

Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zařízení pro manipulaci s odpady
Equipment for Waste Handling

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.
Student: Filip Mertl

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student:	Filip Mertl
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma:	Zařízení pro manipulaci s odpady Equipment for Waste Handling

Zásady pro vypracování:

Navrhněte koncept zařízení pro ruční manipulaci s nádobami na komunální odpad.

Zpracujte rešerši v dané oblasti a na základě ergonomické analýzy navrhněte konstrukční provedení včetně popisu jednotlivých dílů.

Návrh doplňte pevnostními výpočty nosných částí a kontrolou stability při manipulaci.

Zpracujte výkresovou dokumentaci v rozsahu výkresu sestavení a dílenských výkresů vybraných dílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.

BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I - Spoje*. VUT Brno, 1987.

BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů - svazek 1*. SNTL Praha, 1990.

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.

KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II - Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002.

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Hruďičková, Ph.D.**


Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry





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

Místopřísežné prohlášení studenta

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

V Ostravě.....

.....

Filip Mertl

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/200 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněni v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Filip Mertl

Adresa trvalého pobytu autora práce: Hnojník 350, 739 53 Hnojník

Poděkování

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Mileně Hrudíčkové, Ph.D. za odborné rady, které mi poskytla při zpracovávání mé bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MERTL, F. *Zařízení pro manipulaci s odpady: bakalářská práce.*
Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní,
Katedra částí a mechanismů strojů, 2015, 37 s. Vedoucí
práce: Hrudíčková, M.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem zařízení pro občasný transport nádob na komunální odpad. Nejprve se zabývá návrhem konstrukce zařízení, který vychází z rozměrů plechové popelové nádoby. Po výběru nejlepší varianty je provedena komplexní kontrola rámu metodou MKP. Dále se statickými výpočty zjistí síla, potřebná k naložení nádoby na zařízení, reakce v čepu kola vozíku, který se zkontroluje na ohyb. Dále se zkontroluje trubkové pouzdro, které zajišťuje polohu rukojeti, na ohyb.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MERTL, F. *Equipment for Waste Handling: Bachelor Thesis.* Ostrava:
VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical
Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms,
2015, 37 p. Thesis head: Hrudíčková, M.

Bachelor thesis deals with the engineering design of equipment for occasional transport of municipal waste containers. At first, it deals with the construction design of the equipment based on the dimensions of sheet metal ash bin. After selecting the best option, a complex FEM analysis of the frame is performed. Furthermore, static calculations are performed to determine the force required for loading of the container on to the equipment, counteracting force in the axle pivot of the cart, the pivot is also checked for bending. Lastly, bending stress analysis for the tubular sleeve that secures the position of the handle is performed.

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíle	10
3	Rešerše	11
4	Ergonomická analýza	14
5	Návrh konstrukce zařízení.....	16
5.1	Postup návrhu konstrukce	17
5.1.1	První návrh	17
5.1.2	Druhý návrh.....	18
5.1.3	Třetí návrh	20
5.1.4	Finální návrh.....	21
6	Návrh komponentů konstrukce.....	24
6.1	Určení požadované nosnosti kola	24
7	Silový rozbor	25
7.1	Výpočet síly potřebné k naložení břemene.....	25
7.2	Výpočet síly při rovnovážném stavu zařízení	27
7.3	Kontrola konstrukce.....	29
8	Kontrola jednotlivých částí zařízení	31
8.1	Kontrola trubkového pouzdra pro přenesení ohybového momentu	31
8.2	Kontrola čepu kola.....	33
9	Závěr.....	35
10	Literatura.....	36
11	Seznam příloh.....	37

Seznam jednotek

m_B	[kg]	hmotnost břemene
m_K	[kg]	hmotnost působící na jedno kolo
m_N	[kg]	nosnost popelové nádoby
m_P	[kg]	vlastní hmotnost popelové nádoby
m_V	[kg]	hmotnost vozíku
$F_{\check{c}}$	[N]	síla působící na čep kola
F_N	[N]	síla paže při nakládání břemene
F_{VR}	[N]	ovládací síla
F_P	[N]	síla lidské paže
R_{AVx}	[N]	reakce v rovině XY
R_{AVy}	[N]	reakce v rovině XY
R_{Ax}	[N]	reakce v rovině XY
R_{ANy}	[N]	reakce v rovině XY
R_{ANz}	[N]	reakce v rovině YZ
$R_{\check{c}}$	[N]	reakce v rovině YZ
G	[N]	tíha
g	[m s ⁻¹]	gravitační zrychlení
d_1	[mm]	vnitřní průměr pouzdra
d_2	[mm]	vnější průměr pouzdra
W_{op}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu pouzdra
M_{op}	[Nm]	ohybový moment pouzdra
σ_{op}	[MPa]	ohybové napětí pouzdra
σ_{Dop}	[MPa]	dovolené napětí v ohybu pouzdra
l_T	[mm]	délka trubkového pouzdra
$M_{o\check{c}}$	[Nm]	ohybový moment čepu kola
$W_{o\check{c}}$	[mm ³]	modul průřezu v ohybu čepu
$\sigma_{o\check{c}}$	[MPa]	ohybové napětí čepu kola
$\sigma_{Do\check{c}}$	[MPa]	dovolené napětí v ohybu čepu kola
$T_{K\check{c}}$	[MPa]	smykové napětí čepu kola
$M_{K\check{c}}$	[MPa]	kroučící moment vyvolaný silou R_{ANy}
$W_{K\check{c}}$	[MPa]	modul průřezu v krutu čepu kola
σ_{RED}	[MPa]	redukované napětí
$K_{s\check{c}}$	[-]	statická bezpečnost čepu kola

1 Úvod

Vozíky slouží k převozu menších břemen. Jsou poháněny lidskou silou a jsou řízeny ručně. Jednotlivé typy vozíků se liší konstrukcí a účelem používání.

Mé provedení zařízení pro manipulaci s komunálním odpadem konstrukcí připomíná rudl. Je to jednoúčelové zařízení určené pro převoz plechových popelových nádob. Skládací částí tohoto zařízení je sklopná rukojeť. Uvedení rukojeti do provozní výšky je pojištěno proti sklopení převlečným trubkovým pouzdem. K tomu, abychom mohli rukojeť sklopit, musíme pouzdro vysunout k hornímu dorazu a poté provézt sklopení rukojeti směrem dolů.

2 Cíle

- rešerše
- zpracování ergonometické analýzy
- návrh konstrukce zařízení
- výpočet síly potřebné k naložení břemena
- kontrolní výpočet konstrukce rámu (MKP)
- kontrolní výpočet čepu kola
- kontrolní výpočet trubkového pouzdra pro přenos ohybového momentu
- zpracování výkresové dokumentace v rozsahu výkresu sestavení a dílenského výkresu vybrané části

3 Rešerše

Rudly jsou universální vozíky určené k ruční manipulaci těžkých předmětů ve skladech, výrobních halách, dílnách i kancelářích [11].

Firma ARBO [11] ve své nabídce produktů nabízí spoustu variant manipulačních vozíků a rudlů. Pro převoz plechových popelových nádob se dá využít téměř jakýkoliv universální rudl anebo vozík přímo určený pro převoz plechových popelových nádob.

