 153\text{ mm} \quad (14)$$

Tento rozměr přesahuje rozměr normálně vyráběných čtvercových tyčí. Další nevýhodou je hmotnost, která pro tyč s hranou 150 je rovna $177 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

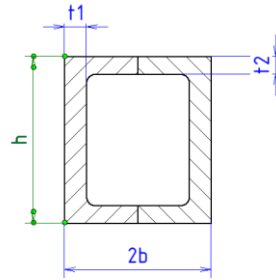
Obdélníková trubka

Uzavřené obdélníkové profily s větším rozměrem hrany mají horší dostupnost než válcované U-profilu a kilogramová vena je také vyšší než u válcovaných profilů. Proto volím náhradu svařením dvojice válcovaných U-profilů proti sobě.

První takhle vytvořená trubka splňující pevnostní podmínky je trubka svařena ze dvou profilu U 240 dle normy ČSN 42 5570.



Obrázek 28: U Profil [7]



Obrázek 29: Geometrie svařených U profilů

Prvně si vypočítám modul průřezu v ohybu z zjednodušené geometrie dvou svařených U profilu, která je znázorněna na Obr.28.

$$W_{ovyp} = \frac{2 \cdot b \cdot h^3 - (2 \cdot b - 2 \cdot t_1)(h - 2 \cdot t_2)^3}{6 \cdot h}$$

$$W_{ovyp} = \frac{2 \cdot 82 \cdot 240^3 - (2 \cdot 82 - 2 \cdot 9,5)(240 - 2 \cdot 13)^3}{6 \cdot 240} = 579\,725 \text{ mm}^3 \quad (15)$$

Hodnota modulu průřezu vypočítaná vynásobením tabulkovou hodnotu modulu průřezu v ohybu U-profilu (300 000) číslem 2. [7]

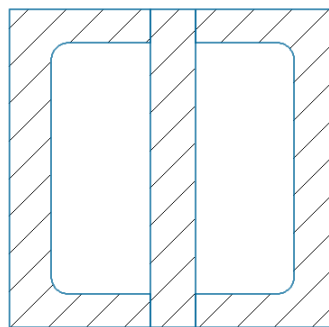
$$W_{otab} = 300\,000 \cdot 2 = 600\,000 \text{ mm}^3 \quad (16)$$

Hodnota vypočítaná z tabulkové hodnoty je větší a přesnější, protože počítá i se zaoblením a skosením profilu. Proto dále budu počítat s ní.

Hmotnost takového nosníku je $66,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$. Tato hmotnost je dvojnásobkem tabulkové hodnoty pro tyč průřezu U.

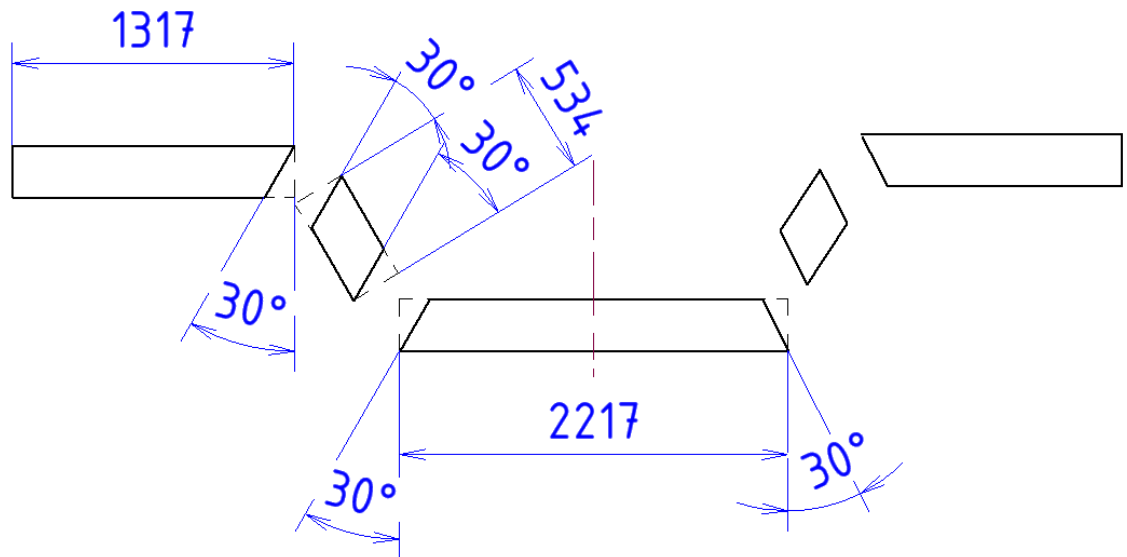
Výsledný nosník je vhodný pro naši konstrukci díky své hmotnosti a rozměrům.

V případě dalších změn v projektu, které by zvětšily působící moment navrhuji mezi U profily přivařit desku a tím zvětšit modul průřezu v ohybu. Táto úprava by však znamenala náročný svařovací postup, který je nutné dále konzultovat se svářecím inženýrem.



Obrázek 30: Návrh zlepšení profilu hlavního nosníku

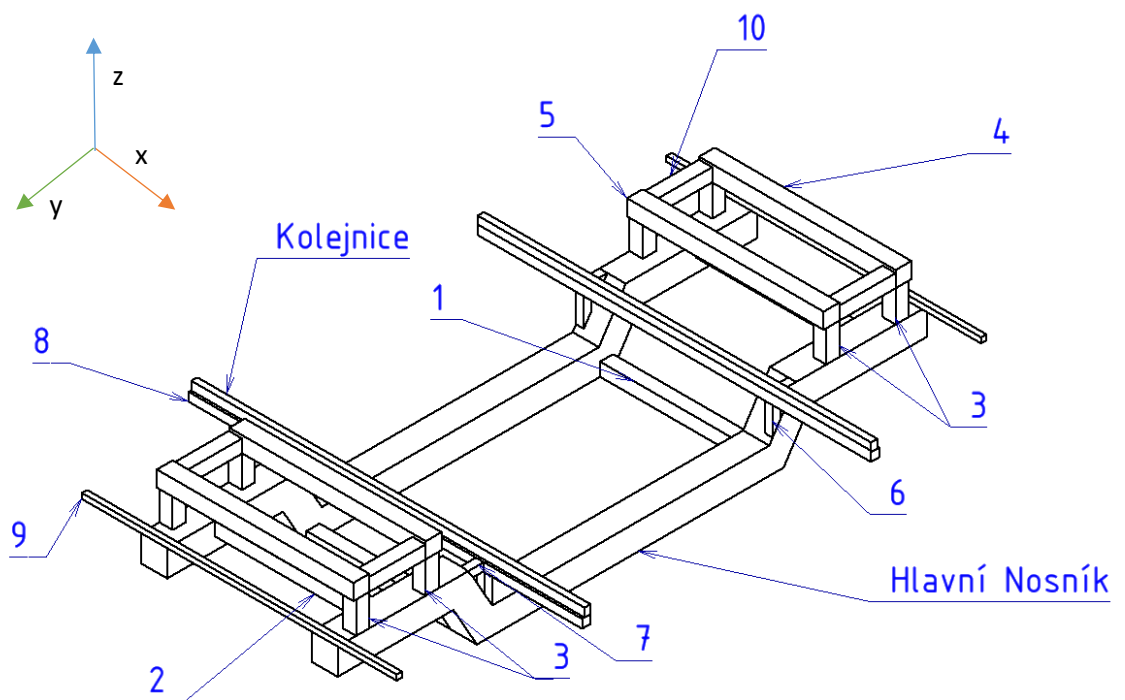
3.2.7.4. Konstrukce hlavního nosníku



Obrázek 31: Rozklad hlavního nosníku a potřebné velikost

Na obrázku je znázorněn hlavní nosník rozložený do pěti částí, které se nakonec k sobě přivaří. Výroba všech částí bude probíhat tak že se nejprve k sobě přivaří U-profilů a až po svaření se budou řezat pod úhlem 30° k dosažení koncového tvaru. Tímto způsobem vznikne lomený svařovaný nosník.

