

ZÁPADO ČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2302T013 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Odlučovací chladicí kapaliny

Autor: **Bc. Karel HÁJEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČEK, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

# Zadání DP

## **Prohlášení o autorství**

Prohlašuji tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: . . . . .

.....  
podpis autora

## **Autorská práva**

Podle Zákona o právu autorském, č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. R) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je vyúfity a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných v deských a výrobní-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

## **Poděkování**

Děkuji Doc. Ing. Janu Hlaváčkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce. Dále děkuji za spolupráci kolektivu pracovníků z firmy HP Kovo tools s.r.o. v Táboře, jmenovitě Pavlu Hřídelovi a spol.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Hádek Bc.	Karel	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2302T019 Štavební strojírenství a zařízení		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Doc. Ing. Hlaváček, Ph.D.	Jan	
<b>PRACOVNÍ MÍSTO</b>	ZŠ U - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se -krtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Odlučovač chladicí kapaliny		

<b>FAKULTA</b>	strojírenská	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2018
----------------	--------------	----------------	-----	--------------------	------

## POčet stran (A4 a ekvivalent A4)

<b>CELKEM</b>	67	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	63	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUŽNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNÁTKY A PŘÍLOHY</b>	Práce pojednává o konstrukci a opravě určeného pro odlučování chladicí kapaliny obsažené v zbytkovém přepracovaném tiskovém odpadu. Pro nalezení optimální varianty je využito porovnávací metody. Tato metoda porovnává jednotlivé konstrukční varianty. Porovnávací parametry byly stanoveny po konzultaci se zadavatelem projektu. Výsledkem této porovnávací metody je tedy konstrukční varianta, která splňuje kladené požadavky. Tato vybraná varianta je navržena v prostředí 3D. Pro kontrolu a dimenzování je využito analytického a softwarového postupu. Takto získané hodnoty budou následně využity pro tvorbu reálného produktu společnosti HP Kovo tools s.r.o.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Kontejner, Otočný rám, Pevný rám, Nádrž

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	H ídel Bc.	Karel
<b>FIELD OF STUDY</b>	2302T019 šDesign of Manufacturing Machines and Equipmentõ	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hlavá , Ph.D.	Name Jan
<b>INSTITUTION</b>	Z U - FST - KKS	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Coolant separator	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	67	<b>TEXT PART</b>	63	<b>GRAPHICAL PART</b>	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The goal of this thesis is to design a construction of cooling fluid separator. Coolant fluid is contained in the residual aluminum chips. To find optimal variant is used comparative method. The comparative parameters have been determined after consultation with the project promoter. The result of comparative method is design variant, which fulfills entered parameters. This variant is designed by 3D program. To check control and dimensioning is used analytics and software method. The values found will be used to produce a real product by HP Kovo tools s.r.o.
<b>KEY WORDS</b>	Transport container, Pivot Frame, Front roll gudgeon, Fixed Frame, Tank

## Obsah

Úvod .....	1
Úvod do diplomové práce.....	<b>Chyba! Zálafka není definována.</b>
1    Odpadové hospodářství v podniku .....	3
1.1    Úvod .....	3
1.2    Kontejnery na odpad.....	3
1.3    Profitabilní řešení recyklace .....	4
1.3.1    Drtiče .....	5
1.3.2    Odstředivky.....	5
1.3.3    Briketovací lisy .....	6
1.3.4    Dopravníky .....	6
1.4    Doprava třísčového odpadu v dané firmě .....	7
2    O společnosti HP Kovo tools s.r.o.....	8
3    Úvod.....	12
3.1    Dopravní kontejnery .....	12
3.2    Výpočet hmotnosti třísč .....	13
3.3    Třísč a hmotnosti kontejner .....	14
3.4    Zařízení kontejneru v odpadovém hospodářství podniku .....	16
4    Návrh provozní transformačního procesu .....	16
4.1    Specifikace požadavků .....	16
4.2    erná skůka .....	17
4.3    Návrh technologie .....	17
4.4    Úplný návrh provozní transformačního procesu .....	18
4.5    Návrh funkční struktury.....	19
4.6    Návrh orgánové struktury .....	20
4.7    Orgánové struktury jednotlivých variant .....	21
4.7.1    Naklápací rám s pohonem .....	21
4.7.2    Náklonný stůl s erpadlem.....	22
4.7.3    Ufřiti odstředivky.....	22
4.7.4    Třísčový dopravník řánkový .....	23
4.8    Hodnocení variant .....	24
4.9    Výběr optimální varianty .....	26
5    Návrh vybrané varianty.....	27
5.1    Rozložení kontejner .....	27
5.2    Pracovní postup stroje .....	28

6	Zátěžné stavy .....	29
6.1	Rozložení silových účinků .....	29
6.2	Výpočet reakcí pomocí programu Nosník .....	32
7	Kontrola konstrukce analytickou metodou .....	33
7.1.1	Podmínky rovnováhy pro nosník P .....	34
7.1.2	Podmínky rovnováhy pro nosník Q .....	34
7.1.3	Podmínky rovnováhy pro nosník R .....	34
7.2	Napětí stanovené v místě spojení epu .....	36
7.3	Kontrola průřezu píkvy Q [15] .....	36
7.4	Kontrola svarového spoje píkvy Q [15] .....	37
8	Pevnostní výpočet rámu pomocí analýzy MKP .....	39
8.1	Úvod k řešení pevnostního výpočtu .....	39
8.2	Diskretizace modelu .....	40
8.3	Materiál .....	41
8.4	Okrajové podmínky .....	41
8.5	Kontaktní prvky .....	41
8.6	Zatížení .....	42
8.7	Výsledky .....	44
8.7.1	V klidové poloze .....	44
8.7.2	Podpěrou pomocí hydromotoru .....	47
8.7.3	Podpěrou pomocí vzpěr .....	51
8.8	Vyhodnocení úlohy .....	55
9	Bezpevnostní prvky konstrukce .....	55
10	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	57
11	Závěr .....	58
12	Seznam literatury a informačních zdrojů .....	59
12.1	Knifní publikace .....	59
12.2	Publikace na internetu .....	59
13	Seznam obrazové přílohy .....	61
14	Seznam tabulek .....	63
15	Seznam příloh .....	63
16	Výkresová dokumentace .....	63



## SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK A SYMBOL

[l]í litr

[CNC]í Computer Numerical Control

[NC]í Numerical control

[mm]í Milimetr

[kg]í Kilogram

[°]í Stupn celsia

[MPa]í Mega Pascal

MKPí Metoda kone ných prvk

Z<sub>m</sub>...Vzdálenost t ři-t od sty né plochy pro malý kontejner

Z<sub>s</sub>...Vzdálenost t ři-t od sty né plochy pro st ední kontejner

Z<sub>v</sub>...Vzdálenost t ři-t od sty né plochy pro velký kontejner

l...Rozte mezi op rnými plochami

L<sub>P</sub>...Celková vzdálenost nosné p í ky P

L<sub>Q</sub>...Celková vzdálenost nosné p í ky Q

F<sub>M</sub>...Velikost zát řné síly vzniklé od malého kontejneru

F<sub>S</sub>...Velikost zát řné síly vzniklé od st edního kontejneru

F<sub>V</sub>...Velikost zát řné síly vzniklé od velkého kontejneru

R<sub>py<sub>M</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku malého kontejneru s nosnou p í kou P

R<sub>py<sub>S</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku st edního kontejneru s nosnou p í kou P

R<sub>py<sub>V</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku velkého kontejneru s nosnou p í kou P

R<sub>qy<sub>M</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku malého kontejneru s nosnou p í kou Q

R<sub>qy<sub>S</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku st edního kontejneru s nosnou p í kou Q

R<sub>qy<sub>V</sub></sub>...Reak ní ú inek vzniklý v míst styku velkého kontejneru s nosnou p í kou Q

l<sub>p</sub>...Tř ka spodního profilu v-ech typ kontejner

q<sub>PM</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem malého kontejneru a nosnou p í kou P

q<sub>PS</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem st edního kontejneru a nosnou p í kou P

q<sub>PV</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem velkého kontejneru a nosnou p í kou P

q<sub>QM</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem malého kontejneru a nosnou p í kou Q

q<sub>QS</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem st edního kontejneru a nosnou p í kou Q

q<sub>QV</sub>...Spojité obtíření mezi spodním profilem velkého kontejneru a nosnou p í kou Q

R<sub>ay</sub>...Reak ní ú inek v míst propojení nosné p í ky P a levého bo ního nosníku

R<sub>by</sub>...Reak ní ú inek v míst propojení nosné p í ky P a pravého bo ního nosníku

x<sub>i</sub>...Vzdálenosti od levé strany nosné p í ky k st edu spodních profil kontejner

R<sub>cy</sub>...Reak ní ú inek v míst propojení nosné p í ky Q a levého bo ního nosníku

$R_{dy}$ ...Reakční úinek v místě propojení nosné p í ky Q a pravého bo ního nosníku  
 $R_{ey}$ ...Reakční úinek v levé ásti bo ního nosníku  
 $R_{fy}$ ...Reakční úinek v pravé ásti bo ního nosníku  
 $D_F$ ...Smykové nap tí epu  
 $R_{fy}$ ...P sobící silový úinek  
 $t_1$ ...Tlouška desky oto ného rámu  
 $t_2$ ...Tlouška kostky spodního rámu  
 $d$  ...Průměr epu  
 $p_1$ ...Tlak v desce oto ného rámu  
 $p_2$ ...Tlak v kostce spodního rámu  
 $s_1$   $l_{T1}$  Délka tupého svarového spoje nosné p í ky P  
 $l_{T1}$  Délka tupého svarového spoje nosné p í ky P  
 $M_{d1}$  Moment p sobící ve st edu nosné p í ky P  
 $M_{d1,2}$  Moment p sobící na kraji nosné p í ky P  
 $\sigma_{T1}$  Nap tí p sobící v místě tupého svaru nosné p í ky P  
 $\alpha_1$   $l_{K1}$  Délka koutového svarového spoje nosné p í ky P  
 $l_{K1}$  Délka koutového svarového spoje nosné p í ky P  
 $W_{o1}$  Kvadratický modul pr ezu v ohybu koutového svarového spoje nosné p í ky P  
 $\sigma_{K1}$  Smykové nap tí p sobící v místě koutového svarového spoje nosné p í ky P  
 $\sigma_{oK1}$  Ohybové nap tí p sobící v místě koutového svarového spoje nosné p í ky P  
 $\sigma_{KRed1}$  Redukované nap tí p sobící v místě koutového svarového spoje nosné p í ky P

## Úvod

Diplomovou práci zadala společnost HP Kovo tools s.r.o. a je zaměřena na odluštění chladicí kapaliny. Toto zařízení slouží k úplnému vyprázdnění chladicí kapaliny z kontejnerů, které obsahují třískový odpad a chladicí kapalinu. Práce je zaměřena na návrh rámu a pohonu pro vykonání hlavní funkce tohoto přípravku. Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Cílem práce je tedy zkonstruovat takový produkt, který bude vyhovovat kladeným požadavkům. V teoretické části práce jsou zobrazeny prvky, které se uplatňují v oblasti odpadového hospodářství v průmyslových podnicích. Dále jsou zde uvedeny informace o zadavateli projektu diplomové práce. V praktické části je pak prostor pro nalezení optimální varianty řešení. K tomu je nutné provést analýzu zadaných parametrů, pomocí kterých bude provedeno porovnání navržených variant. Dosazenými výsledky z tohoto porovnání bude získána optimální varianta, která bude podrobněji navržena. Nutností v této části je tedy zhotovení 3D modelu přípravku. Takto navržený produkt musí ve všech ohledech vyhovovat zadavateli projektu.