Domovní rudl universální 95

Tab. 3.1 Popis rudl domovní universální 95

Použití	Domovní rudl pro univerzální použití
Nosnost	200 (250) kg
Ložná plocha	400 x 170 mm
Rozměry (š x v)	620 x 1070 mm
Průměr kola	260 mm
Typ kol	dušová
Ložisko	kluzné (jehlové)
Disk	plastový (kovový)
Hmotnost	9,5 kg



Obr. 3.1 Domovní rudl universální 95

Rudl stohovací klasický – úzký

Tab. 3.2 Popis rudl stohovací klasický úzký

Typ kol	Rudl stohovací klasik-úzký
Nosnost	200 kg
Ložná plocha	410 x 185 mm
Rozměry (š x v)	600 x 1150 mm
Šířka kol	85 mm
Průměr kola	260 mm
Typ kol	dušová
Ložisko	valivé
Disk	plastový (kovový)
Hmotnost	9,5 kg



Obr. 3.2 Rudl stohovací klasický – úzký

Rudl skládací

Tab. 3.3 Popis rudl skládací

Typ	Rudl stohovací klasik-úzký
Nosnost	170kg
Výška ve složeném stavu	840 mm
Typ kol	dušová
Ložisko	kuličkové
Disk	kovový
Hmotnost	10,5 kg



Obr. 3.3 Rudl skládací

Rudl na popelnice

Tab. 3.4 Popis rudl na popelnice

Typ	Lehký rudl na popelnice
Nosnost	150kg
Rozměr	430 x 1120 mm
Typ kol	plná
Průměr kol	200 mm
Ložisko	kuličkové
Disk	plastový
Hmotnost	6 kg



Obr. 3.4 Rudl na popelnici



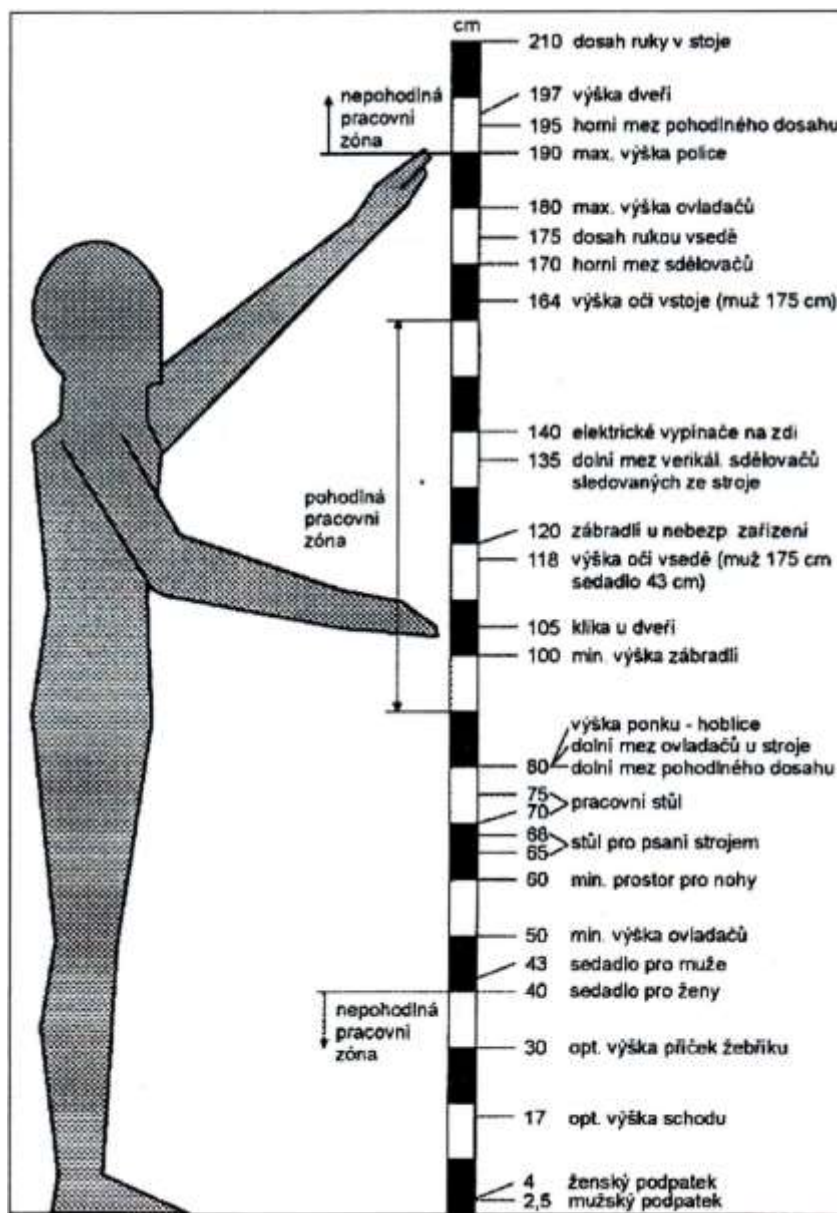
Obr. 3.5 Skládací manipulační vozík,
nosnost 200 kg [12]



Obr. 3.6 Manipulační vozíky na plynové
láhve, na obr vlevo nosnost 110 kg, vpravo
220 kg [13]

4 Ergonomická analýza

K návrhu konstrukce zařízení je nutné provést ergonomickou analýzu. Je potřeba správně určit výšku madla rukojeti, aby byla v pohodlné pracovní zóně, která znázorněna na obr. 4.1 a je od 90÷160 cm.



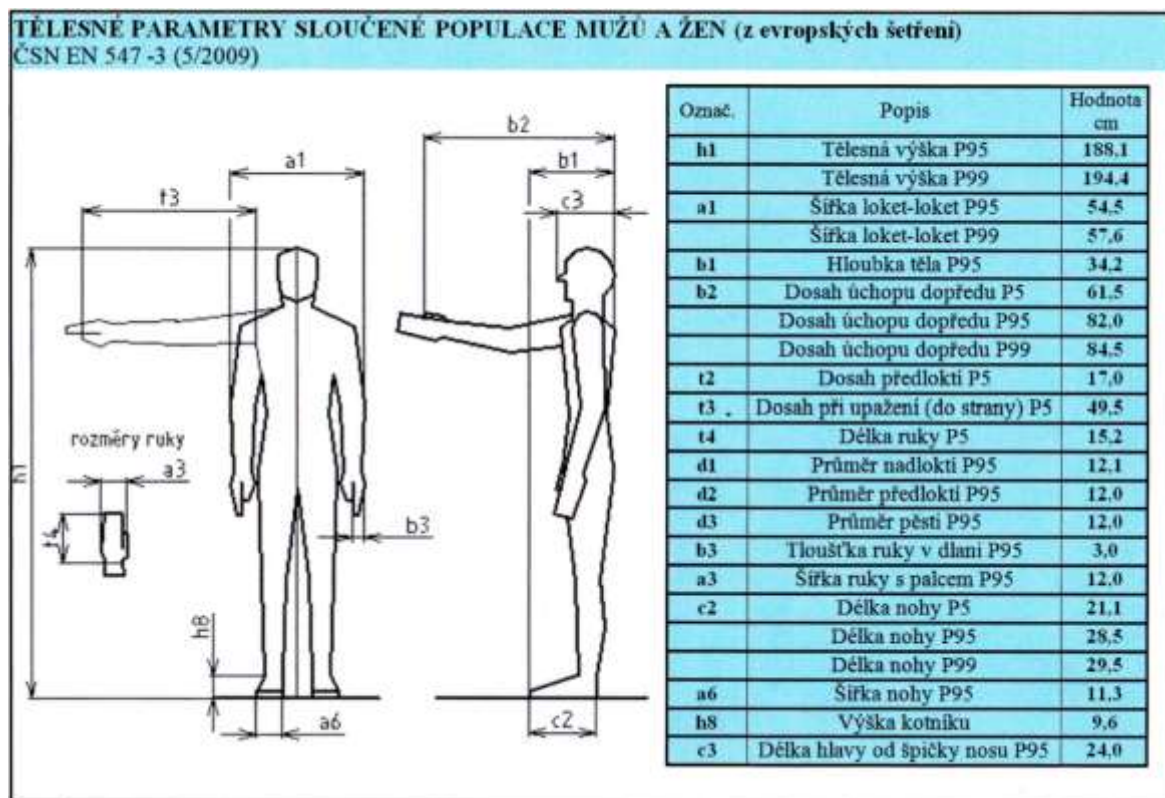
Obr. 4.1 Výškové údaje pro manipulaci [8]

Optimální i mezní výškové údaje pro manipulaci, běžné pracovní úkoly a instalaci různých prvků, které je třeba respektovat při ergonomickém řešení strojů, zařízení a pracovních stanovišť, jsou uvedeny na obr. 4.1. Údaje jsou optimální pro člověka vysokého 175 cm, který pracuje vstoje s největší přesností při výšce pracovní plochy od 110 do 120 cm a s největší silou na ploše ve výšce od 93 do 110 cm od země.[8]

Přesto že má hodnota tělesné výšky osob v Evropě rostoucí charakter, výška starších osob se s věkem snižuje. Z toho důvodu je návrh konstrukce optimalizován pro tělesnou

výšku v rozmezí 160 až 170 cm, které odpovídá výšce starší populace, které zejména má toto zařízení sloužit.