3.2.8. Ostatní nosníky



Obrázek 32: Schéma rámu s číslováním nosníku

Všechny nosníky volím dutou svařovanou čtvercovou tyč TR 4HR 140x8 z materiálu 11 375. Na všechny nosníky, které nejsou na konci uzavřené jinou částí rámu, navrhuji navařit na konci plát, a tak je uzavřít. Tím se zlepší tuhost a dovnitř se nedostanou nečistoty.

Modulu průřezu pro ohyb vybraného nosníku

$$W_{ov} = \frac{a \cdot a^3 - (a - 2 \cdot t)(a - 2 \cdot t)^3}{6 \cdot a} \quad (17)$$

Kde $a=140$ mm a $t=8$ mm, pak

$$W_{o140} = \frac{140 \cdot 140^3 - (140 - 2 \cdot 8)(140 - 2 \cdot 8)^3}{6 \cdot 140} = 175\,879 \text{ mm}^3 \quad (18)$$

A plocha průřezu je rovná

$$S = a^2 - (a - t)^2 = 140^2 - (140 - 8)^2 = 4\,224 \text{ mm}^2 \quad (19)$$

3.2.8.1. Příčné nosníky

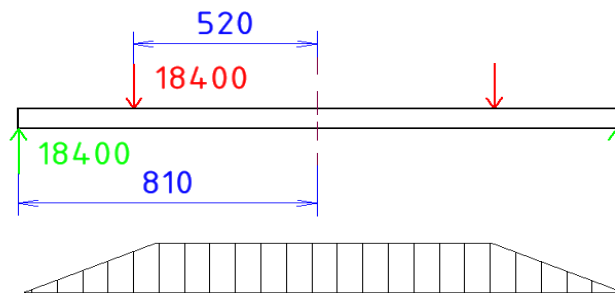
Všechny nosníky, které mají svou délku ve směru osy x schématu na obrázku 32

NOSNÍKY 1 A 2

Tyto nosníky slouží jen k spojení hlavních nosníku k sobě, takže jediný požadavek na ně je délka, která je rovna 1350 mm. Díky této délce jsou hlavní nosníky přímo nad nosníky podvozku. Na nosníku 1 je upevněn pohon pro výsuv. Přesným upevněním se budu zabývat až v další fázi projektu.

NOSNÍKY 4

Nosník je dlouhý 1620 mm



Obrázek 33: Rozložení sil a momentů v nosníku 4

$$M_{o4} = 18\,400 \cdot 290 = 5\,336\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (20)$$

Pro všechny nosníky volím materiál 11 353 kde volím $\sigma_{DO} = 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$W_{omin4} = \frac{M_{o4}}{\sigma_{DO}} = \frac{5\,336\,000}{130} = 44\,466 \text{ mm}^3 \quad (21)$$

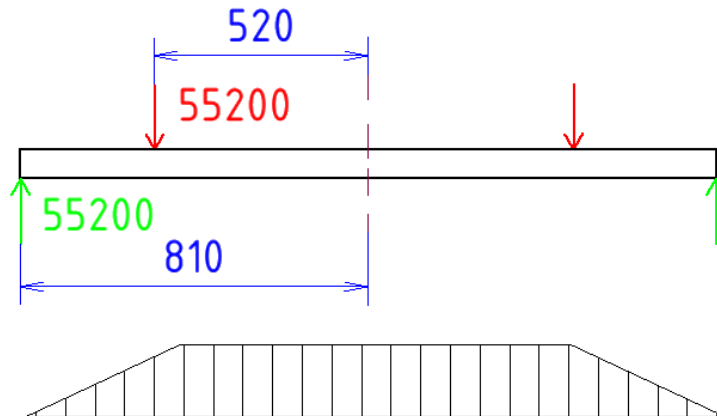
Pro kontrolu volím profil s nejbližším větším modulem průřezu pro ohyb, TR 4HR 100x5 s modulem $W_{o100} = 57\,316 \text{ mm}^3$. Kontroluji ohybové napětí.

$$\sigma_{o4} = \frac{M_{o4}}{W_{o100}} = \frac{5\,336\,000}{57\,316} = 93,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{DO} \quad (22)$$

Z výpočtu lze potvrdit, že TR 4HR 100x5 vyhovuje. Taky lze vyvodit, že profil TR 4HR 140x8, který bude pro tento nosník použit, bude vyhovovat taky

NOSNÍKY 5

Nosník je dlouhý 1620 mm



Obrázek 34 Rozložení sil a momentů v nosníku 5

$$M_{o5} = 55\,200 \cdot 290 = 16\,008\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (23)$$

$$W_{omin5} = \frac{M_{o4}}{\sigma_{DO}} = \frac{16\,008\,000}{130} = 133\,400 \text{ mm}^3 \quad (24)$$

Pro kontrolu volím profil s nejbližším větším modulem průřezu pro ohyb, TR 4HR 140x8 s modulem $W_{o140} = 175\,879 \text{ mm}^3$. Kontroluji ohybové napětí.

$$\sigma_{o5} = \frac{M_{o5}}{W_{o140}} = \frac{16\,008\,000}{175\,879} = 91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{DO} \quad (25)$$

Z výpočtu lze potvrdit, že TR 4HR 140x8 vyhovuje.

NOSNÍKY 8

Na těchto nosnících leží kolejnice, po které pojíždí výsuvné zařízení.

U tohoto nosníku zatím neřeším ohyb, protože je na něm navíc umístěna kolejnice, a ještě bude podepřen. Taky ještě není jistý počet kol, které budou po kolejnici projíždět, takže ani nemůžu odhadnout zatížení daného nosníku. Nosník je dlouhý 3 000 mm

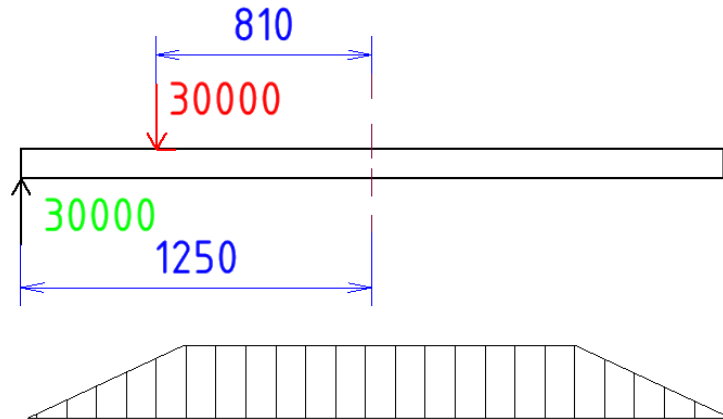
NOSNÍKY 9

Na koncích těchto nosníků jsou umístěny trny, které brání pohybu kontejneru při pojezdu. Nosník je namáhán na ohyb od síly vyvolané reakcí na zpomalení. Kde je dáno zpomalení se schopnosti brzd $a = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