# Teoretická část

# 1 Odpadové hospodářství v podniku

## 1.1 Úvod

V každém podniku je jasná snaha co nejvíce ušetřit náklady vynaložené při výrobě produktu. Proto je tato kapitola zaměřena na typy práce, které nemají za úkol primární podíl na zhotovení produktu, ale jsou nutné v životním cyklu výrobce produktu.

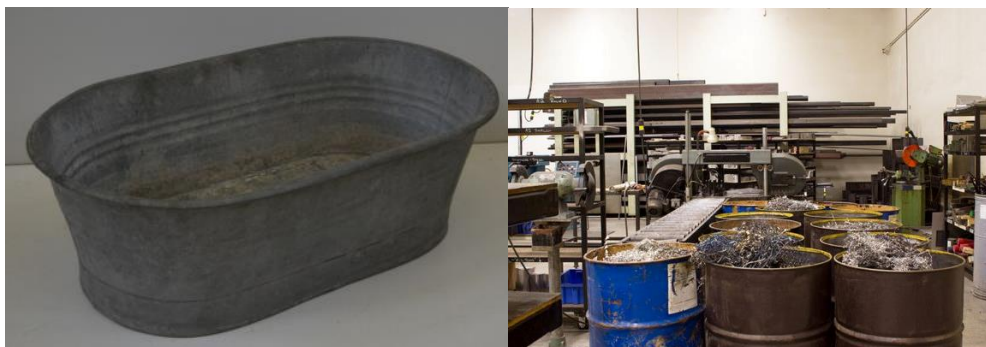
Jeden z hlavních aspektů je přeprava a nakládání s odpady, která se dá rozdělit na interní a externí. Do interní dopravy patří: doprava polotovárů do výrobní haly, přeprava jednotlivých dílců mezi výrobními stanicemi, doprava dílců do skladu. Jako externí dopravu lze brát přepravu produktu do prodejny nebo přímo k zákazníkovi. Ukazuje se, že přeprava dílců je jedním z největších nevýrobních záležitostí kladených na podnik.

Obrábací procesy produkují celou řadu potenciálně cenných odpadů: kovové třísky a třísky nebo zbytky plechů po odlínání a vysekávání. Proto, aby byl odpad co nejdokonaleji zflitkován a přinesl zprůměrované maximální množství peněz, je třeba jej efektivně zpracovat. Společnost Nederman<sup>1</sup> je maximalizovat profit z kovového odpadu a snížit cenu za nakládání s ním. Hlavním záměrem, jak zvýšit hodnotu kovového odpadu je zejména zbavit ho příměsí jiných kovů, chladicích kapalin a emulzí, samozřejmě také minimalizovat jeho objem tak, aby se co nejvíce snížily náklady na jeho dopravu. [1]

## 1.2 Kontejnery na odpad

V této části práce je představeno několik variant řešení způsobů skladování třískového odpadu. Mezi priority, které zlepšují hospodárnost, při zpracovávání odpadu patří zejména fakt, na jak vysoké úrovni jsou řešení tyto přepravní kontejnery.

Jednou z elementárních variant řešení přepravy pro odpad jsou plechové sudy nebo plechové vaničky. Hlavní výhodou této varianty spočívá v její cenové dostupnosti. Naopak velkou nevýhodou je nečistota, respektive fládná, možnost oddělení chladicího média od třískového odpadu. Další poměrně velkou nevýhodou je složitý způsob přepravy těchto kontejnerů. Velmi složitá a nepraktická je rovněž vyprázdnění nádob při dosazení jejich naplnění. Pro tyto problémy jsou níže uvedeny reálné produkty.



Obr. 1: Plechové sudy a přepravní kontejnery [2], [3]

<sup>1</sup>Jedná se o společnost, která se zabývá zpracováním a recyklací toků výrobních odpadů. Jejich produkty pro nakládání s odpady budou dále zobrazeny.

Pokročilejší variantu nádob na kovový odpad představují výklopné kontejnery. Výhodou tohoto typu nádob je široká nabídka na trhu, umožňující si vybrat vhodnou variantu, která bude přesně vyhovovat přímo pro daný podnik. Pokud se zaměříme na jednu z nejvýhodnějších výhod, tak je to bezesporu v její kapacita, spolu se zachováním jednoduché struktury při opravě. Velkým kladem jsou rovněž nosníky umístěné pod nádobou pro snadnou přepravu pomocí vysokozdvizného vozíku.

Jednoduchý odvod chladicí kapaliny, která je smíchána s tiskovým obsahem, zajišťuje na boční části kontejneru kohout pro vypouštění kapaliny z nádoby. K hrubému oddělení tiskového odpadu od kapaliny slouží péřka se sítí, která je umístěna nad dnem nádoby a lze ji velice jednoduše demontovat. Tato varianta je nejpoužívanější z tohoto typu nádob.



Obr. 2: Výklopný kontejner s dvojitým dnem [4]

Tyto nádoby se v praxi používají v kombinaci s dopravníky umístěnými pod pracovními prostory obráběcích strojů, čímž je dosažena automatizace plnění nádob. Přes všechny klady této varianty je nutné zmínit také nevýhodu, jíž je nutnost přepravit kontejner k centrální nádobě na chladicí kapalinu, kde teprve proběhne její vypouštění pomocí kohoutu. Pro pořádek zcela suchého prostoru uvnitř kontejneru je nutné při vyprázdnění kapaliny naklonit celý kontejner pod úhlem 20 až 30°. Tato potřeba velmi ztěžuje vyprázdnění těchto přepravovacích boxů. Pro snadné vysypání tiskového odpadu jsou tyto kontejnery opatřeny systémem otočného okna, okolo kterého se celý úložný box otočí o 90°.

### 1.3 Profitabilní řešení recyklace

Pod tímto pojmem se ukrývá chytré nakládání s odpady v moderním podniku. Za pomoci těchto prostředků lze dojít k nižším ztrátám kapalných médií, menším skladovacím prostorům a úspore ekonomických prostředků.

### 1.3.1 Drtiče

Drtiče slouží pro úpravu rozmn velkých kovových –pon na jednu velikost. Tato úprava je nezbytná pro další produkty, které slouží k vyší efektivitě recyklace. Další výhodou tohoto zařízení je zmenění objemu kovového odpadu díky rozm ln ní. Drtiče jsou vhodné pro celou řadu materiálů. Z oblasti kovů to jsou všechny typy železa a oceli s mezí pevnosti v tahu pod  $1200 \text{ N/mm}^2$ . [5]



Obr. 3: Drtič štěpek, –pon a drát [5]

### 1.3.2 Odstředivky

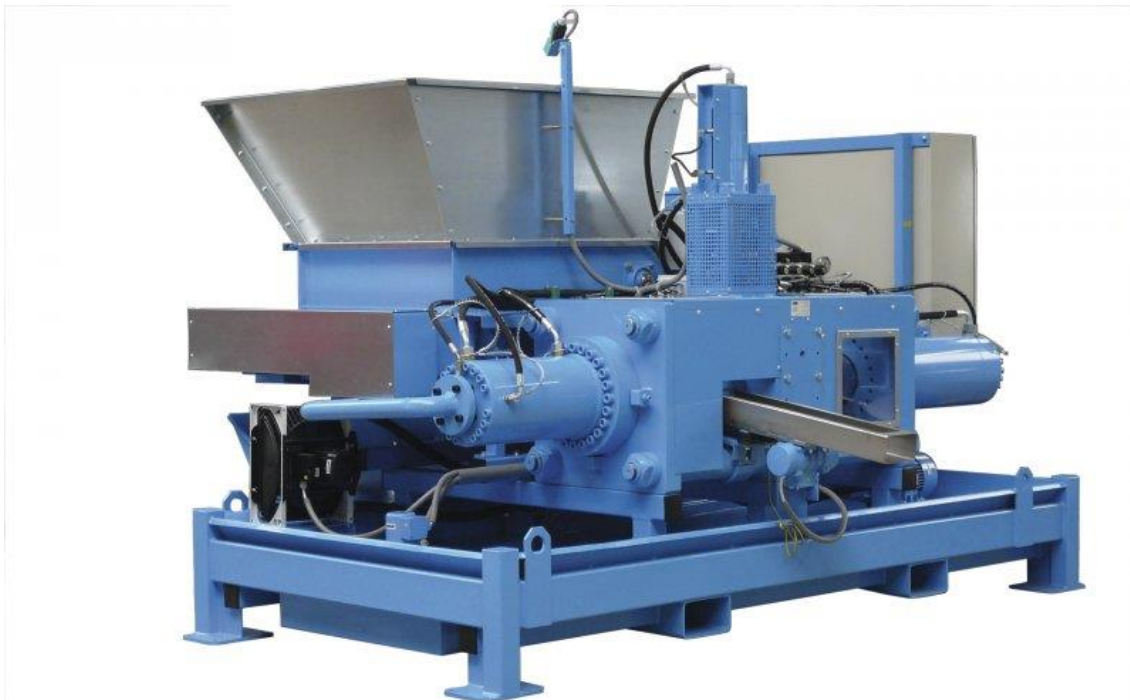
Tento produkt se využívá k oddělení chladicích i mazných kapalin od pevného kovového odpadu. Odpad je přiváděn do středního válce kde za působení vysokých otáček dojde k natlačení materiálů na stěny válce, které jsou opatřeny sítí. Tudy skrz stěny válce se proseje pouze kapalné médium a pevný odpad je odveden horní částí válce pry. [6]



Obr. 4: Odstředivá zařízení kovového odpadu [6]

### 1.3.3 Briketovací lisy

Tyto stroje jsou určeny pro lisování kovových třísek z obrábění litiny, oceli nebo jiných kovů. Technologie briketování využívá mechanických a chemických vlastností materiálů, které se použitím vysokotlakého lisování zhutní do zhutněných celků bez přísady pojiva. Kovové třísky pod tlakem nad mezí pevnosti mají svůj tvar a mechanickým zaklíněním jednotlivých částic vytváří kompaktní hmotu. Takto vytvořený odpad lze prodat za výhodnější cenu. Návrhová investice tak může být kratší než u optimálních místních podmínek. [7]



Obr. 5: Briketovací lis [7]

### 1.3.4 Dopravníky

Za pomoci dopravníků jsou špony, dráty a kovové odpady transportovány do přepravovacích kontejnerů i do centrálního zařízení pro zpracování odpadů. Je tedy bezesporu jedním z nejdělejších přepravovacích produktů. Lze je využít pro přepravu ocelových dlouhých a silných plechů, kovových třísek a špon, jakož i kovového roztoku. Je vyráběn v nejrozličnějších variantách, a tudíž se dá prohlásit, že jde o velmi flexibilní produkt. [8]





Obr. 6: Ocelový dopravník [8]

#### 1.4 Doprava třískového odpadu v dané firmě

Pro možnost zhodnotit úpravu stávajícího procesu odpadového hospodářství u zadavatele zakázky, byl vypracován dotazník s důležitými parametry z oblasti odpadového hospodářství v podniku. Důležitostí tohoto dotazníku spočívá v pohlednosti důležitých parametrů pro výběr ideální úpravy a lze říci varianty pro úpravku pro odloučení chladicí kapaliny od kovového odpadu.