Na obr. 4.2 jsou uvedeny tělesné rozměry sloučené populace mužů a žen z aktuální platné normy ČSN EN 547-3 (5/2009) [15]. Tato norma ovšem neuvádí výšku starší generace, a z toho důvodu bylo vycházeno ze starších, ale vhodnějších zdrojů informací, jako např. [8].



Obr. 4.2 Tělesné parametry sloučené populace mužů a žen

Tělesná výška člověka se vzhledem k přibývajícimu věku zmenšuje. Předpokládám, že se zařízením budou manipulovat i osoby staršího věku a tedy při návrhu výšky rukojeti je na to brán zřetel.

Dalším ergonomickým prvkem je madlo pro ovládání vozíku. Aby nedocházelo k otlacení do dlaně, mělo by mít průměr alespoň 20 mm. V návrhu je použit dutý kruhový profil průměru 25 mm, tento požadavek je tedy splněn.

5 Návrh konstrukce zařízení

Návrh konstrukce zařízení vychází z rozměrů plechové popelové nádoby výrobce MEVA [7], dále z určení výšky rukojeti v provozní poloze dle ergonomický parametrů. Výška této rukojeti se musí pohybovat v pohodlné pracovní zóně (90 až 160 cm). Pohodlná pracovní zóna je znázorněna na obr. 5.1.



Obr. 5.1 Plechová popelová nádoba firmy MEVA [9]

Tab. 5.1 Kompletní specifikace plechové popelové nádoby

Kompletní specifikace	
Povrch	pozinkovaný plech 200g/m ²
Síla plechu [mm]	0,8
Nosnost [kg]	44
Objem [l]	110
Váha [kg]	13,5
A [mm]	870
B [mm]	456
C [mm]	803

Konstrukce zařízení pro manipulaci s komunálním odpadem musí splňovat určitá kritéria. Síla, potřebná k naložení plechové popelové nádoby, nesmí být příliš velká, aby toto břemeno byl schopen naložit i méně zdatný člověk. Rukojeť musí být v dostatečné výšce nad povrchem pro snadnou obsluhu. Rukojeť je sklopná, a tedy musí být zaručeno sklopení a následné uvedení rukojeti do provozní polohy. Rukojeť v provozní poloze musí být zajištěna proti samovolnému sklopení. Kola vozíku musí mít dostatečnou nosnost. Musí se vzít i v úvahu to, že při manipulaci s naloženým vozíkem může dojít k jeho nachýlení na jednu či druhou stranu do boku a tak bude působit zatížení na jedno kolo. Kola mají každá svou pevnou osu, což zaručuje nezávislé otáčení jednoho kola na druhém a tudíž snadnější manipulaci s vozíkem (zatáčení, otáčení).

5.1 Postup návrhu konstrukce

Řešení jednotlivých konstrukcí až k dospění finálního návrhu.

5.1.1 První návrh

Prvotní návrh konstrukce vychází z rozměrů plechové popelové nádoby, reálném změření vzdálenosti do jaké výšky by měla sahat rukojeť pro snadnou manipulaci. Tato konstrukce je tvořena trubkami, které jsou svařeny. Skládací jsou jen řídítky, která jsou pojištěna proti samovolnému složení převlečnou maticí. Tvar nebyl příliš designový a v určitých částech by nebyl vozík funkční. Proto musely nastat zásadní změny.



Obr. 5.2 První návrh



Obr. 5.3 Sklopená řídítka

5.1.2 Druhý návrh

U této konstrukce došlo ke změně tvaru konstrukce. Rovné trubky byly nahrazeny trubkami ohnutými. Což vypadá na první pohled pěkně. Jenomže v místě, kde je naložena popelová nádoba, byl zvolen nesprávný tvar ohnutí z hlediska působení sil. Řídítka u předchozího návrhu byla nahrazena rukojetí, která je mnohem lepší při manipulaci s vozíkem. Také pojištění skládání rukojeti bylo změněno. Místo převlečné matice je zde využito převlečné pouzdro, které brání samovolnému složení rukojeti.



Obr. 5.4 Druhý návrh



Obr. 5.5 Druhý návrh s naloženou plechovou popelnicí

5.1.3 Třetí návrh

U tohoto návrhu bylo změněno ohnutí trubek, na nichž jsou přivařené patky, ve kterých je naložena plechová popelová nádoba. Tvar ohnutí je opačný oproti předchozímu návrhu. Tedy i působení sil je vhodnější. Jenže při výpočtu síly, potřebné k naložení břemene, se došlo k závěru, že je příliš velká, tedy nevyhovující řešení polohy zavěšení břemene na rámu vozíku.



Obr. 5.6 Třetí návrh



Obr. 5.7 Třetí návrh s naloženou popelnicí

5.1.4 Finální návrh

Poslední a tedy finální návrh vozíku. Muselo být změněno zavěšení břemene na rámu vozíku. Dospělo se toho tím, že patky, na nichž je břemeno zavěšeno, se posunuly níž, tedy dno břemeno (popelové nádoby) se dostalo ve směru svislém pod osu kol a ve směru vodorovném blíže ke kolům. Výpočet síly potřebné k naložení břemene vyšla taková, kterou je schopen člověk, i méně zdatný, vyvinout k naložení břemen. Výška rukojeti při nakládání břemene dosahuje výšky 108 cm a při přemísťování je rukojeť ve výšce 90 cm. Obě polohy rukojeti jsou v pohodlné pracovní zóně (90 až 160 cm).