A počítám s poloviční hmotností plného kontejneru $m=7\,500 \text{ kg}$ (trny jsou 4 takže minimálně o dva bude kontejner zapřen, takže počítám s poloviční hmotností). Nosník je dlouhý 2 500 mm

Z toho vyplývá:

$$F_{br} = m \cdot a = 7\,500 \cdot 4 = 30\,000 \text{ N} \quad (26)$$



Obrázek 35: Rozložení sil a momentů v nosníku 9

Takže je nosník zatížen takovým způsobem:

$$M_{09} = 30\,000 \cdot 440 = 13\,200\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (27)$$

$$W_{omin5} = \frac{M_{04}}{\sigma_{DO}} = \frac{13\,200\,000}{130} = 101\,583 \text{ mm}^3 \quad (28)$$

Pro kontrolu volím profil s nejbližším větším modulem průřezu pro ohyb, TR 4HR 120x8 s modulem $W_{o120} = 125\,520 \text{ mm}^3$. Kontroluji ohybové napětí.

$$\sigma_{09} = \frac{M_{09}}{W_{o120}} = \frac{13\,200\,000}{125\,520} = 90,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{DO} \quad (29)$$

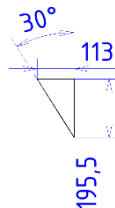
Z výpočtu lze potvrdit, že TR 4HR 120x8 vyhovuje. Taky lze vyvodit, že profil TR 4HR 140x8, který bude pro tento nosník použit, bude vyhovovat taky

3.2.8.2. Podélné nosníky

Všechny nosníky, které mají svou délku ve směru osy y schématu na obrázku 31.

NOSNÍKY 7

Tyto nosníky nepřenášejí žádné znatelné síly, pouze drží tvar a tuhost konstrukce. Tvar nosníku je vyjádřen na následujícím obrázku.



Obrázek 36: Tvar nosníku 7

Nosník je tak krátký, že nemůže být z tyče TR 4HR 140x8. Proto doporučuji použít plnou tyč a vytvořit klín tohoto tvaru, který bude přivařen k hlavnímu nosníku a nosníku 8.

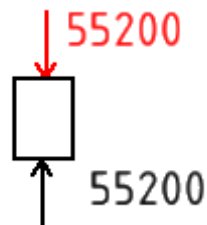
NOSNÍKY 10

Tyto nosníky nepřenášejí žádné znatelné síly, pouze drží tvar a tuhost konstrukce. Jediným jejich důležitým parametrem je délka, která je rovna 500 mm

3.2.8.3. Svislé nosníky

Všechny nosníky, které mají svou délku ve směru osy z schématu na obrázku 31. Tyto nosníky jsou namáhaný převážně na tlakem.

NOSNÍKY 3



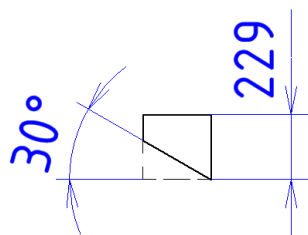
Obrázek 37: Zatížení nosníku 3

Délka toho nosníku je 155 mm

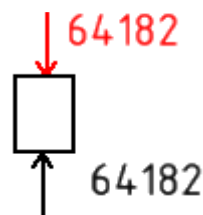
$$\sigma_3 = \frac{F}{S} = \frac{55\,200}{4\,224} = 13 \frac{N}{mm^2} \quad (30)$$

Nosník je tak krátký a široký, že nemá cenu uvažovat o vzpěru

NOSNÍKY 6



Obrázek 39: Tvar nosníku 6



Obrázek 38: Zatížení nosníku 6

$$\sigma_6 = \frac{F}{S} = \frac{64\,182}{4\,224} = 15,19 \frac{N}{mm^2} \quad (31)$$

Nosník je tak krátký a široký, že nemá cenu uvažovat o vzpěru

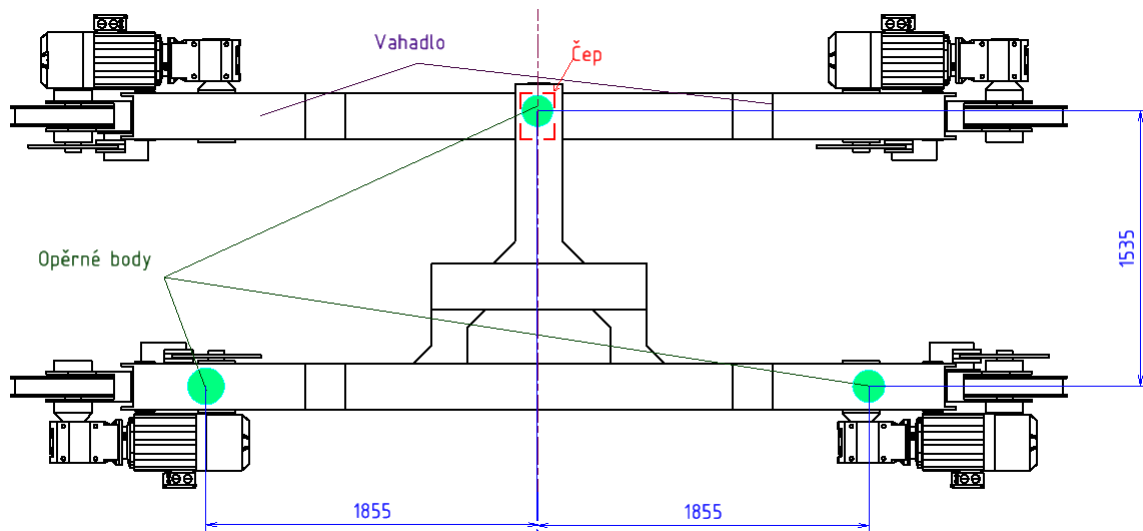
3.2.9. U profily pod kontejner

Pod podélné nosníky kontejneru jsem umístil u profil pro lepší rozložení zatížení. Volím u profil UE 12 o délce 700 mm

3.3. Spojení vozíku s rámem

V rámci zachování statické určitosti bude rám s podvozkem spojen na třech místech.

Tato tři místa jsou vybraná tak aby ležely na jedné části podvozku, a tak nebude docházet k pohybu mezi těmi třemi místy kontaktu. Dalším důvodem je, že se podvozek skládá ze dvou částí. Jednou z nich je vahadlo upevněno na čepu k druhé části, které při jízdě kompenzuje nerovnosti svým pohybem. Opěrné body nemůžou být na vahadlu, protože by přenášely pohyb do rámu.



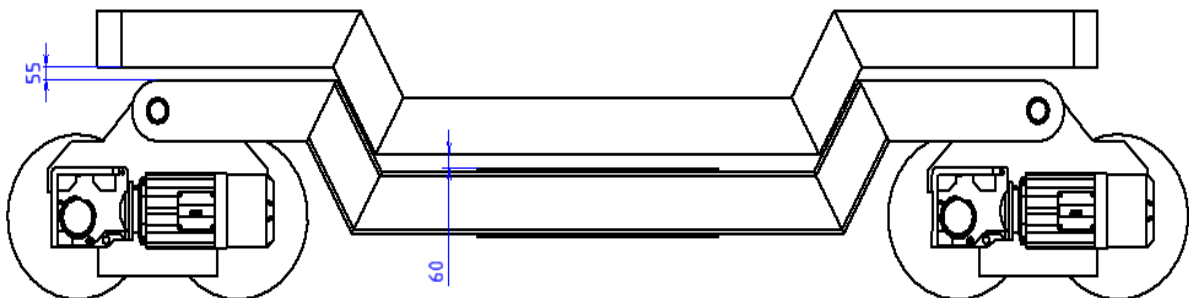
Obrázek 40: Vyznačení míst spojení podvozku s rámem manipulačního vozíku

Pro spojení rámu s podvozkem volím jednoduché příruby (desky s dírami na šrouby) se čtyřmi šrouby. Kdyby tato varianta nevyhovovala tak je ještě možnost udělat příruby tvarově složitější, kde se brzdná síla z rámu zachytává oním tvarovým doplňkem a ne šrouby.