Dosavadní způsob vyprazdňování kontejnerů stál na pomoci vysokozdvíhacího vozu, který vyprazdňuje po jednom kontejneru nad 1000 l nádrží. Dodavatel kontejnerů je společnost Broxtec s.r.o. Odvozcem kontejnerů je společnost Kotex.

Tabulka 1: Počet kontejnerů v podniku

Druh	Malé	Střední	Velké
n = Počet	10	10	11
Litr kap. [l]	2	4	8

Tabulka 2: Přehled hodnot hmotností odpadu za čas

Druh odpadu	Hliník
Množství [kg] za [m síc]	1500
Množství [kg] za [rok]	18000

Kolik tun chladicí kapaliny produkuje: 1000 [l] (období: 14 dní)

Kolik tun chladicí kapaliny produkuje: 26000 [l] (období: rok)

Druhy třískového odpadu: Al, Fe, Sm a Fe+Al

Počet strojů produkujících třískový odpad: CNC 620 (nádrží 300 [l], NC 68nádrží 150 [l])

Chladicí kapalina se vyměňuje každý přibližně 1 rok. (celý objem)

Uvedené hmotnosti odpadu za jednotky času představují veškeré odpady daného podniku. Mezi tyto odpady patří třísky z obrábění. Dále zbytkový materiál, který vzniká při zpracování polotovaru na délkový rozměr. Z tohoto hlediska je patrné, že hodnoty hmotnosti třískového odpadu jsou poměrně nízké, méně než 50 %.

## 2 O společnosti HP Kovo tools s.r.o.

Firma HP Kovo tools vznikla v roce 1995 a orientuje se od počátku na zakázkové obrábění. Firma se zaměřuje především na výrobu přípravků a dalších komponent pro automobilový, potravinářský, dlevozpracující a zdravotnický průmysl. V současné době se zaměřujeme zejména na výrobu výměnných vložek do ohýbačků trubek (wiper-die a mandrely). Dále vyrábíme různé typy přípravků pro zjištění tloušťky a přesnosti výfukových potrubí, vrtací přípravky, svařovací, kontrolní a specifické přípravky, podle požadavků zákazníka.

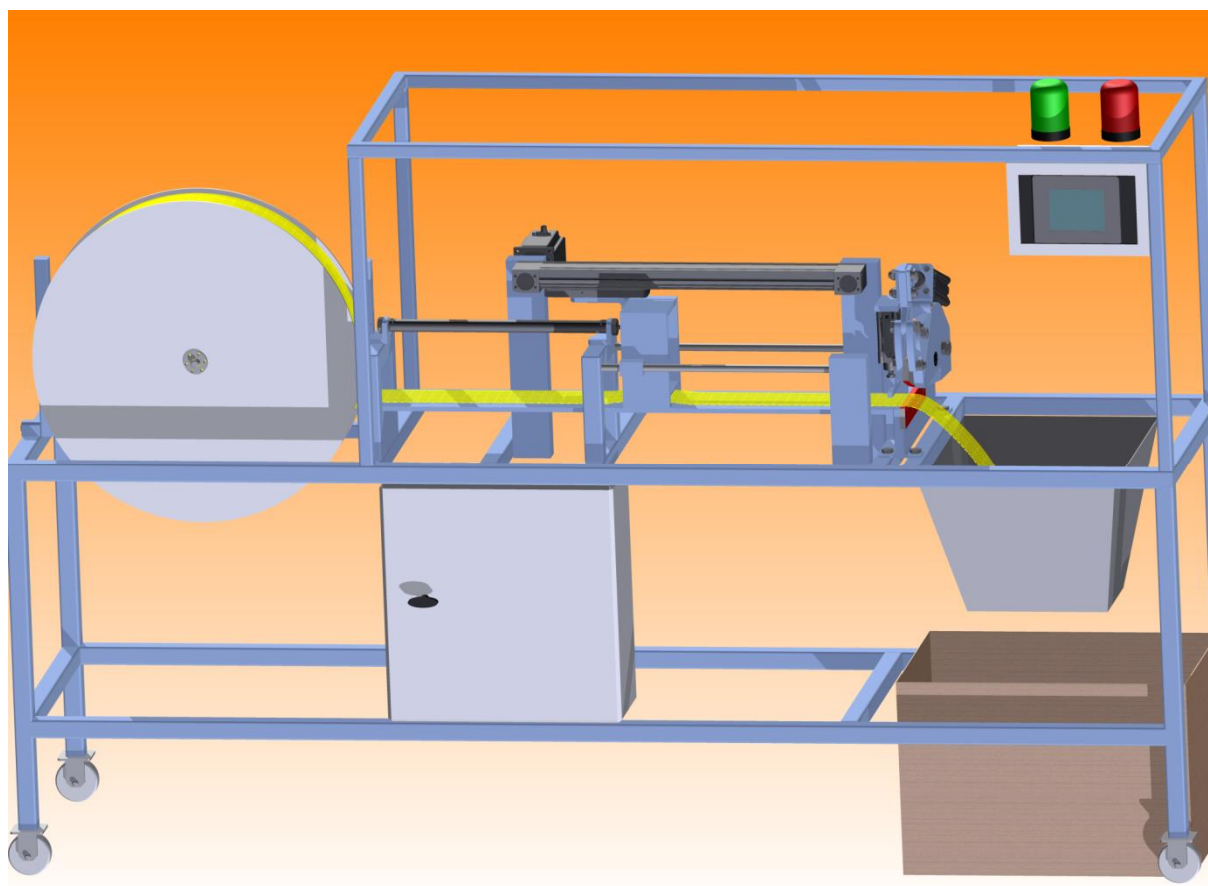
Vzhledem ke zkušenostem, získaných při spolupráci s jejich partnery, je tato firma schopna dodávat ve velmi krátkých lhůtách výrobky, které přesně vyhovují požadavkům zákazníka. Mezi přesnostmi firmy patří návrh vlastní konstrukce, dle vizí zákazníka včetně pneumatického a elektrického vybavení. Vlastní výrobu realizují konvenčními a CNC obráběcími stroji. Jejich produkce nejlépe ilustruje následující ukázkový výrobek.



Obr. 7: Upínací přípravek



Obr. 8: Přípravek na kontrolu a osazení výfuku



Obr. 9: Středová řídicí pult

Nejvýznamnější zákazníci: BOSAL R s.r.o. Brandýs nad Labem; BOSAL Belgie Lummen, VDO SIEMENS R s.r.o. Brandýs nad Labem; MADETA a.s. závod Planá nad Lužnicí; HILTY R s.r.o. Praha; ADVANCE TECHNOLOGY SRN Gernsbach; VSP UNISTROJ Planá nad Lužnicí; INSOLAR s.r.o. Sezimovo Ústí.

## **Praktická část**

### 3 Úvod

V praktické části práce je vynaloven prostor k seznámení s navrženými variantami konstrukce přípravku, které budou splňovat kladené požadavky. Jednotlivé varianty budou ohodnoceny pomocí porovnávacích parametrů a na základě porovnání jednotlivých parametrů bude vybrána optimální varianta pro zadané parametry. Takto vybraná varianta bude dále zpracována podrobným návrhem. Tento návrh bude zahrnovat návrh jednotlivých dílů, seznam použitých součástí a v neposlední řadě zhodnocení dosažených výsledků oproti povodnímu řešení.

#### 3.1 Dopravní kontejnery

Dopravní kontejner je využíván pro skladování a přepravu vyprodukovaného kovového odpadu z obráběcího procesu. V daném podniku jsou využity tři různé velikosti přepravních kontejnerů. Pro jednotné názvosloví byli pojmenováni dle jejich velikosti (malý, střední a velký). Následná tabulka s rozměry daných kontejnerů slouží pro přehlednost těchto parametrů.

Tabulka 3: Typy kontejnerů

Typ kontejneru	Šířka [mm]	Rozteč mezi koly [mm]	Průměr kol [mm]	Vlastní váha [kg]	Nosnost [kg]
Malý	490	1080	100	95	500
Střední	680	1080	200	130	690
Velký	1070	1080	200	150	800

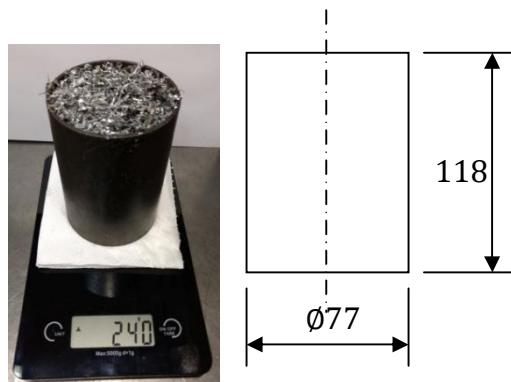
Na základě výše uvedených hodnot parametrů kontejnerů lze nalézt určité podobnosti jednotlivých typů kontejnerů. Jednou podobností je jednotný rozměr rozteče mezi osami kol kontejnerů. Pro střední a velký kontejner platí stejný rozměr pojezdových kol. Na detailním pohledu níže je zobrazen celkový náhled na kontejner bez pojezdových kol.



Obr. 10: Výklopný kontejner [4]

### 3.2 Výpočet hmotnosti tělísek

Pro stanovení hmotnosti tělískového odpadu bylo nutné experimentální stanovení hmotnosti. Pro správnost měření byl vzorek měřen několikrát nezávisle na sebe. Tím byla dosažena správně získaná střední hodnota hmotnosti tělískového odpadu, která je dále využita při stanovení hmotností jednotlivých kontejnerů.