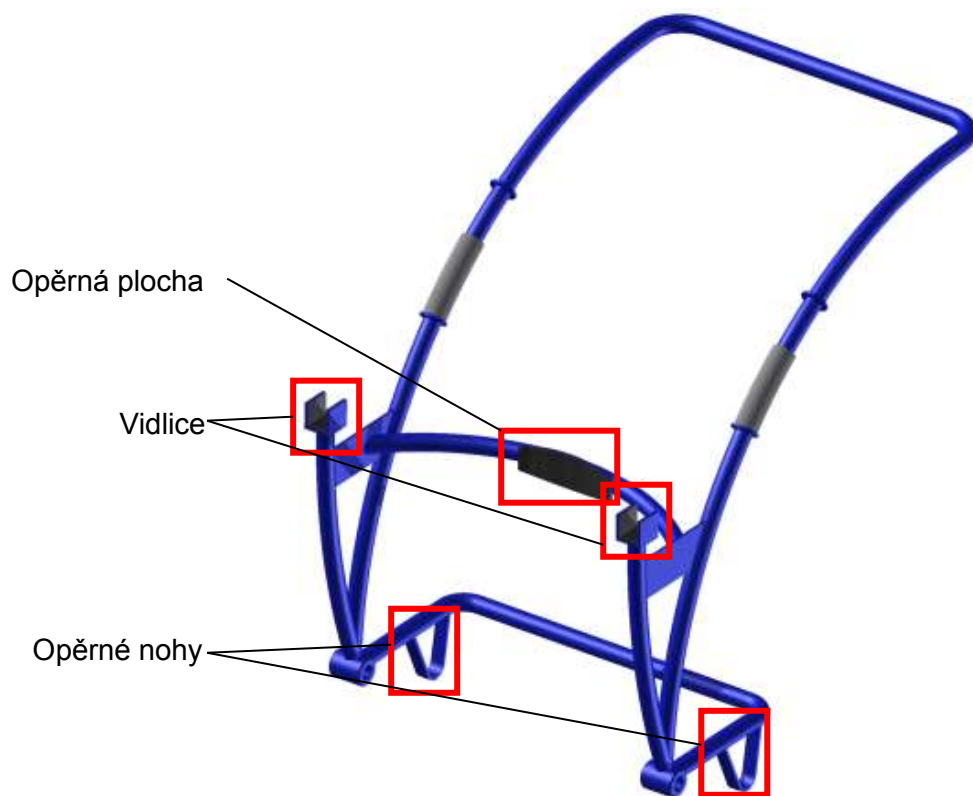


Obr. 5.8 Konečný návrh konstrukce

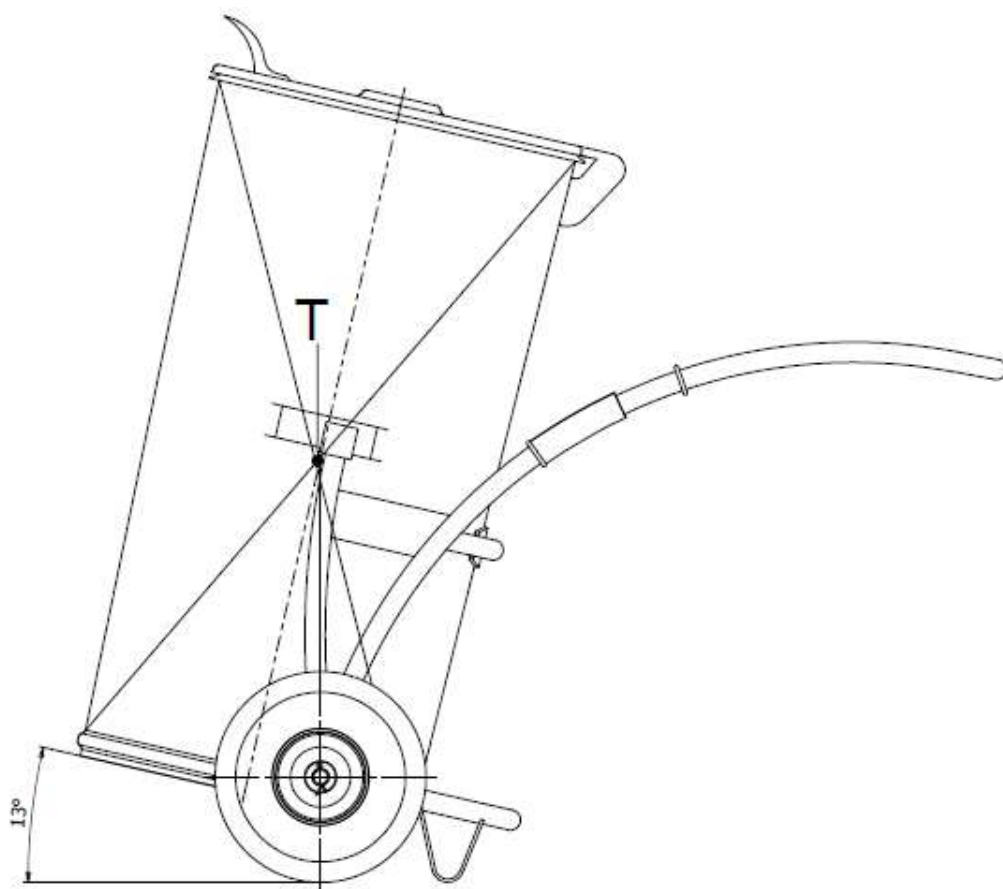


Obr. 5.9 Finální návrh s naloženou popelnicí

Stabilita nádoby při převozu je zajištěna proti překlopení, převržení pomocí dostatečně velkých vidlic a velké opěrné plochy. S naloženým břemenem lze vozík bezpečně postavit na opěrné nožky, aniž by se převrátil dopředu či dozadu (viz obr. 5.11). Tato poloha slouží k odstavení naloženého vozíku pro možnost např. otevření vrat.



Obr. 5.10 Rám vozíku



Obr. 5.11 Stabilní poloha při odstavení naloženého vozíku

6 Návrh komponentů konstrukce

Zařízení pro manipulaci s odpady je určeno pro občasný převoz plechových popelových nádob. Zařízení bude jezdit po zpevněném (betonovém, asfaltovém povrchu), ale také i po povrchu nezpevněném (např. travnatý povrch) a štěrkovém povrchu. Z tohoto důvodu byly zvoleny kola většího průměru. Kola jsou s duší, plněná vzduchem. Tato kola budou tlumit rázy při jízdě po štěrkovém povrchu a bránit boření při pohybu na povrchu měkkém.

6.1 Určení požadované nosnosti kola

Výpočtem se zjistí, jaké je zatížení na jedno kolo. Musí se však vzít v úvahu to, že může nastat situace, kdy při jízdě se může vozík naklopit do strany a většina zatížení bude působit na jedno kolo.

Výpočet zatížení kola

$m_B = 57,5$ [kg]	zatížení kol (m_p+m_n)
$m_V = 11,5$ [kg]	vlastní hmotnost vozíku
$F_{VR} = 63,3$ [N]	ovládací síla
$m_p = 13,5$ [kg]	vlastní hmotnost prázdné nádoby
$m_n = 44$ [kg]	nosnost nádoby


$$m_B = m_p + m_n = 13,5 + 44 = 57,5 \text{ [kg]}$$

Celkové zatížení pojezdových kol zahrnuje hmotnosti břemene, vozíku i přepočítané podíly z ovládací síly ($63,3 \text{ N} = 6,45 \text{ kg}$)

$$m_K = m_B + m_V + m_{VR} = 57,5 + 11,5 + 6,45 = 75,45 \text{ [kg]}$$

Dle této souhrnné hodnoty zatížení jsou vybírána pojezdová kola. Podle katalogu firmy MANUTAN s.r.o. [10] bylo zvoleno 2-krát kolo s kovovým svařovaným diskem s jehlovým ložiskem. Tato kola jsou dimenzována pro zatížení 200 [kg] viz tab.5.

Tab. 6.1 Rozměry pojezdového kola [10]

	Materiál [-]	Typ kol [-]	Průměr kola [mm]	Šířka kola [mm]	Nosnost [kg]	Otvor [mm]	Délka náboje [mm]	Ložisko [-]
	Nafukovací pryž	Samostatné	260	77	200	20	75	Jehlové

7 Silový rozbor

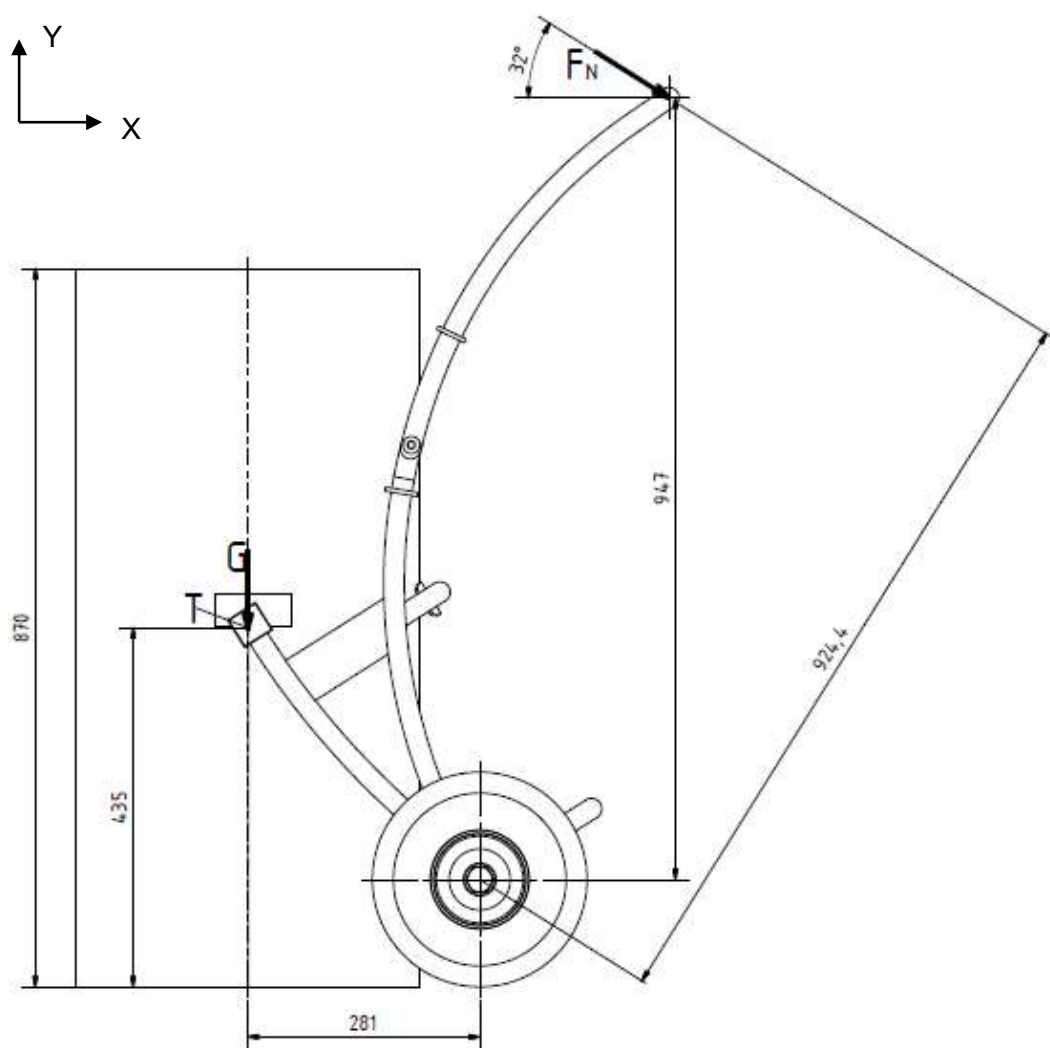
Silový rozbor k určení síly potřebné k naložení břemene, síly k udržení zařízení v rovnovážné poloze a jejich reakce.