3.3.1. Vybrané řešení

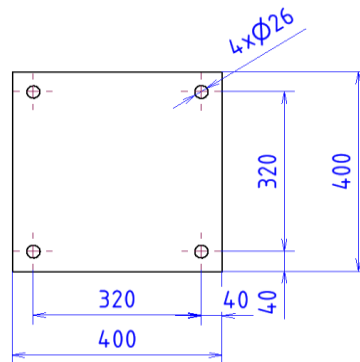
ROZMĚRY PŘÍRUB

Jak je vidět z obrázku vzdálenosti mezi podvozkem a rámem jsou v místech přírub jiné. Proto jedna dvojice přírub bude mít výšku příruby 30 mm a dvě dvojice budou mít výšku 22,5 mm. Díry pro šrouby jsou střední řady, tedy o průměru 26 mm



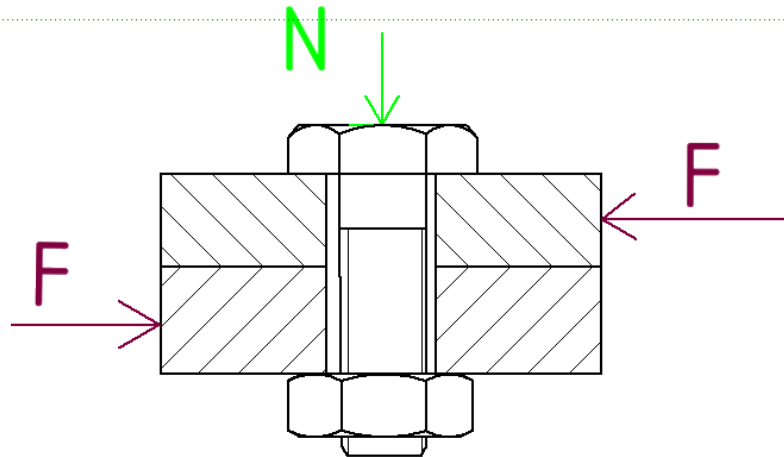
Obrázek 41: Vzdálenost rámu od podvozku

VÝPOČET POČTŮ ŠROUBU



Obrázek 42: Rozměry příruby

Jelikož příruby leží na sobě tak tíha rámu nemá vliv na výpočet šroubů. V případě zvedání manipulačního vozíku jeřábem za rám by šrouby musely unést tíhu podvozku který by držely. Tento výpočet nelze zatím provést, protože hmotnost podvozku není známa. Proto počítám šrouby na zatížení silou vzniklou při brzdění.



Obrázek 43: Síly působící na šrouby

Sílu jsem vypočítal z odhadované hmotnosti rámu s kontejnerem, která je rovna 20 000 kg. Pro výpočet jsem používal zrychlení $a = 4 \frac{m}{s^2}$, která vychází z maximálního zpomalení vozíku pomocí brzd.

$$F_{brz} = m \cdot a = 20\,000 \cdot 4 = 80\,000\,N \quad (32)$$

Pro výpočet normálové síly N používám součinitel tření oceli na ocel, který je roven 0,1 [8].

$$N = \frac{F_{brz}}{\mu} = \frac{80\,000}{0,1} = 800\,000\,N \quad (33)$$

Ze síly N vypočítám potřebnou plochu šroubu S , při použití pevnostních šroubu 8.8 kde dovolené napětí $\sigma_D = 640\,MPa$.

$$S_s = \frac{N}{\sigma_D} = \frac{800\,000}{640} = 1\,250\,mm^2 \quad (34)$$

Volím šrouby M24 s průměrem $d_3 = 23,387 \text{ mm}$ pro výpočet počtu šroubů i

$$i_{min} = \frac{S}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4 \cdot 1250}{23,387^2 \cdot \pi} = 2,9 \quad (35)$$

Z výpočtu vychází, že by stačily 3 šrouby pro udržení rámu na podvozku. Jelikož na rámu jsou tři příruby a na každé z nich jsou 4 šrouby. Takže z výpočtu vychází, že navrhované příruby vyhovují.

3.4. Přívod elektrické energie

Do manipulačního vozíku je třeba přivést elektrickou energii pro napájení elektromotoru a jiných elektrických zařízení umístěných na manipulačním vozíku.

3.4.1. Varianty

3.4.1.1. Kabel v energo řetězu

Princip tohoto řešení je takový že vozík za sebou táhne kabel umístěný v energo řetězu. Ten zajišťuje správné ukládání kabelu při pohybu vozíku taky, aby kabel nikam nesklouzl.



Obrázek 44: Energo řetěz [9]

Výhody

- Možnost přívodu třífázového proudu
- Kabel a energo řetěz leží na zemi, takže vozík je zatížen jen zlomkem jeho hmotnosti

Nevýhody

- Nutnost táhnuti kabelu za vozíkem
- Potřeba volby kabelu s lepší odolností proti ohybu
- Při většině pozic energo řetěz bude ležet i před vozíkem

3.4.1.2. Navíjecí kabel

Princip tohoto řešení je namotání kabelu na válec. Je možné tento systém použít s mechanickým navíjením nebo navíjením pomocí malého elektromotoru

Mechanické navíjení

Při odvíjení kabelu se natahuje vinutá pružina. Při zastavení odvíjení kabelu zarážka přidržovaná pružinou zabrání vinuté pružině, aby navinula kabel. Po stisknutí tlačítka se zarážka uvolní a vinutá pružina navine kabel.

tlačítko, prostě jen uvolníme zarážku a kape se zase navine na válec (viz obr. 4).



Obrázek 45: Schéma navíjecího systému ve vysavači [10]

Navíjení elektromotorem

Kabel je navíjen na válec pomocí elektromotoru, který je synchronizován s pohybem zařízení, na kterém je umístěn. Pro lepší navinutí kabelu je potřeba před válec umístit synchronizované vodící zařízení s válcem, které bude navádět kabel tak aby se lépe navinul.

Jelikož délka navíjeného kabelu bude v našem případě dosahovat i 100 metrů, tak bude potřebné použít verzi s elektromotorem.

Další možnost je umístit válec s elektromotorem na konec dráhy, po které bude manipulační vozík jezdit.