Obr. 11: Měřený vzorek hliníkových tělísek

Tabulka 4: Hmotnosti vzorků

číslo vzorku	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4
Hmotnost [g]	240	244	237	242

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{p} = \frac{240 + 244 + 237 + 242}{4} = 240,75 \text{ [g]}$$

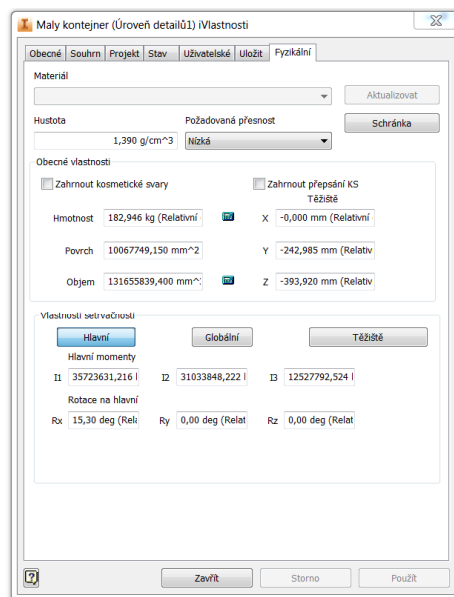
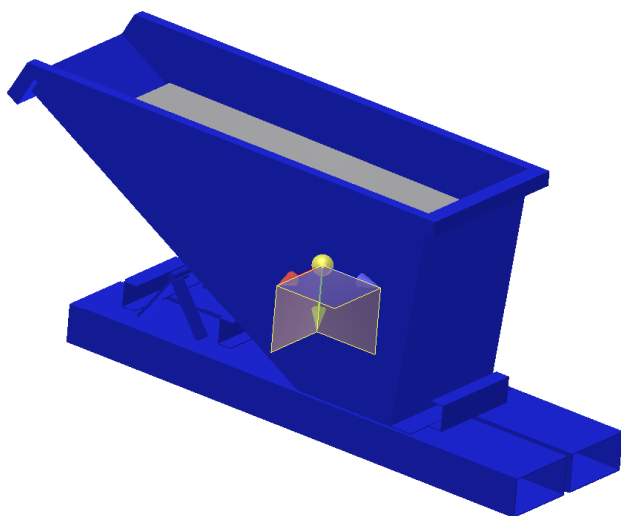
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot 0,077^2}{4} \cdot 0,118 = 5,495 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]}$$

Výpočet hustoty měřeného objektu:

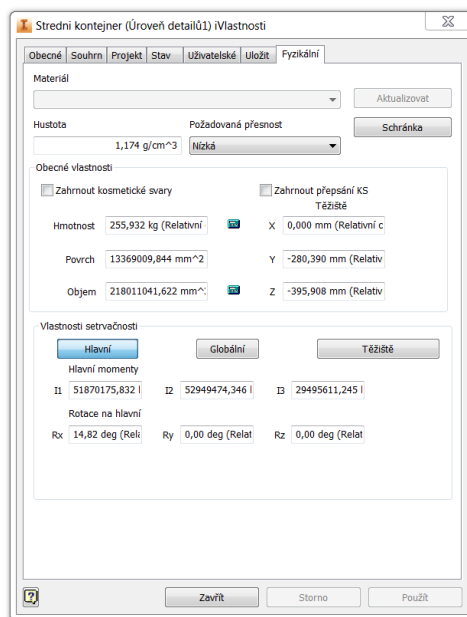
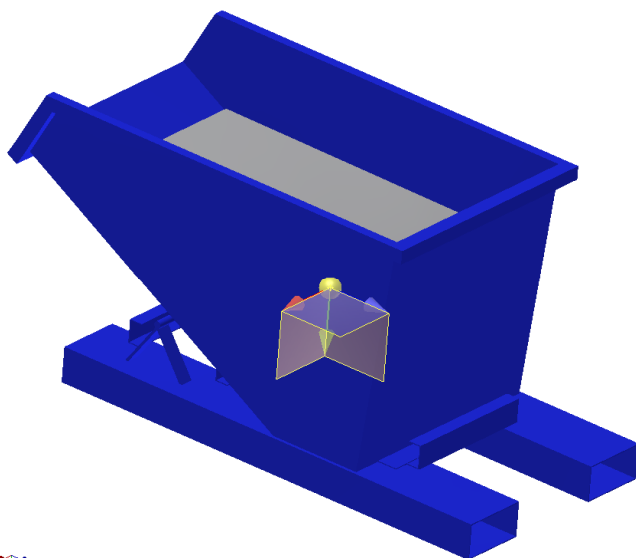
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,24075}{5,495 \cdot 10^{-6}} = 438,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Stanovená hustota hliníkového tělískového odpadu poslouží pro správnou definici materiálu ve 3D modelu kontejneru. Z tohoto modelu bude možné odečíst gravitační sílu, kterou bude vyvozovat jednotlivý typ kontejneru. Dále lze zjistit velikost této síly. Tyto zjištěné hodnoty poslouží pro analytický a následný MKP výpočet částí rámu.

### 3.3 Tíhové a hmotnostní kontejner

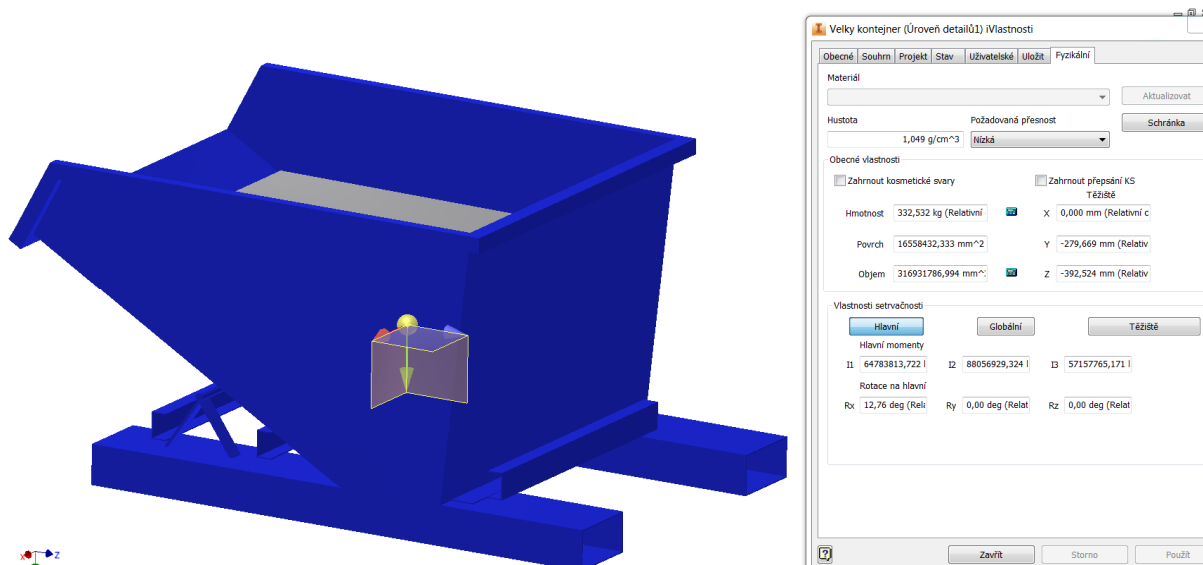


Obr. 12: Tíhové a váha malého kontejneru



Obr. 13: Tíhové a váha středního kontejneru





Obr. 14: Třída a váha velkého kontejneru

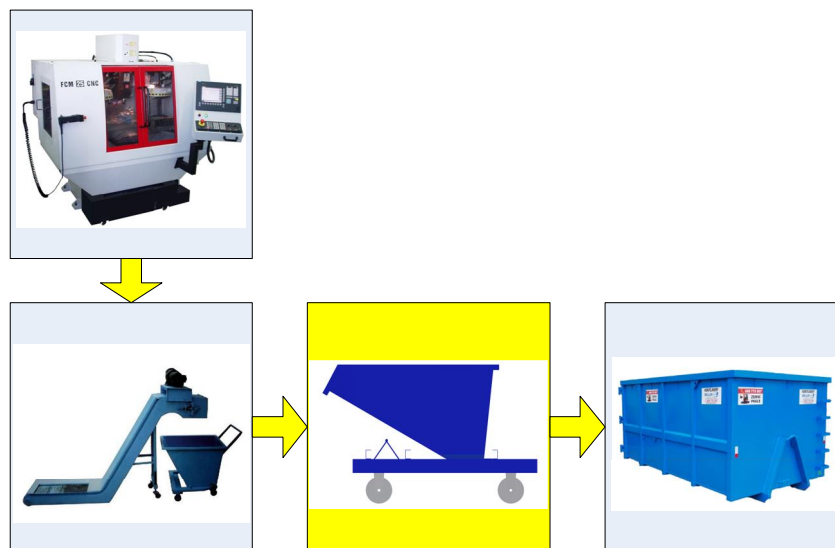
Tabulka 5: Tabulka s parametry kontejner

Typ kontejneru	Malý	Střední	Velký
Kóta Z	Z1	Z2	Z3
Hodnota Z [mm]	308	310	313
Hmotnost [kg]	183	256	333

Tyto hodnoty byly odečteny pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2017<sup>2</sup>. Pro přehlednost jsou uvedeny hodnoty třídy a vah jednotlivých kontejnerů. Kóta Z představuje vzdálenost mezi polohou třídy kontejneru a pracovní plochou píky se zadním kolem kontejneru.

<sup>2</sup> Jedná se o software, který nabízí v základním balíku nástroj pro tvorbu 3D návrhů, jejich dokumentaci a simulaci.

### 3.4 Zařízení kontejneru v odpadovém hospodářství podniku



Obr. 15: Diagram zařazení kontejneru v pracovním procesu [9]

Výše uvedené schéma znázorňuje zařazení kontejneru do pracovního prostředí podniku. Návrh je zobrazen jako využití pro opravu, i ke krátkodobému skladování odpadu. Před opravou a následným vyprázdněním obsahu kontejneru je nutné odstranit zbytkové chladicí kapalné médium.

Kapalné médium je obsažené ve zbytku kovového odpadu. Kontejnery jsou vybaveny péřičkou, která oddělí v tůči kovového odpadu od kapalného. Kapalné médium lze následně vypustit pomocí kohoutu umístěného ve spodní pravé části nádoby. Pro úplné vyprázdnění kapalné složky je nutné celý kontejner naklopit o úhel 20 až 30 [°]. Pro tento účel je zapotřebí vyúfít navrhovanou konstrukci daného přístroje. Postupový diagram vysvětluje postup umístění kontejneru na přístroj. Známkou je tedy detailně vyznačené pole ve výše uvedeném diagramu.