7.1 Výpočet síly potřebné k naložení břemene

Hmotnost nádoby naplněné směsným odpadem je pro výpočet uvažována 57,5 kg (nosnost nádoby 44 kg a její hmotnost 13,5 kg). Toto zatížení se při běžné manipulaci rozkládá rovnoměrně na obě pojezdová kola. V případě možného přejezdu překážky může dojít k naklopení vozíku na stranu a zatížení jen jednoho kola. Z toho důvodu je pro následující kontrolní výpočet použit tento výjimečný stav zatížení.

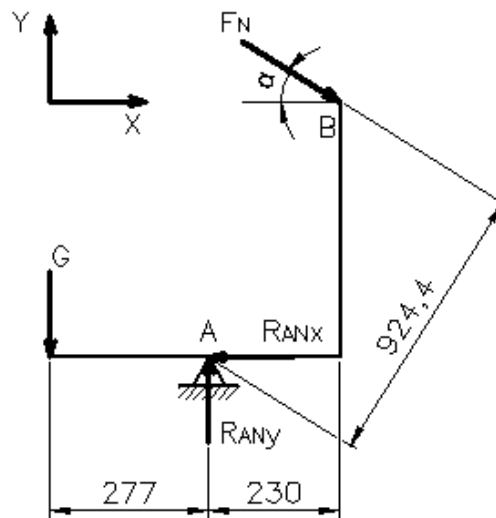
$$G = m_B \cdot g = 57,5 \cdot 9,81 = 564,1 \text{ [N]} \quad (7.1)$$

Při zvedání nádoby působí na konci madla síla rukou F_N podle obr. 7.1.



Obr. 7.1 Působení sil při nakládání břemene

Rovina X-Y



Obr. 7.2 Rozklad sil při nakládání břemene

$$\sum F_x = 0$$

$$F_N \cdot \cos \alpha - R_{Ax} = 0$$

$$R_{Ax} = F_N \cdot \cos \alpha = 169 \cdot \cos 32^\circ = 143,3 \text{ [N]} \quad (7.2)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-G + R_{ANy} - F_N \cdot \sin \alpha = 0$$

$$R_{ANy} = G + F_N \cdot \sin \alpha = 564,1 + 169 \cdot \sin 32^\circ = 653,7 \text{ [N]} \quad (7.3)$$

Výslednice sil R_{Ax} a R_{ANy}

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{ANy}^2} = \sqrt{143,3^2 + 653,7^2} = 669,22 \text{ [N]}$$

Síla paže F_N potřebná k naložení břemene

$$\sum M_A = 0$$

$$-G \cdot a_N + F_N \cdot c_N = 0$$

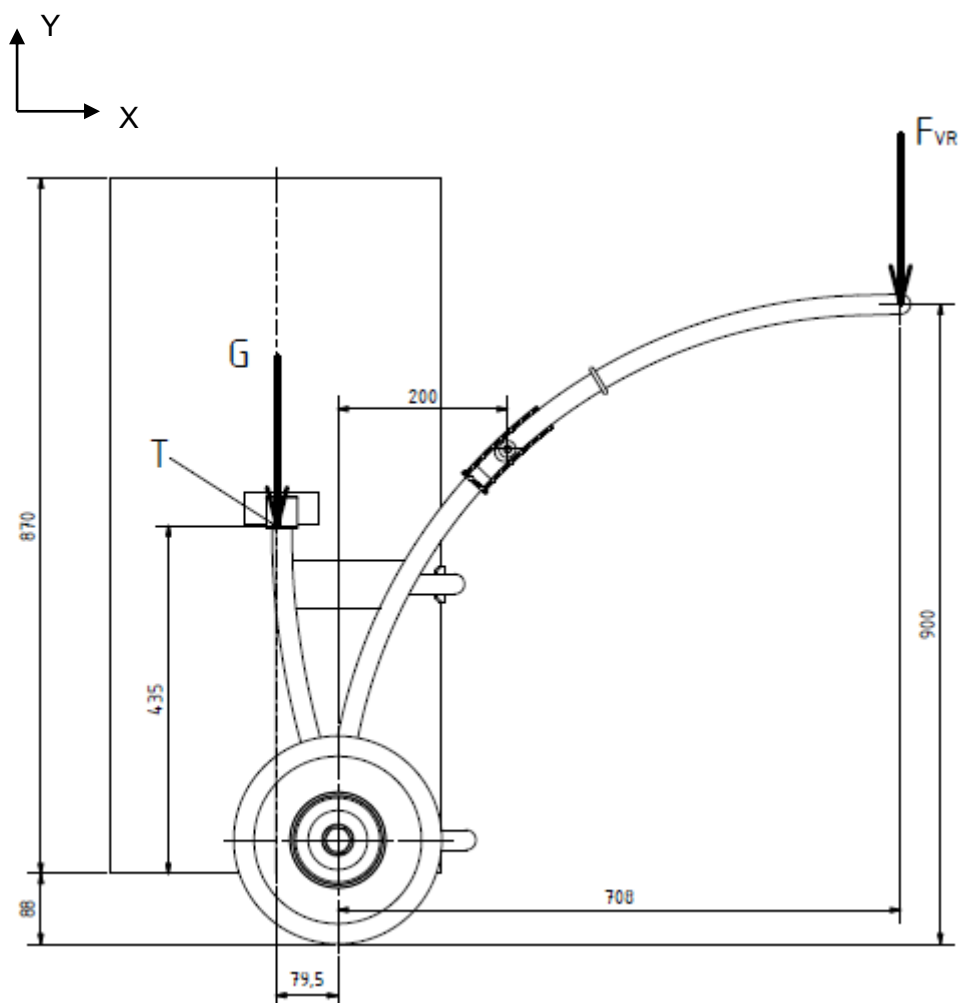
$$F_N = \frac{G \cdot a_N}{c_N} = \frac{564,1 \cdot 277}{924,4} = 169 \text{ [N]} \quad (7.4)$$

Síla potřebná k naložení břemene je $F_N=169$ N je v souladu s doporučenou hodnotou

$$F_p = (200 \div 300) \text{ [N]}$$

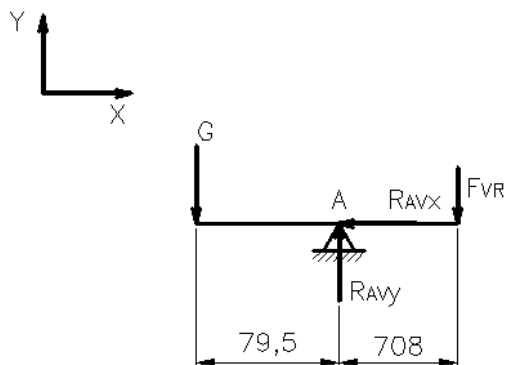
7.2 Výpočet síly při rovnovážném stavu zařízení

Výpočet síly potřebnou k udržení vozíku ve vodorovném stavu. V tomto stavu se předpokládá manipulace s břemeny.