Výhody

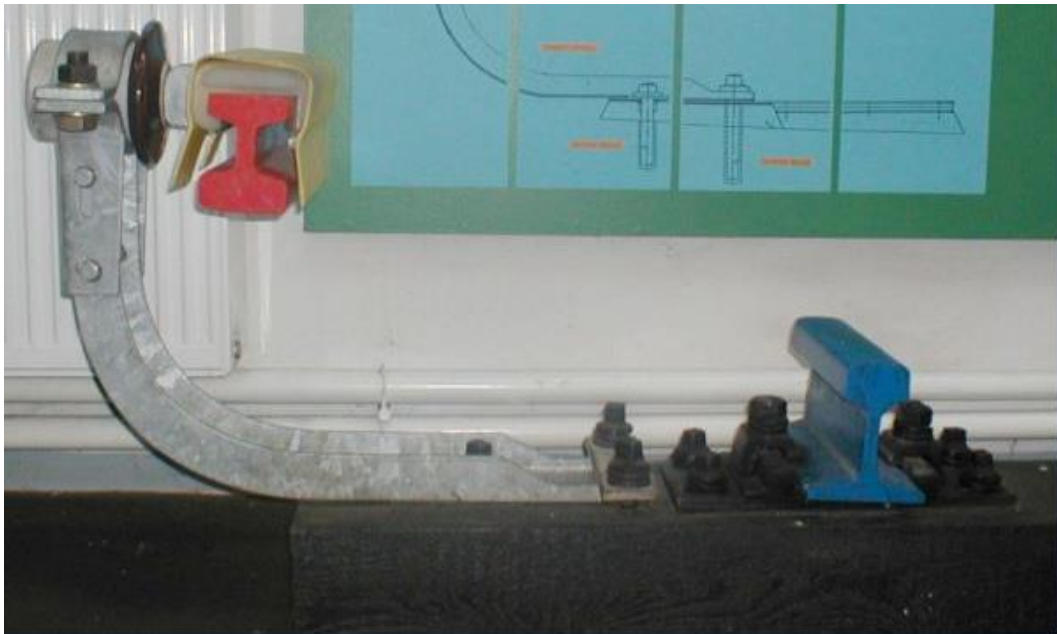
- Možnost přívodu třífázového proudu
- Kabel zůstává jen za vozíkem

Nevýhody

- Navinutý kabel bude mít značnou hmotnost
- Bude nutné použít kabel vhodný pro častý ohyb
- Válec s elektromotorem je prostorově náročný
- V případě špatného odvíjení kabelu by mohl sklouznout až na koleje

3.4.1.3. Třetí kolej (metro)

Celá myšlenka je založená na boční otočené koleji (na obrázku červená kolej), na kterou je přivedená fáze a normální kolejnici po které souprava metra jezdí s funkcí nulového vodiče. Boční kolejnice je opatřena krytem, aby se zabránilo náhodnému kontaktu s ní. Aby souprava dostávala elektrickou energii tak musí „propojit“ kolejnice. To se děje pomocí sběračů umístěných na boku soupravy metra a podvozku soupravy



Obrázek 46: Boční kolejnice metra [11]

Výhody

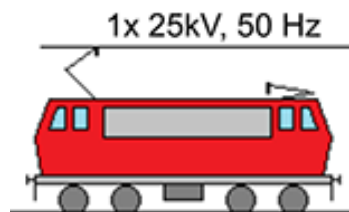
- Napájený vozík si za sebou nemusí tihnout kabel
- Pro napájení není potřebný prostor nad vozíkem

Nevýhody

- Systém je vhodný pro přívod jednofázového proudu, pro přívod třífázového proudu by byly potřebné další dvě kolejnice
- Kolejnice překáží při případném pohybu osob po kolejišti

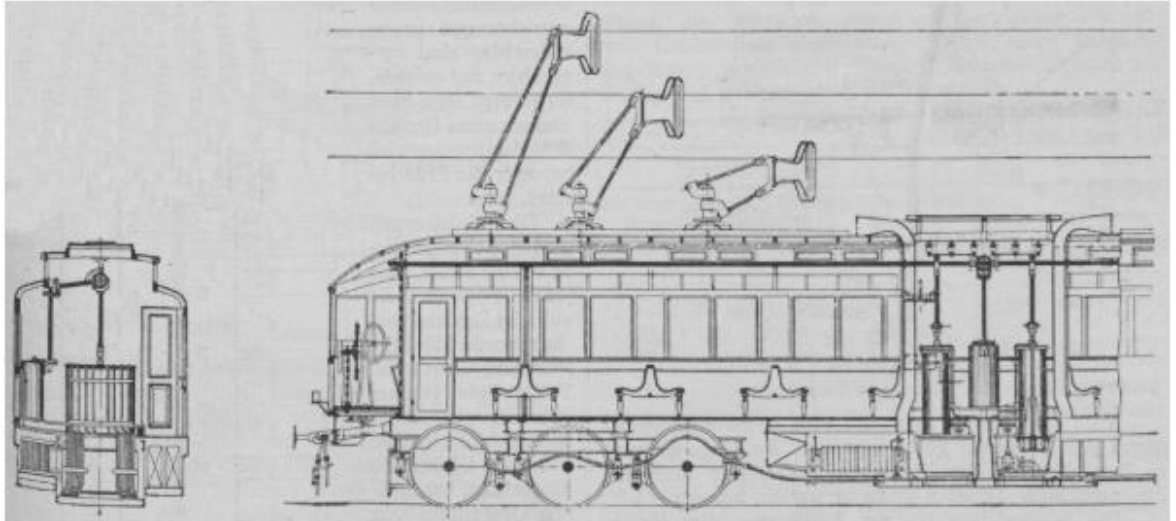
3.4.1.4. Trolej

Systém používaný přívodu elektrické v různých dopravních prostředcích, založený na vodiči zavěšeném ve výšce v normálních podmínkách nedosažitelné pro člověka, čímž se zabráni náhodnému kontaktu. Pod vodičem klouže sběrač, pomocí kterého se přivádí elektrická energie k motorům dopravního prostředku. Systém je vhodný pro přívod stejnosměrného proudu a jednofázového střídavého proudu.



Obrázek 47: Princip napájení pomocí troleje [12]

V minulosti se objevily taky pokusy o vytvoření třífázových trolejových tratí. Tyto pokusy však ztroskotaly na vysoké materiálové náročnosti a obtížné konstrukci sběračů.



Obrázek 48: Schéma třífázového napájení trolejemi [13]

Výhody

- Napájený vozík si za sebou nemusí táhnout kabel
- Neomezuje prostor v kolejišti
- Díky tomu že překládací stanice budou vedle tratí pro kolejová vozidla, tak tam již budou sloupy pro vedení trolejí a nemusely by se stavět nové

Nevýhody

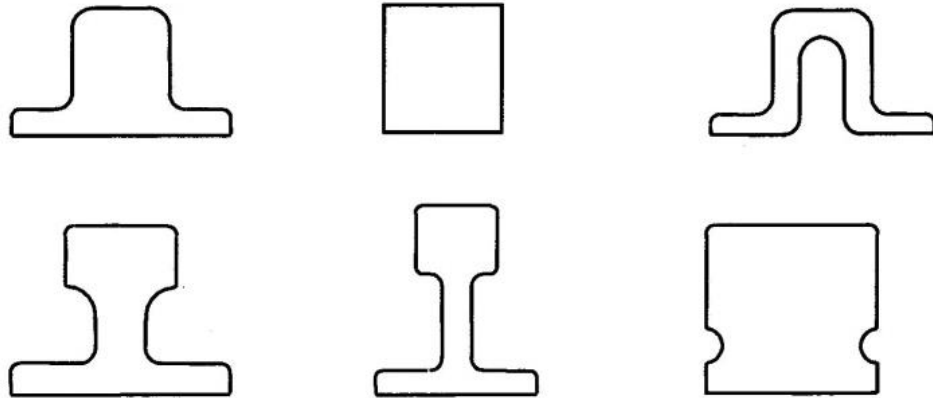
- Řešení není vhodné pro přívod třífázového proudu
- Musel by být prodloužen rám a na jeho konci by bylo třeba namontovat sběrače

3.4.2. Vybrané řešení

Vhodné řešení pro případ manipulačního vozíku je kabel v energo řetězu, protože svou váhou minimálně ovlivňuje hmotnost vozíku a je schopen přivést třífázový proud. Jako záložní variantu volím navíjený kabel na válec.