## 4 Návrh provozního transformačního procesu

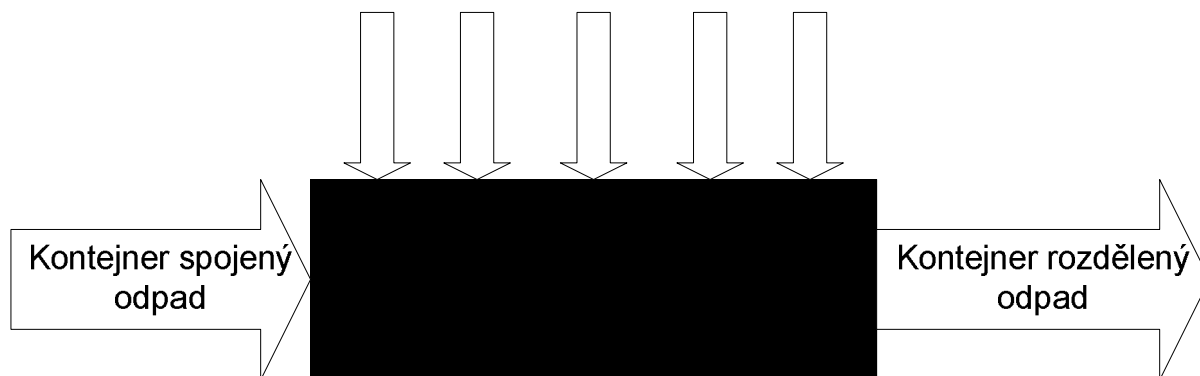
Tento návrh vychází z funkční ský. Funkční ský je nejprve upravena pro návrh technologie provozního transformačního procesu. Následně je tento model užit pro sestavení úplného návrhu provozního transformačního procesu. Účelem tohoto procesu je získání potřebných úloh a funkcí. Cílem je poté jednoznačně přeměnit vstupní stav veličin materiálu, energie a informace. [10]

### 4.1 Specifikace požadavků

Pomocí těchto požadavků bude vytvořen provozní transformační proces. Mezi základní funkční požadavky patří zejména oprava kapaliny do hlavní nádrže a oddělení kapaliny od pevného částicového odpadu. Jako další neméně důležité jsou technické požadavky nutné pro porovnávací analýzu. Mezi ně patří jednoduchá montáž konstrukce, stabilní spojení se zemí, snadná a dobrá přístupnost, bezpečnost stroje a obsluhy.

## 4.2 Černá skříňka

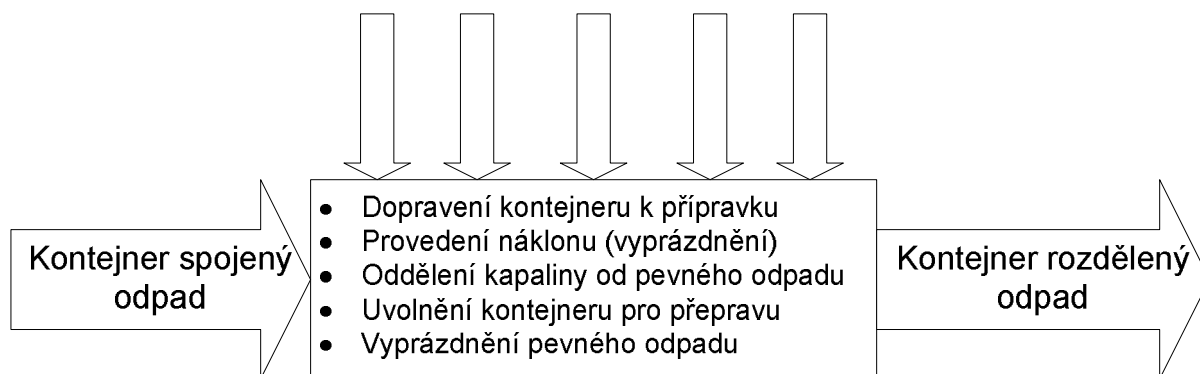
Transformační proces lze vyjádřit pomocí vstupů a výstupů. Tento model umožní seznámení s procesem bez znalosti děje uvnitř procesu. Vstupem je kontejner s kapalným a pevným odpadem a výstupem je rozdělení těchto odpadů. Na tento proces působí i vnější vlivy, které mohou tento proces do značné míry ovlivňovat. [10]



Obr. 16: Blackbox

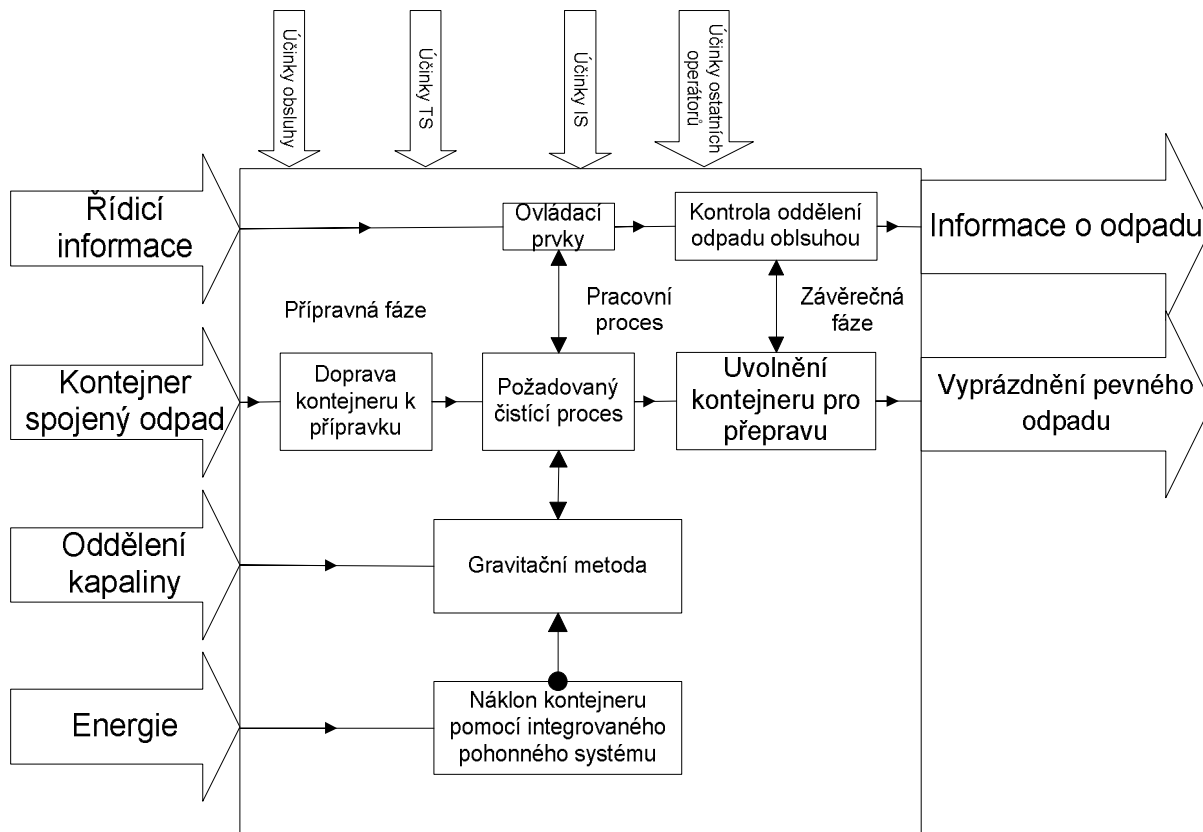
## 4.3 Návrh technologie

Návrh technologie je dalším krokem v návrhu transformačního procesu. Zavádí se podrobnější technologické úkony potřebné pro splnění základní operace, kterou je přeměna na vstupu na výstup.



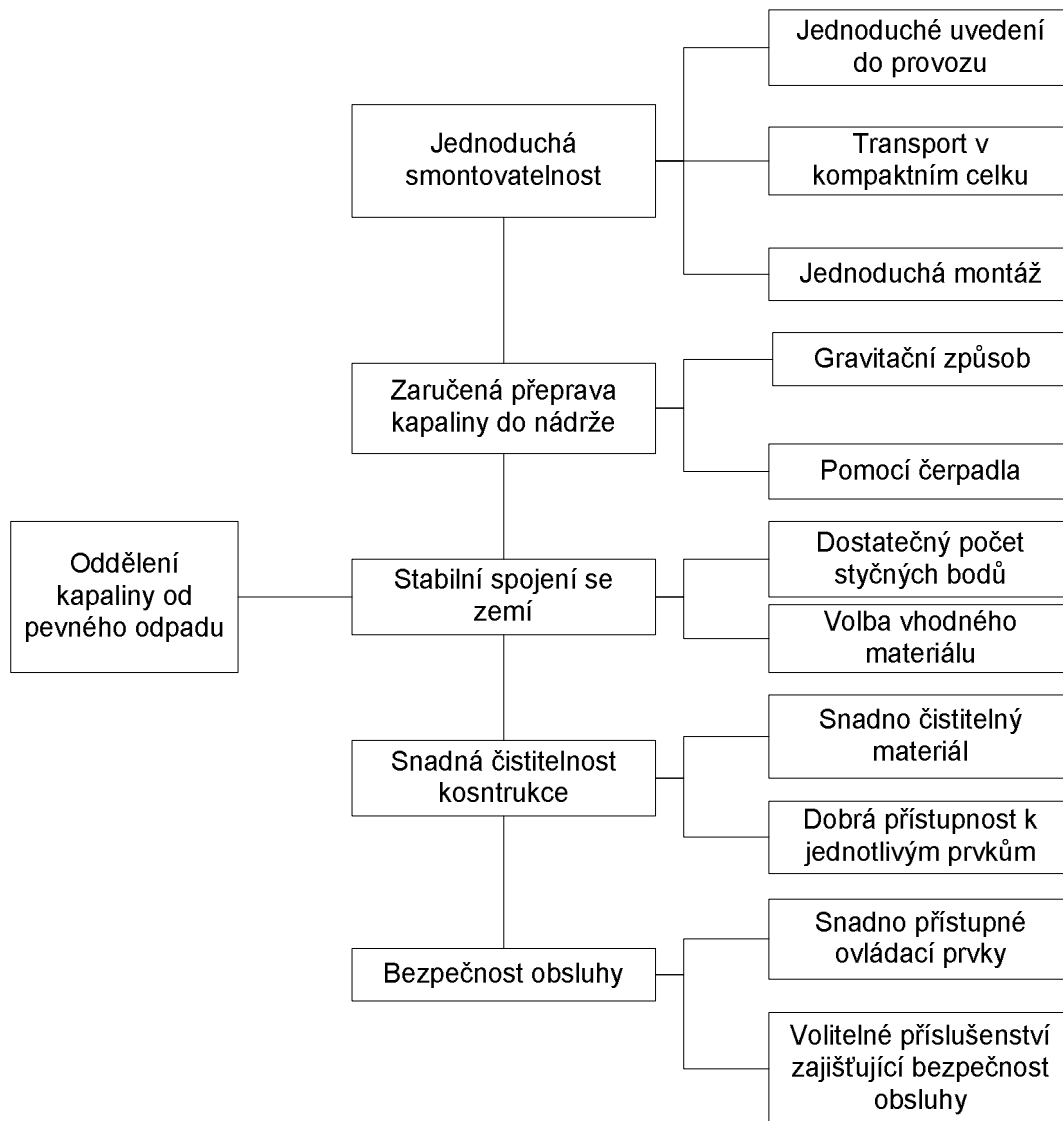
Obr. 17: Návrh technologie

### 4.4 Úplný návrh provozního transformačního procesu



Obr. 18: Úplný návrh provozního transformačního procesu

### 4.5 Návrh funkční struktury



Obr. 19: Návrh funkční struktury

## 4.6 Návrh orgánové struktury

Tabulka 6: Návrh orgánové struktury

Funkce		Funkční principy a odpovídající orgány			
		1	2	3	4
1	Způsob oddělení kapaliny od pevného odpadu	Naklápací rám	Odstředivka	Dopravní pás	
2	Skladovatelnost	Úplné rozložení	částečné rozložení	Nerozebíratelné	
3	Koncepce rámu	Montovaný	Svařený	Litý	Lepený
4	Materiál rámu	Kov	Hliník	Plast	Dřevo
5	Stabilní spojení se zemí	3 Styčné body	4 Styčné body	Plocha	
6	Převrácení kapaliny do nádrže	Gravitační metoda	Pomocí čerpadla		
7	Umístění nádrže	Nad zemí uvnitř stroje	Nad zemí vedle stroje	Pod zemí uvnitř stroje	Pod zemí vedle stroje
8	Ekologické hledisko	Nízké	Střední	Vysoké	
9	Parametrizace	Základní (výška, šířka, délka, úhel)	Všech rozměrů		
10	Vhodná technologie pro výrobu komponent	Tváření	Obrábění		
11	Složitost koncepce	Nízká	Střední	Vysoké	