Obr. 7.3 Působení sil při rovnovážném stavu

Rovina X-Y



Obr. 7.4 Rozklad sil při udržení zařízení ve vodorovné poloze

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{AVx} = 0 \text{ [N]} \quad (7.5)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-G + R_{AVy} - F_{VR} = 0$$

$$R_{AVy} = F_{VR} + G = 63,3 + 564,1 = 627,4 \text{ [N]} \quad (7.6)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-G \cdot 79,5 + F_{VR} \cdot 708 = 0$$

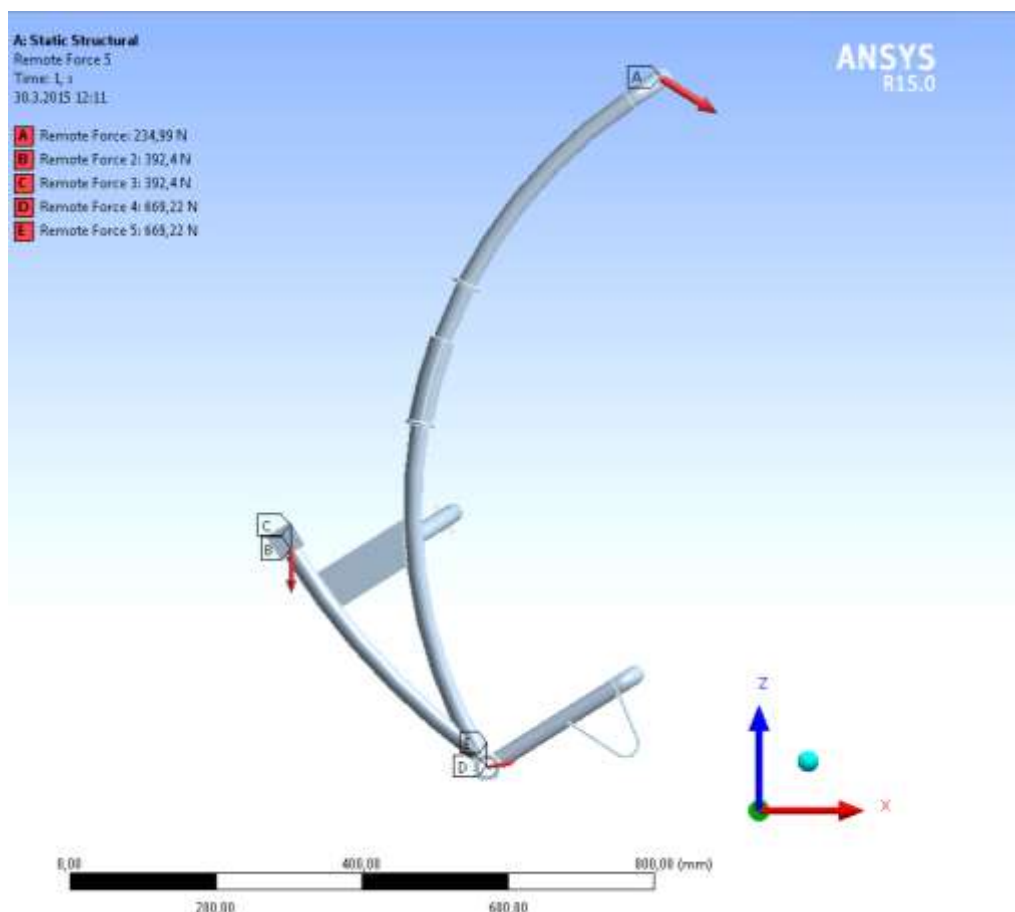
$$F_{VR} = \frac{G \cdot 79,5}{708} = \frac{564,1 \cdot 79,5}{708} = 63,3 \text{ [N]} \quad (7.7)$$

Síla potřebná k udržení v rovnovážné poloze je $F_{VR}=63,3 \text{ [N]}$.

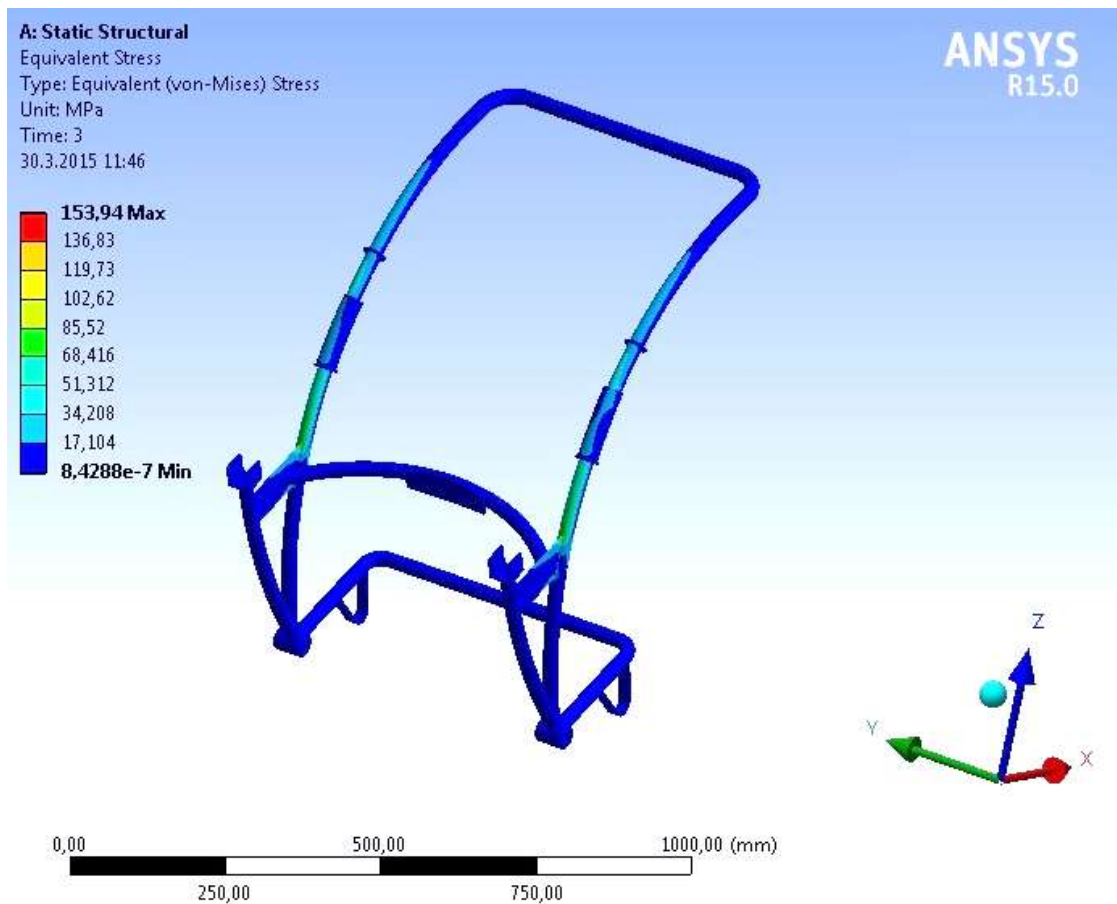
7.3 Kontrola konstrukce

Celková kontrola trubkové konstrukce zařízení pro manipulaci s odpady je prováděna metodou MKP v programu ANSYS R15[14].