3.5. Kolejnice

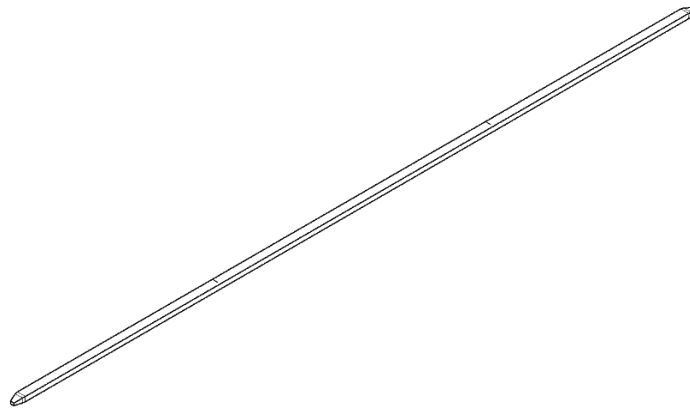
Na vozíku jsou umístěny kolejnice, po kterých pojíždí most. Tato kolejnice musí snést velké zatížení, a proto jsem na začátku vybíral z tvaru používaných jeřábových kolejnic, protože taky přenášejí velké zatížení a pohyb jeřábu po nich je podobný pohybu při přejíždění mostu po manipulačním vozíku.



Obrázek 49: Přehled kolejnic z jeřábových drah [14]

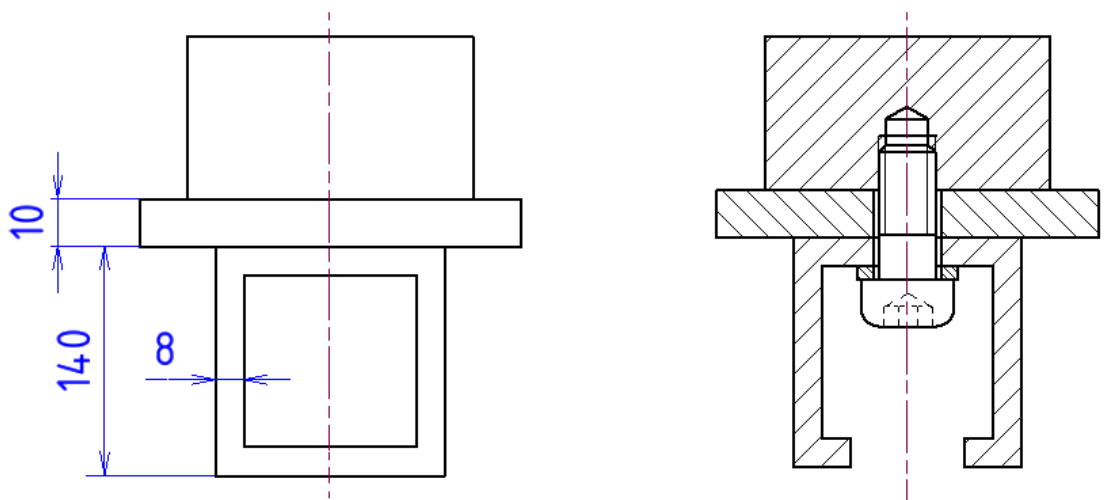
U jeřábu je používají kola na jedné kolejnici se dvěma nákolky a na druhé jsou kola bez nákolku. Toto rozdělení kol, tak aby se eliminoval vliv křivě položených kolejnic.

Pro manipulační vozík byla vybrána týmem SKOTRANS kolejnice obdélníkového průřezu, která je na koncích zkosená pro lepší nájezd kol na kolejnice.



Obrázek 50: Kolejnice

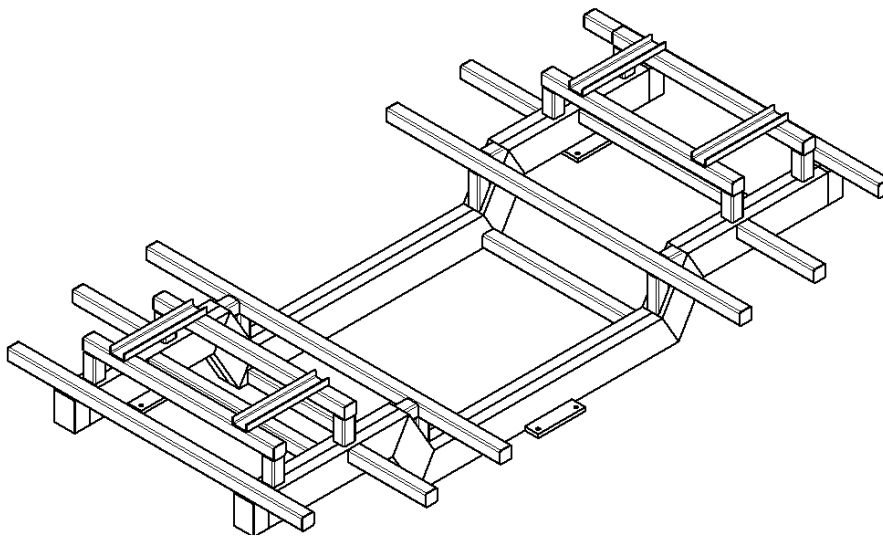
3.5.1. Upevnění kolejnice k rámu



Obrázek 51: Návrh upevnění koleje na rám

Kolejnice je umístěna přímo nad nosníkem 8 a je dlouhá 3000 mm. Mezi kolejnicí a nosníkem je deska která slouží k lepšímu upevnění kolejnice. Tato deska je přivařena k nosníku. Do kolejnice je vyvrtána závitová díra, do které je zašroubován šroub s vnitřním šestihranem, kterým je kolejnice připevněna. Tento způsob upevnění volím z důvodu výměny kolejnice.

3.6. Shrnutí celé konstrukce



Obrázek 52.: Model navrženého rámu manipulačního vozíku

Výsledkem mé bakalářské práce je model navrženého rámu na obrázku 52.

Následuje tabulka potřebných polotovarů pro konstrukci rámu

Tabulka 3: Potřebné polotovary na konstrukci rámu

Název součásti	Polotovar	Rozměr [mm]	Materiál	Počet
Hlavní nosník	U 240	2217	11 375	4
Hlavní nosník	U 240	534	11 375	8
Hlavní nosník	U 240	1312	11 375	8
Nosník 1,2	TR 4HR	100x5-1350	11 375	4
Nosník 3	TR 4HR	140x8-155	11 375	8
Nosník 4,5	TR 4HR	140x8-1620	11 375	4
Nosník 6	TR 4HR	140x8-229	11 375	4
Nosník 8	TR 4HR	140x8-3000	11 375	2
Nosník 9	TR 4HR	140x8-2500	11 375	2
Nosník 10	TR 4HR	140x8-500	11 375	4
Nosník pod kontejner	UE 12	600	11 375	4

4. Závěr

V bakalářské práci jsem v prvních kapitolách udělal rešerši překládaní kontejnerů. Inspirován touto rešerši vznikl koncept, překládacího zařízení.