Vyhodnocení variant (A, B, C, D):

Tabulka 7: Návrh orgánové struktury s vyhodnocením variant

Funkce		Funkční principy a odpovídající orgány			
		1	2	3	4
1	Způsob oddělení kapaliny od pevného odpadu	● Naklápací rám ●	● Odstředivka ●	● Dopravní pás ●	
2	Skladovatelnost	● Úplné ●	● Částečné ●	● Nerozebíratelné ●	
3	Koncepce rámu	● Montovaný ●	● Svařený ●	● Litý ●	● Lepený ●
4	Materiál rámu	● Kov ●	● Hliník ●	● Plast ●	● Dřevo ●
5	Stabilní spojení se zemí	● 3 Styčné body ●	● 4 Styčné body ●	● Plocha ●	
6	Převrácení kapaliny do nádrže	● Gravitace ●	● Čerpadlo ●		
7	Umístění nádrže	● Nad zemí uvnitř stroje ●	● Nad zemí vedle stroje ●	● Pod zemí uvnitř stroje ●	● Pod zemí vedle stroje ●
8	Ekologické hledisko	● Nízké ●	● Střední ●	● Vysoké ●	
9	Parametrizace	● Základní (výška, šířka, délka, úhel) ●	● Všech rozměrů ●		
10	Vhodná technologie pro výrobu komponent	● Tváření ●	● Obrábění ●		
11	Složitost koncepce	● Nízká ●	● Střední ●	● Vysoké ●	

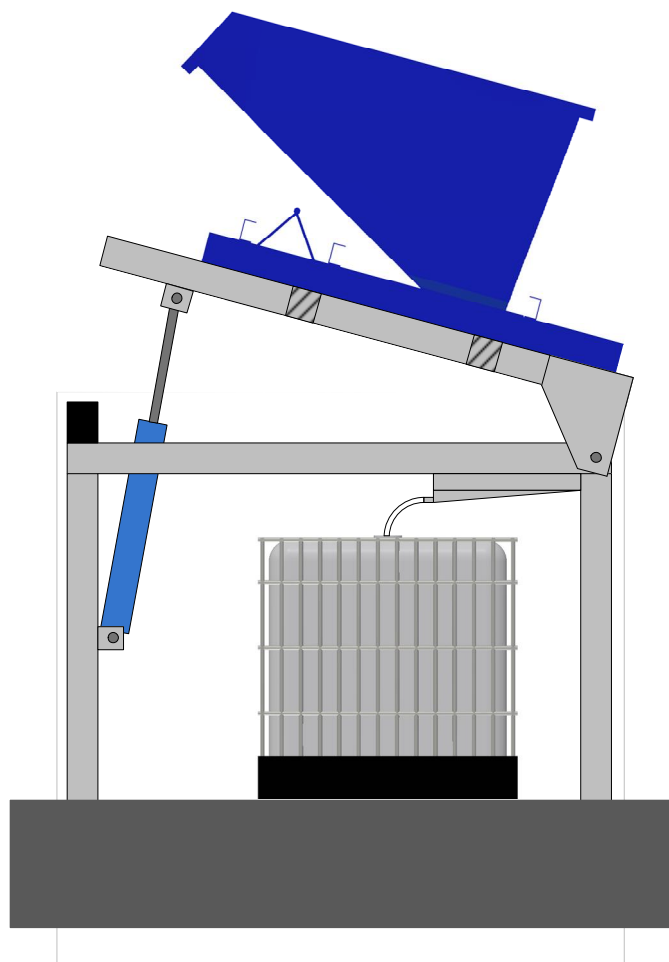
## 4.7 Orgánové struktury jednotlivých variant

Pro přehlednost jsou v této kapitole zobrazeny jednotlivé varianty řešení. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých variant. Pro přehlednost jednotlivých orgánových struktur spočívá v kvalitním vizuálním zpracování.

### 4.7.1 Naklápací rám s pohonem

Jedná se o orgánovou strukturu varianty A. V této variantě je hlavní proces, oddělení chladicí kapaliny od pevného odpadu proveden za pomoci naklápacího rámu. Z kontejneru je kapalina odvedena za pomoci kohoutu umístěného ve spodní části kontejneru. Napojením přívodní hadice je kapalina svedena do plechové nádrže, z které je svedena do normalizované 1000 litrové nádrže.

Velká výhodou této varianty je úspora místa díky umístění svodné nádrže pro kapalinu uvnitř konstrukce stroje. Další výhodou je umístění této nádrže nad podlahu a není tedy nutné provádět úpravu základny. Velkým kladem je užití gravitační síly k odvodu kapaliny. Vzhledem k jednoduché konstrukci lze prohlásit, že je tato varianta dobře realizovatelná. Nevýhodou této varianty je nutnost užití vysokozdvizného vozíku pro umístění kontejneru na přívazek, z toho plyne i možná nebezpečí obsluhy stroje, které je zapotřebí řešit.

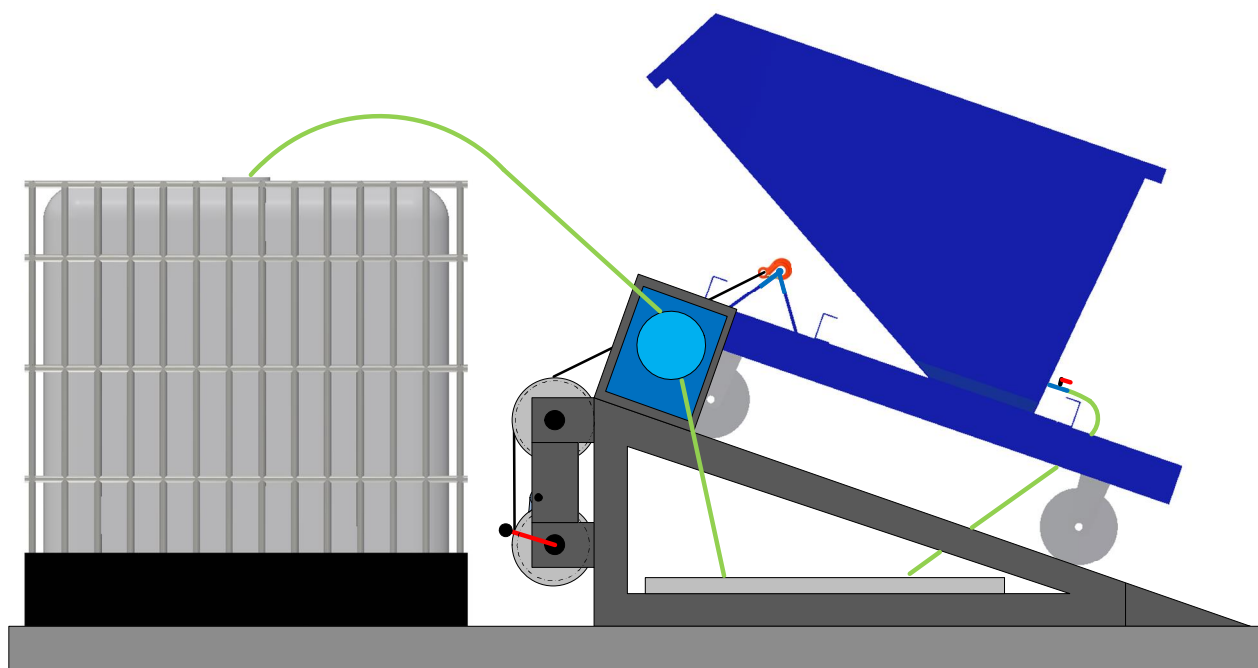


Obr. 20: Otočný rám s pohonem

#### 4.7.2 Náklonný stůl s erpadlem

V této možnosti je zobrazena varianta vyplývající z organové struktury B. Je zde opatřeno naklápací rámeček, avšak je umístěn přímo na podlaze. Nádrž může být buďto zakopaná pod naklápací rám nebo umístěna vedle něj.

Z této skutečnosti vyplývá velká nevýhoda a to sice v této zastavěný prostor této varianty. Výhodou této varianty je umístění kontejneru na přepravku pomocí nájezdové rampy. Pro vyjetí vozíku do pracovní polohy je upraveno navíc zařízením umístěným na zadní části naklápacího rámu.



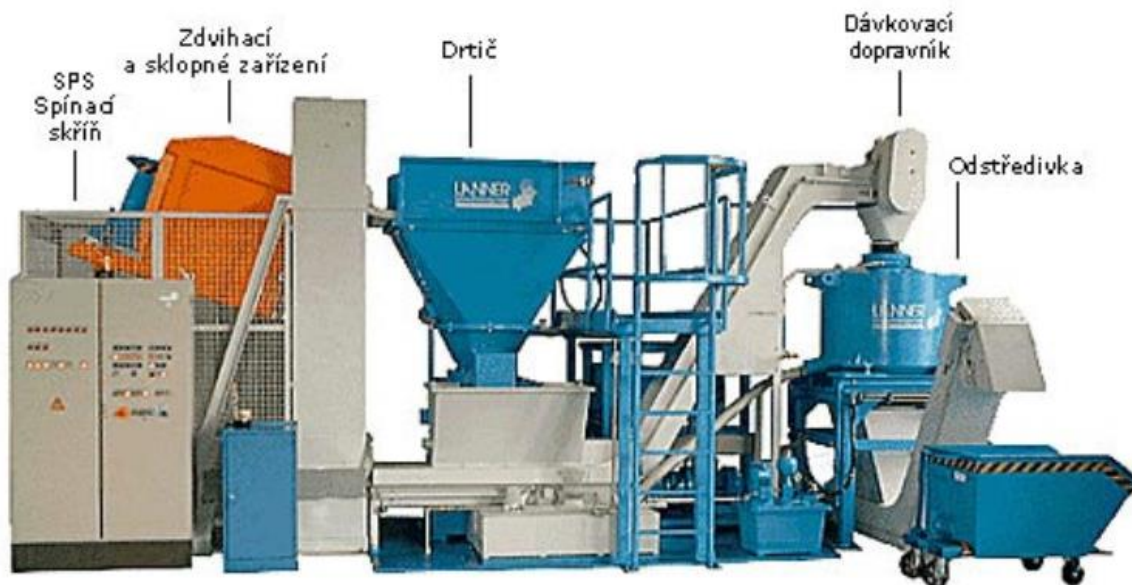
Obr. 21: Náklonný stůl s erpadlem

#### 4.7.3 Ufity odštědivky

Varianta C uplatňuje pro hlavní pracovní proces, odvod chladicí kapaliny, ufití odštědivky. Ta funguje na principu zachytávání a následné filtraci kapalin na obvodu bubny. Na těchto stanicích je za pomoci odštědivé síly odvedena ze stacionárního filtračního bubnu.