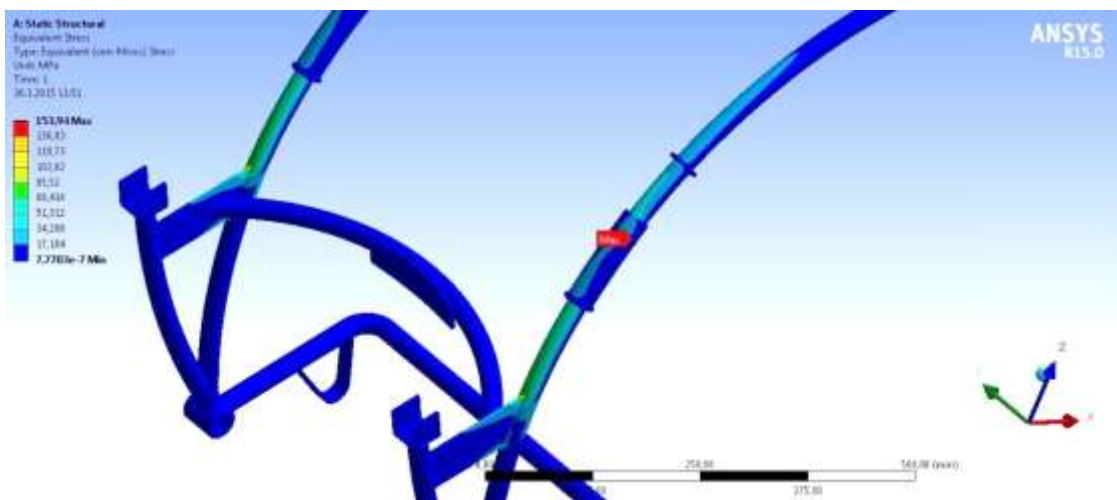
Na obr. 7.5 je znázorněno umístění a velikosti sil působících na konstrukci od zátěže nádobou (B a C, každá 392,4 N), od působení ruky při zvedání (A, 234,99 N) a výslednice reakcí v osách pojezdových kol (D a E, každá 669,22 N).



Obr. 7.5 Působení sil při zvedání břemene



Obr. 7.6 Průběh ekvivalentního napětí podle HMM



Obr. 7.7 Maximální ekvivalentní napětí

Rám je navržen z ocelových trubek TR 25x3,2 ČSN 42 5715. Materiál zvolen 11 523, pro který je dovolené napětí v ohybu $\sigma_{D0} = 200$ MPa.

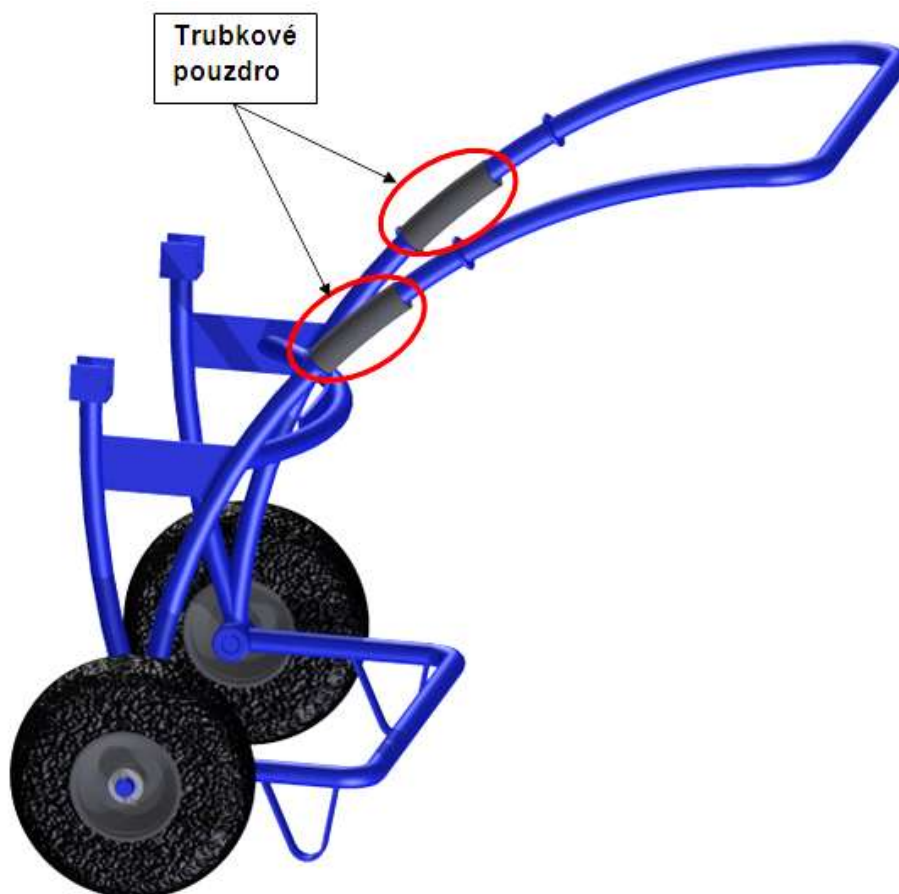
Po kontrole rámu v programu ANSYS R15 je navržená konstrukce vyhovující.

8 Kontrola jednotlivých částí zařízení

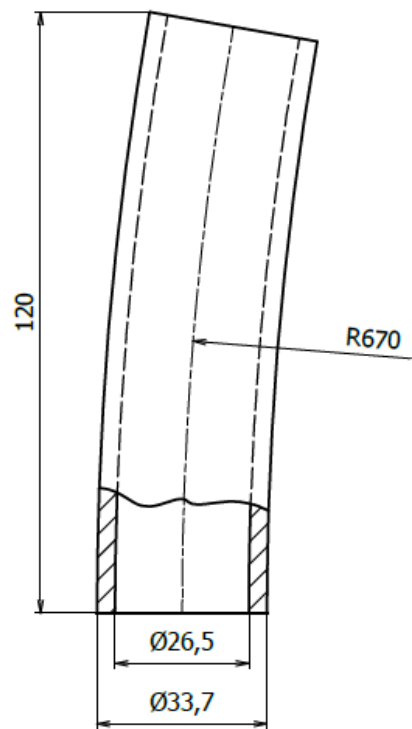
Z návrhu jednotlivých součástí je nutno provést zpětnou pevnostní kontrolu.

8.1 Kontrola trubkového pouzdra pro přenesení ohybového momentu

Trubkové pouzdro, které zajišťuje polohu rukojeti pro manipulaci se zařízením, je namáháno na ohyb silou, která je důsledkem ovládací síly na konci rukojeti. Největší ohybové napětí v pouzdře vzniká při nakládání břemene, tedy zatížení madla silou 169 N (7.4). Síla v místě trubkového pouzdra přepočítaná podle principu rovnováhy na páce vychází okolo 540 N. Díky vůli mezi trubkovým pouzdrem a trubkou madla se tato síla rozloží do míst dotyku. Je obtížné stanovit přesně její místo působení i přesnou velikost síly. Z toho důvodu je pro kontrolní výpočet únosnosti trubkového pouzdra uvažována celá hodnota přepočtené síly (540 N). Materiál zvolen 11 523 s dovoleným napětím v ohybu $\sigma_{Do}=200$ MPa dle [3].



Obr. 8.1 Umístění trubkového pouzdra



Obr. 8.2 Trubkové pouzdro.

Předpokládané maximální zatížení pouzdra je možno předpokládat jako zatížení vetknutého nosníku podle obr. 8.2. Ohybové napětí tedy bude:

Parametry trubkového pouzdra z obr. 8.2:

$$d_1 = 26,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 33,7 \text{ mm}$$

$$l_T = 120 \text{ mm}$$

$$W_{op} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{33,7^4 - 26,5^4}{33,7} = 2320,76 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (8.1)$$