V dalších kapitolách jsem vypracoval návrh konstrukce manipulačního vozíku. Při konstrukci jsem se věnoval podrobněji hlavnímu nosníku a jeho zatížení. Hlavní nosník jsem navrhl mírně předdimenzovaný tak aby při změnách v navazující práci měl dostatečnou rezervu. Totéž platí i pro zbytek nosníků které jsem pro konstrukci rámu použil.

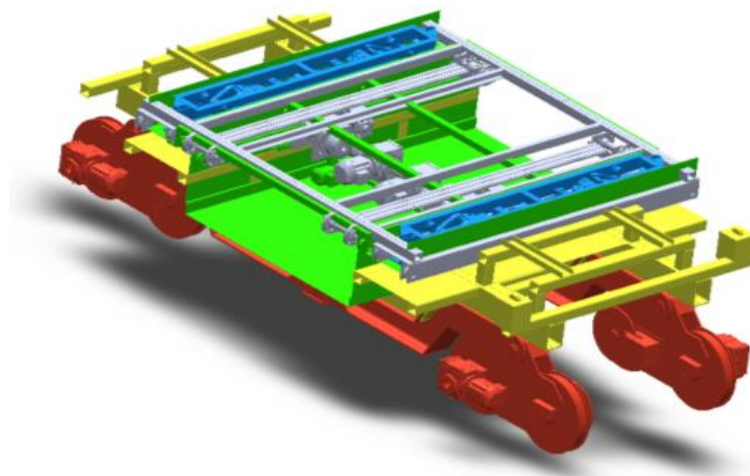
Dále jsem řešil problém spojení s podvozkem pomocí přírub a šroubů. Toto spojení jsem navrhl tak aby ho bylo možné snadno upravit v případě změn v projektu.

V další kapitole jsem nastínil řešení přívodu elektrické energie do manipulačního vozíku. Vybral jsem řešení, které by mělo vyhovět i po nadcházejících změnách v projektu

Dále jsem se věnoval kolejnicím, kde jsem řešil tvar a upevnění kolejnic, po kterých bude pojíždět most.

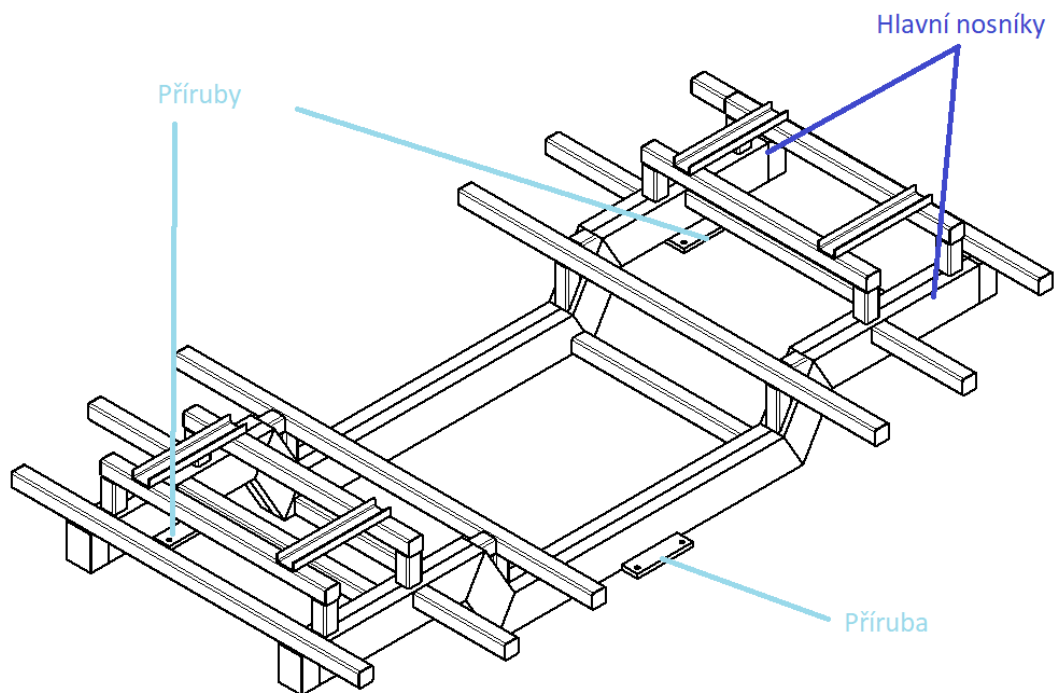
V poslední kapitole jsem shrnul výsledek konstrukce manipulačního vozíku, kterou jsem řešil v této bakalářské práci.

Výsledkem této práce je rám manipulačního vozíku, který je na obrázku 53 znázorněn žlutou barvou.



Obrázek 53: Model manipulačního vozíku [5]

Rám je složen z hlavního nosníku, který přenáší zatížení rámu na povozek pomocí přírub. Na hlavním rámu jsou navařené nosníky, které plní tvarové funkce a přenášejí zatížení z kontejneru. Všechny otevřené profily jsou na koncích uzavřeny navařeným plechem.



Obrázek 54: Rám manipulačního vozíku

5. Seznam použité literatury

- [1] WANEK-PUSSET, Peter a Bernhard GRENTNER. *Be-und Entladevorrichtung für Abrollcontainer*. EP 2325131. Uděleno 13. červen 2012. Dostupné také z: <https://www.google.ch/patents/EP2325131B1>
- [2] WITTEK, Hans L. *Loading and stacking device*. US 3357582. Uděleno 12. prosinec 1967. Dostupné také z: <https://www.google.com/patents/US3357582>
- [3] BARRY, Leonard D. *Transfer device*. US 3416684. Uděleno 17. prosinec 1968. Dostupné také z: <http://www.google.ch/patents/US3416684>
- [4] GLASSMEYER, John J. *Container handling arrangement*. US 4049135. Uděleno 20. prosinec 1977. Dostupné také z: <https://www.google.si/patents/US4049135>
- [5] VOLF, Vojtěch. *Návrh konstrukce zdvihacího zařízení vozíku pro přesun kontejnerů*. Praha, 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní.
- [6] E-konstrukter.cz: Hodnoty mezí pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel [online]. 2016 [cit. 2018-06-20]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mez-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [7] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [8] *Statický součinitel smykového tření* [online]. Praha: Converter.cz, 2002 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>
- [9] *Energetický řetěz 18BF02* [online]. Opava: CNCShop.cz, 2010 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/energeticky-retez-25f01>
- [10] *Jak funguje vysavač* [online]. Praha: Fyzweb, 2007 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=90>
- [11] *Přívodní kolejnice - napájení vozů metra* [online]. Praha: Metroweb.cz, 2005 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/TECH/kolejnice.htm>
- [12] *Elektrická trakce - Pevná trakční zařízení* [online]. Praha: Educon.cz, 2005 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <https://www.educon.zcu.cz/view.php?cislomodulu=2015050204>
- [13] *Die Schnellbahnwagen der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen in Berlin* [online]. Berlin: Polytechnisches Journal, 2010 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <http://dingler.culture.hu-berlin.de/article/pj319/ar319135>
- [14] *K problematice efektivního a spolehlivého navrhování nosné konstrukce jeřábových drah* [online]. Brno: Konstrukce.cz, 2013 [cit. 2018-06-27]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/k-problematice-efektivniho-a-spolehliveho-navrhovani-nosne-konstrukce-jerabovych-drah/%3Cp%3EThe%20requested%20URL%20/01/it0001.txt%20was%20not%20found%20on%20this%20server.%3C/p%3E>