Velká nevýhoda této varianty je nutnost ufití zdvihacího zařízení, drtičů a tisků, dávkovacího dopravníku a dopravníku sloufického pro odvod přeefiltrovaného pevného materiálu. Tento fakt má za následek velké provozní i provozní náklady a v neposlední řadě velké skladovací prostory. Složitá je i problémová užitelnost tohoto stroje. Dále je nutné použít erpadlo k přeerpání odvedené kapaliny do normalizované 1000 litrové nádrže. Výhodou této varianty je její rychlost odvodu chladicí kapaliny. Dále pak není nutné ufití vysokozdvizného vozidla.





Obr. 22: Schéma uspořádání varianty s odstředivkou [11]

#### 4.7.4 Tiskový dopravník lánkový

Další následuje varianta D. Z názvu je patrné, že se jedná o tiskový dopravník lánkový. Je nutné, aby byl poufěn v dostatečné délce nebo by mohlo dojít k nedostatečnému odloučení chladicí kapaliny. To by mělo za následek nedodržení hlavního pracovního procesu. Pro zaručené odloučení kapaliny je u této varianty ufito předávného topení, které je umístěno na úzké části dopravníku. Za pomoci tohoto topení dojde k odpaření zbytkové kapaliny. Vzhledem k tomuto faktu je velkou nevýhodou nutnost u této varianty poufěn odsávacího zařízení a to bezpodmínečně pokud by k tomuto procesu docházelo v uzavřených prostorách. Nevýhodou je nutnost ufitěn erpadlo pro svod odloučené kapaliny do normalizované 1000 litrové nádrže.



Obr. 23: Tiskový dopravník s předávným topením [12]

## 4.8 Hodnocení variant

Tabulka 8: Hodnoty vah porovnávacích kritérií variant

Jednotlivá kritéria	Váha daného kritéria (od 1 do 5)
Oddělení kapaliny od pevného odpadu	5
Zastavěný prostor	4
Průprava kapaliny do nádrže	2
Umístění nádrže	4
Ekologické hledisko	3
Výrobní náklady	4

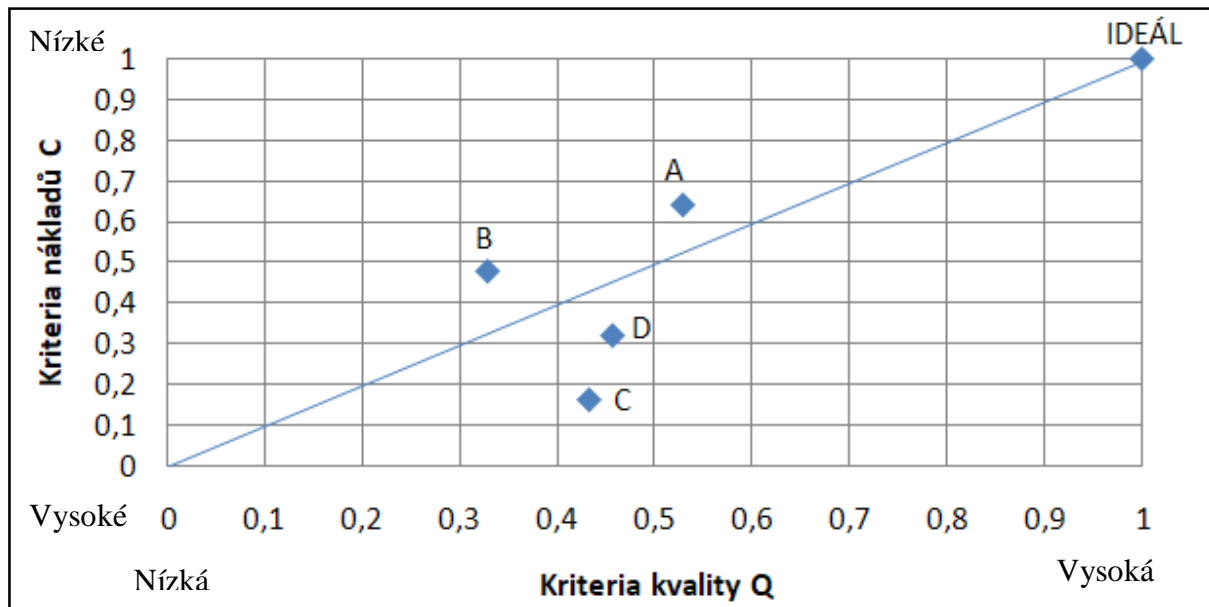
K jednotlivým hodnotícím kritériím byla přidána jejich váha. Hodnota váhy kritéria symbolizuje důležitost daného kritéria. Jako hlavní kritérium všech variant je zastoupeno funkčnost dané varianty. Váhy jednotlivých kritérií byly voleny na základě odborné rozpravy se zadavatelem projektu.

Tedy v tomto případě se jedná o pracovní schopnost oddělit kapalinu (chladicí emulzi) od pevné frakce odpadu. Jako další jsou kritéria zastupující velikost zastavěného prostoru a velikost provozních a izovačích nákladů. Velikostí průpravky lze ovlivnit celkový zastavěný prostor a je možné tedy uspořádat velmi cenné místo pro jiné stroje. Ústířitelnost konstrukce a ekologické zatížení prostředí jsou zastoupeny ekologickým hlediskem. Toto kritérium je závislé na průstupnosti jednotlivých komponent dané varianty. Z tohoto kritéria také vyplývá způsob průpravy kapaliny z kontejneru do centrální nádrže.

Tabulka 9: Hodnocení variant

Varianty		Varianta A		Varianta B		Varianta C		Varianta D		IDEÁL
		Bodový zisk	Pepo teno s váhou	Bodový zisk	Pepo teno s váhou	Bodový zisk	Pepo teno s váhou	Bodový zisk	Pepo teno s váhou	
Kritéria kvality Q	Oddělení kapaliny od pevného odpadu	3	15	3	15	5	25	4	20	25
	Zastavěný prostor	4	16	3	12	1	4	4	16	25
	Úprava kapaliny do nádrže	5	10	2	4	1	2	2	4	25
	Umístění nádrže	4	16	1	4	2	8	2	8	25
	Ekologické hledisko	3	9	2	6	5	15	3	9	25
	Celk. hodnocení	66		41		54		57		125
	Celk. norma hodn.	0,528		0,328		0,432		0,456		1
Kritéria nákladů C	Výrobní náklady	4	16	3	12	1	4	2	8	25
	Celk. hodnocení	16		12		4		8		25
	Celk. norma hodn.	0,64		0,48		0,16		0,32		1
Výsledné pořadí		1		2		4		3		-

#### 4.9 Výběr optimální varianty



Obr. 24: Výběr optimální varianty

Výběr optimální varianty je proveden za pomoci výše uvedeného grafu. Černá linka znázorňuje hranici optimální varianty. Hodnoty nacházející se nad touto linií jsou lépe hodnocené. Bod s názvem ideál odpovídá variantě, která má všechny kritéria ohodnocena plným počtem bodů. Body nacházející se blíže k tomuto bodu jsou lepší variantou.

Z výše uvedeného grafu je patrné, že nejbližší k ideálu má varianta A. Ta svými náklady velmi přibližuje ostatní varianty. Velkou výhodou této varianty je i vyšší hodnota dosažených výsledků z oblasti kvality. Při zohlednění získaných výsledků lze prohlásit variantu A s touto optimální variantou jako variantu výchozí. Dále tedy bude následovat detailní zpracování této varianty.

## 5 Návrh vybrané varianty

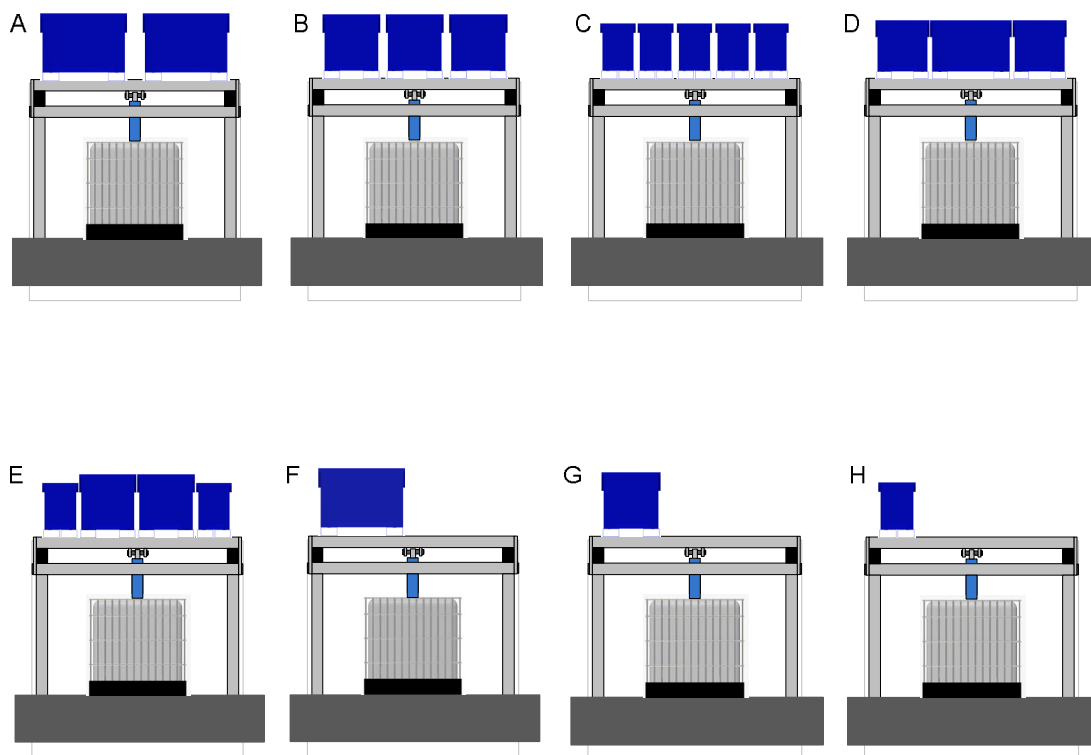
V této fázi práce je již vybraná konkrétní varianta zařízení, která bude podrobně navržena. Postup návrhu musí zahrnovat následující prvky. Jako vstupní data pro správný návrh je nutné znát všechny zatížení stavy, které budou působit na toto zařízení. Z těchto zatíženích stavů bude vybrán zatížení stav kritický, který bude sloužit pro dimenzování částí konstrukce. Dále bude nutné specifikovat okrajové podmínky, kterými bude omezen výpočtový model konstrukce. Hodnoty získané pomocí výpočtového modelu budou sloužit pro návrh exponovaných částí stroje.