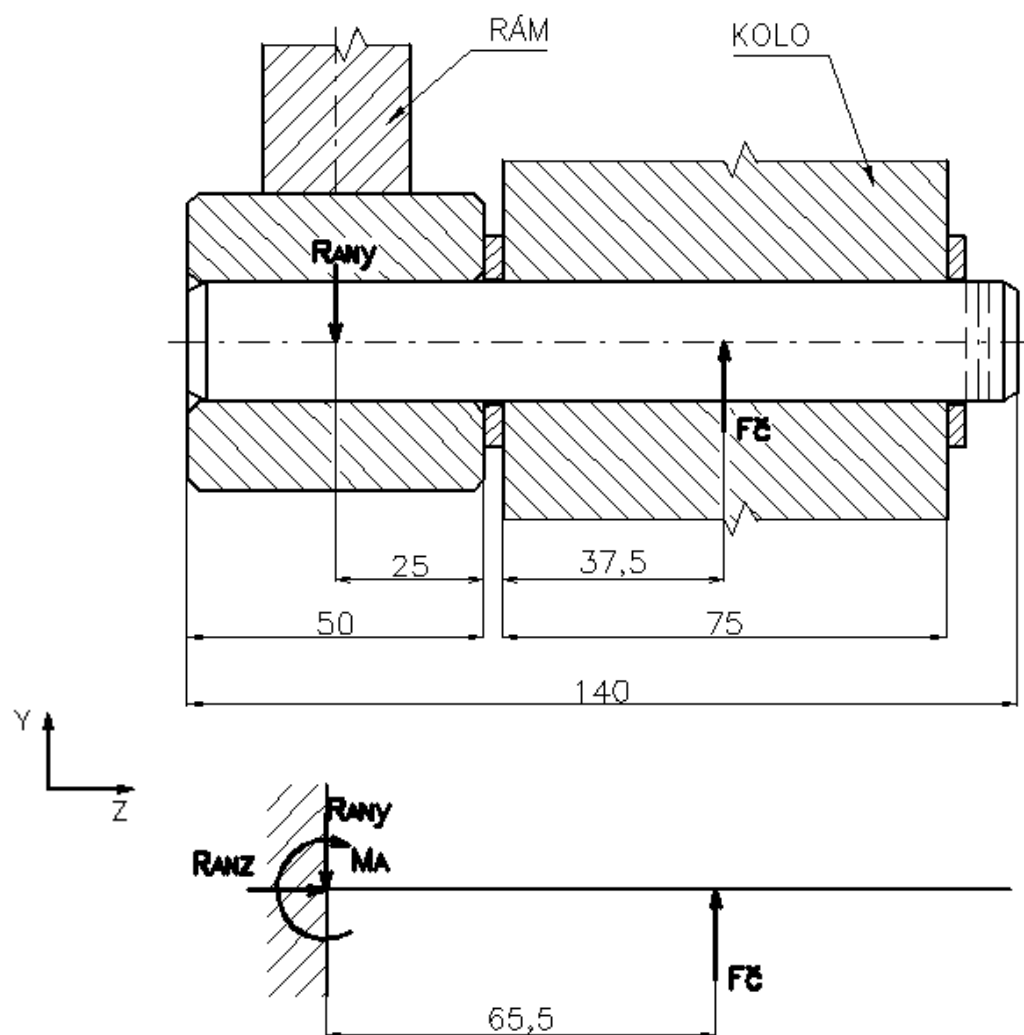
$$\sigma_{op} = \frac{M_{op}}{W_{op}} = \frac{F \cdot l_T}{W_{op}} = \frac{540 \cdot 120}{2320,76} = 27,92 \text{ [MPa]} \quad (8.2)$$

$$\sigma_{Dop} = 200 \text{ [MPa]}$$

Vzhledem k hodnotě dovoleného napětí trubkové pouzdro vyhovuje.

8.2 Kontrola čepu kola

Čep, na kterém je zavěšeno kolo, musí být zkontrolováno na ohyb. Největší ohybový moment vyvolá síla při nakládání břemene.



Obr. 8.3 Zatížení čepu kola

Rovina Y-Z

$$\sum F_y = 0 \text{ [N]}$$

$$\sum F_z = 0 \text{ [N]}$$

$$R_{ANz} = 0 \text{ [N]}$$

(8.3)

$$F_{\check{c}} - R_{ANy} = 0$$

$$F_{\check{c}} = R_{ANy} = 653,7 \text{ [N]}$$

Ohybové napětí v čepu

$$\sigma_{o\check{c}} \leq \sigma_{Do\check{c}}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - F_{\check{c}} \cdot 65,5 = 0 \quad (8.4)$$

$$M_A = F_{\check{c}} \cdot 65,5 = 653,7 \cdot 65,5 = 42817,35 \text{ [Nmm]}$$

$$W_{o\check{c}} = \frac{32}{\pi} \cdot d_{\check{c}}^3 = \frac{32}{\pi} \cdot 20^3 = 785,4 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (8.5)$$

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_A}{W_o} = \frac{42817,35}{785,4} = 54,52 \text{ [MPa]} \quad (8.6)$$

Smykové napětí od posouvající síly (R_{ANy})

$$\tau_{K\check{c}} = \frac{R_{ANy}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{\check{c}}^2}$$

$$\tau_{K\check{c}} = \frac{653,7}{\frac{\pi}{4} \cdot 20^2}$$

$$\tau_{K\check{c}} = 2,08 \text{ [MPa]}$$

Redukované napětí podle hypotézy HMM

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_{o\check{c}}^2 + 3 \cdot \tau_{K\check{c}}^2} \quad (8.8)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{54,52^2 + 3 \cdot 2,08^2}$$

$$\sigma_{RED} = 54,64 \text{ [MPa]}$$

Materiál čepu zvolen 11 523 s $R_e=333$ [MPa].

Výpočet statické bezpečnosti

$$k_{s\check{c}} = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} \quad (8.9)$$

$$k_{s\check{c}} = \frac{333}{54,64}$$

$$k_{s\check{c}} = 6,1 \text{ [-]}$$

Statická bezpečnost čepu kola je vyhovující.

9 Závěr

Dle zadání byl navržen koncept zařízení pro ruční manipulaci s nádobami na komunální odpad. V úvodu práce byl proveden stručný přehled různých rudl, které je možno použít pro převoz komunálního odpadu. Jelikož v zadání nebyly zadány žádné parametry pro navržení vozíku, vycházel jsem z hodnot rozměrů a nosnosti převáženého břemene, čili plechové popelové nádoby firmy MEVA [7]. Dle těchto parametrů a na základě zpracované ergonomické analýzy byla navržena konstrukce nosného rámu vozíku a byla určena vhodná pojezdová kola pro pohyb vozíku po nerovném terénu a s dostatečnou nosností.

Ve výpočtové části byl navržený rám a jednotlivé části vozíku pevnostně zkontrolovány. Konstrukce nosného rámu z ocelových trubek byl zkontrolován v programu ANSYS R15 [14] metodou konečných prvků, kde průběh ekvivalentního napětí a průběh maximálního napětí je vyhovující. Zvlášť byla provedena kontrola trubkového pouzdra sloužícího k aretaci skládacího madla, a také čepu pojezdového kola, u kterého byla vypočtena statická bezpečnost.

Byla zpracována výkresová dokumentace v rozsahu výkresu sestavení a dílenských výkresů vybraných částí. Na základě provedené výkresové dokumentace byl vyroben funkční vzorek vozíku, který byl zaregistrován pod ev. č. 013/20-03-2015_F. Dále byl vytvořen průmyslový vzor s názvem "Nosný rám pomůcky pro manipulaci s břemeny", který byl zapsán do Deníku předmětů průmyslového vlastnictví pod evidenčním číslem 006/05-02-2015.



Obr. 9.1 Vyrobený funkční vzorek vozíku

Konstrukční návrh manipulačního vozíku je optimalizován pro starší věkovou kategorii, které má usnadnit přemísťování nádob pro komunální odpad.

10 Literatura

- [1] BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I – Spoje*. VUT Brno, 1987.
- [2] BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů – svazek 1*. SNTL Praha, 1990.
- [3] DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3.
- [4] KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II – Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002, ISBN 80-85780-95-X
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky. Třetí doplněné vydání*. Albra Úvaly, 2006, ISBN 80-7361-033-7.
- [6] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. Vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [7] Kaláb K.: *Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku*. Vysokoškolská příručka. Ostrava: VŠB-TUO, 2009
- [8] ŠMÍD, M.: *Ergonomické parametry*. SNTL Praha, 1976
- [9] MEVA a.s. MEMBER OF MEVA GROUPS, Divize Bezděkov, *Popelové nádoby*, Dostupné z <bezdekov.meva.eu>
- [10] Katalog firmy MANUTAN, *Manipulační technika, 2013,* dostupné z <www.manutan.cz>
- [11] ARBO – Vybavení skladů, dílen a kanceláří, ... dostupné z <www.arbex.cz>
- [12] Hand Truck Super Store,..... dostupné z<www.handtrucksuperstore.com>
- [13] Global Industrial,dostupné z< www.globalindustrial.com/>
- [14] ANSYS R15

Normy

- [15] ČSN EN 547-3 *Tělesné parametry sloučené populace mužů a žen*. Praha: Český normalizační institut, květen 2009.

11 Seznam příloh

Výkres sestavy MER0024-S01

Výkres podsestavy MER0024-S02

Výrobní výkres MER0024-D01

CD-ROM s textem práce a výrobní dokumentací v zadaném rozsahu