6. Seznam obrázků

Obrázek 1: Patent EP 2325131 [1]	- 4 -
Obrázek 2: Patent US 3357582 [2]	- 4 -
Obrázek 3: Patent US 3416684 [3]	- 5 -
Obrázek 4: Patent US 4049135 [4]	- 5 -
Obrázek 5: Model vybraného konceptu [5]	- 8 -
Obrázek 6: Rozměry kontejneru pro trny	- 9 -
Obrázek 7: Důležité rozměry rolen kontejneru	- 10 -
Obrázek 8: Vyznačení přípojných bodů podvozku s rámem manipulačního vozíku	- 10 -
Obrázek 9: Výškové a délkové rozměry podvozku	- 11 -
Obrázek 10: Rozbor prostoru pro rám (pohled z boku).....	- 11 -
Obrázek 11: Rozbor prostoru pro rám (pohled zezadu)	- 12 -
Obrázek 12: Skica rámu a rozdělení nosníků	- 12 -
Obrázek 13: Rovnoměrné spojitě zatížení při přesunu.....	- 13 -
Obrázek 14: Nerovnoměrné spojitě zatížení při přesuvu	- 14 -
Obrázek 15: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam	- 14 -
Obrázek 16: Rovnoměrné zatížení při uloženém kontejneru	- 15 -
Obrázek 17: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam	- 15 -
Obrázek 18: Nerovnoměrné zatížení při uloženém kontejneru	- 16 -
Obrázek 19: Výsledné reakce spočítané pomocí programu SkyCiv Beam	- 16 -
Obrázek 20: Rozklad sil do rámu při přesuvu kontejneru.....	- 17 -
Obrázek 21: Rozklad sil do rámu při usazeném kontejneru	- 17 -
Obrázek 22: Tvar hlavního nosníku	- 18 -
Obrázek 23: Zatížení hlavního nosníku při překládání.....	- 18 -
Obrázek 24: Zatížení hlavního nosníku s uloženým kontejnerem	- 19 -
Obrázek 25: Zatížení hlavního nosníku s uloženým kontejnerem	- 19 -
Obrázek 26: Profil I tyče [7]	- 20 -
Obrázek 27: Profil čtvercové tyče [7]	- 20 -
Obrázek 28: U Profil [7]	- 20 -
Obrázek 29: Geometrie svařených U profilů	- 21 -
Obrázek 30: Návrh zlepšení profilu hlavního nosníku	- 21 -
Obrázek 31: Rozklad hlavního nosníku a potřebné velikost	- 22 -
Obrázek 32: Schéma rámu s číslováním nosníku.....	- 22 -
Obrázek 33: Rozložení sil a momentů v nosníku 4	- 23 -
Obrázek 34: Rozložení sil a momentů v nosníku 5	- 24 -
Obrázek 35: Rozložení sil a momentů v nosníku 9	- 25 -
Obrázek 36: Tvar nosníku 7	- 25 -
Obrázek 37: Zatížení nosníku 3.....	- 26 -
Obrázek 38: Zatížení nosníku 6.....	- 26 -
Obrázek 39: Tvar nosníku 6	- 26 -
Obrázek 40: Vyznačení míst spojení podvozku s rámem manipulačního vozíku.....	- 27 -
Obrázek 41: Vzdálenost rámu od podvozku	- 27 -
Obrázek 42: Rozměry příruby.....	- 28 -
Obrázek 43: Síly působící na šrouby	- 28 -
Obrázek 44: Energo řetěz [9]	- 29 -
Obrázek 45: Schéma navijecího systému ve vysavači [10]	- 30 -
Obrázek 46: Boční kolejnice metra [11]	- 31 -
Obrázek 47: Princip napájení pomocí troleje [12]	- 31 -
Obrázek 48: Schéma třífázového napájení trolejemi [13]	- 32 -
Obrázek 49: Přehled kolejníc z jeřábových drah [14]	- 33 -
Obrázek 50: Kolejnice	- 33 -
Obrázek 51: Nákres upevnění koleje na rám.....	- 33 -



Obrázek 52.: Model navrženého rámu manipulačního vozíku	- 34 -
Obrázek 53: Model manipulačního vozíku [5]	- 35 -
Obrázek 54: Rám manipulačního vozíku.....	- 36 -



7. Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka používaných materiálu pro vybrané profily.....	- 17 -
Tabulka 2: Přehled vlastnosti materiálu [6],[7]	- 18 -
Tabulka 3: Potřebné polotovary na konstrukci rámu	- 34 -



8. Seznam příloh

Příloha 1: Vícekriteriální rozhodování konceptu.....	-41-
--	------

Příloha 1: Vícekriteriální rozhodování konceptu

Dílčí váha důležitosti r-ého kritéria podle e-tého experta je dána vztahem: $w_{er} = \frac{b_{er}}{\sum_{r=1}^8 p_r}$

kritérium	E1	E2	E3	E4	tab. G)
K1	0,18	0,15	0,18	0,13	0,54
K2	0,11	0,08	0,18	0,13	0,49
K3	0,14	0,19	0,11	0,13	0,57
K4	0,14	0,12	0,14	0,13	0,53
K5	0,18	0,12	0,27	0,13	0,49
K6	0,04	0,08	0,14	0,13	0,38
K7	0,11	0,12	0,14	0,13	0,49
K8	0,11	0,15	0,04	0,13	0,42

Výsledná váha důležitosti kritéria podle všech expertů je dána vztahem: $w_r = \frac{\sum_{e=1}^4 p_{er}}{S}$

kritérium	váha důležitosti	kritérium	váha důležitosti
K1	0,16	K6	0,10
K2	0,12	K7	0,12
K3	0,14	K8	0,11
K4	0,12		
K5	0,12		

S = 1,00 dílčí váhy kritérií ps v pořádku

Součty těchto bodů od všech expertů btr:

varianta	kritérium							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	6	7	9	7	8	6	6	8
V2	9	7	9	9	9	11	8	9

Na základě dříve stanovených vah důležitosti kritérií pr

kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
váha pr	0,16	0,12	0,14	0,13	0,12	0,10	0,12	0,11

Výsledné agregované kritérium se určí jako vážený součet: $w_i = \sum_{r=1}^8 p_r \cdot b_{ir}$

w1=	7,1350
w2=	8,8238

ZÁVĚR
Nejvyššího počtu bodů 8,8238 dosáhla varianta V2
Zvolené optimální konstrukční řešení celého týmu je tedy právě tato varianta řešení.

Příloha č. aa - použití metody vícekriteriálního rozhodování ke stanovení optimální varianty část druhá

AGREGACE KRITERIÍ

Jednotliví experti přiřadili variantám z bodovací stupnice (1 až 5) tyto počty bodů:

tab. F) **Martin**

varianta	kritérium							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	2	2	4	3	2	3	4	4
V2	3	2	4	2	2	3	3	3

tab. G) **Václav**

varianta	kritérium							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	1	2	3	2	3	1	1	2
V2	3	2	2	4	2	3	2	4

tab. H) **Adam**

varianta	kritérium							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	3	3	2	2	3	2	1	2
V2	3	3	3	3	5	5	3	2

tab. J) **Expert**

varianta	kritérium							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	0	0	0	0	0	0	0	0
V2	0	0	0	0	0	0	0	0