Zadané požadavky od zadavatele:

- Náklon kontejnerů o úhel v rozmezí 20 až 30°
- Minimální počet (2) velkých kontejnerů umístěných na přípravku v jeden moment
- Maximální délka přípravku jsou 3 metry
- Maximální výška přípravku jsou 4 metry
- Jednoduché umístění přípravku
- Svod kapaliny z kontejnerů do 1000 litrové nádrže

### 5.1 Rozložení kontejnerů

Pro návrh konstrukce rámu je nutné znát všechny zatížení stavy, kterými bude tato konstrukce namáhána. Je tedy nutné vytvořit všechny kombinace, které vzniknou umístěním 3 různých typů kontejnerů na přípravku. Pro přehlednost jsou tyto kombinace rozděleny na symetrická umístění, která jsou reprezentována písmeny A až E a na nesymetrická umístění kontejnerů F až H.



Obr. 25: Rozložení kontejnerů

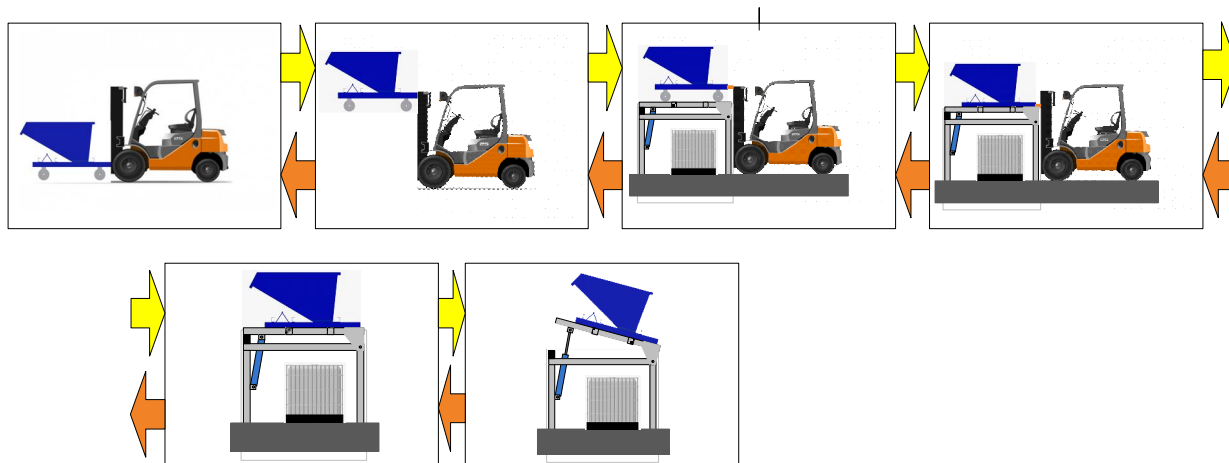
Z výše uvedených rozložení jednotlivých druhů kontejnerů budou určeny zátěžové stavy pro dimenzování rámu a jednotlivých komponent. V následující tabulce jsou zobrazeny počty a váhy kontejnerů, které zatěžují otočný rám.

Tabulka 10: Celkové hmotnosti kontejnerů umístěných na přípravku

Rozložení kontejner	Malé kontejnery (počet)	Váha [kg]	Středních kontejnerů (počet)	Váha [kg]	Velké kontejnery (počet)	Váha [kg]	Celková hmotnost [kg]
Varianta A	0	0	0	0	2	666	666
Varianta B	0	0	3	768	0	0	768
Varianta C	5	915	0	0	0	0	915
Varianta D	0	0	2	512	1	333	845
Varianta E	2	366	2	512	0	0	878
Varianta F	0	0	0	0	1	333	333
Varianta G	0	0	1	256	0	0	256
Varianta H	1	168	0	0	0	0	168

## 5.2 Pracovní postup stroje

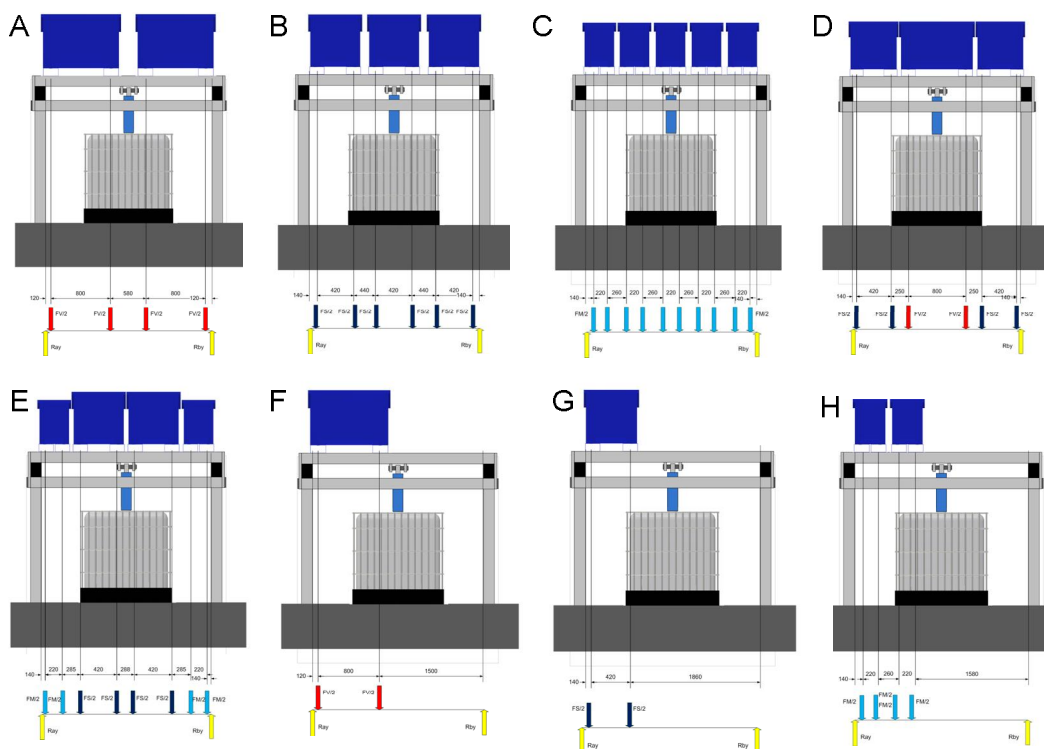
Pracovní postup pro obsluhu tohoto stroje je vysvětlen pomocí schématu, které znázorňuje manipulaci s kontejnerem. První fáze pracovního cyklu je zobrazena žlutými šipkami. V první fázi je kontejner nutné usadit na horní rám stroje pomocí vysokozdvizného vozu. Po usazení všech kontejnerů je pomocí ovládacího nakloněného otočného rámu konstrukce. Druhá fáze pracovního cyklu je zobrazena oranžovými šipkami. Druhá fáze nastává po uplynutí doby nutné pro odloučení kapaliny z kontejnerů, je otočný rám pomocí ovládacího spuštění do horizontální polohy. Poté je možné pomocí vysokozdvizného vozu vyložit kontejnery, které obsahují pouze pevný odpad.



Obr. 26: Schéma znázorňující manipulaci s kontejnerem

## 6 Zátěžné stavy

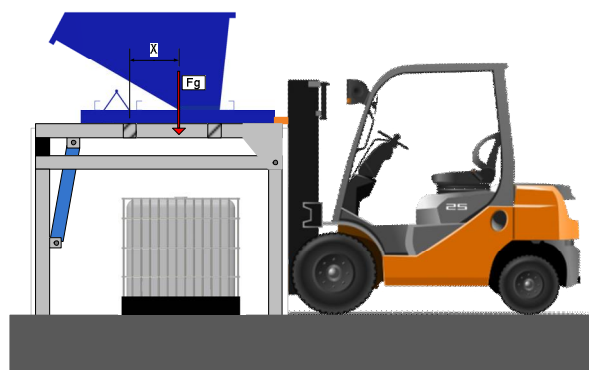
Pro volbu zátěžného stavu, pomocí které bude provedeno dimenzování, je zapotřebí vycházet z namáhání, která budou vznikat při pracovním cyklu. Namáhání, které bude takto vznikat je jediné a to jest statická síla gravitačního typu vzniklá od umístěných kontejnerů. Je zapotřebí vzít v úvahu všechny možné kombinace umístěných kontejnerů na stroj, které mohou při běžném provozu nastat.



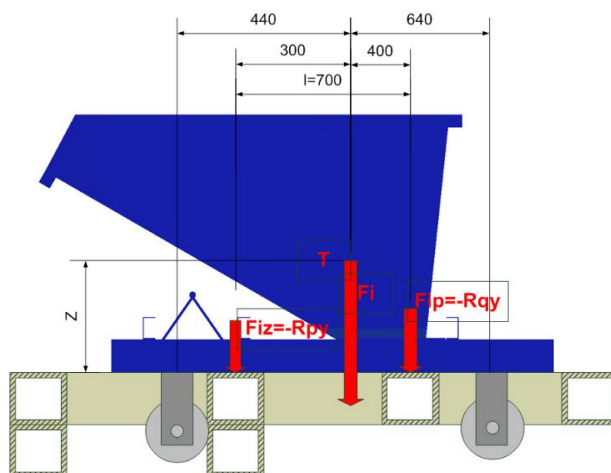
Obr. 27: Zátěžné stavy konstrukce

### 6.1 Rozložení silových účinků

Stanovení spojitých obtížení je provedeno analytickými výpočty. Tyto výpočty jsou provedeny pomocí statických podmínek rovnováhy. Je nutné zjistit reakční účinky, které působí v místech dotyku mezi kontejnery a nosnými prvky P a Q. [13]



Obr. 28: Známkování silových účinků působících na rám



Obr. 29: Rozklad zátěžné síly

Z výše uvedeného uspořádání rozkladu sil, lze získat požadované vstupní zátěžné silové úinky. Velikosti těchto sil lze zjistit z rovnic statické rovnováhy. Rozteč mezi styčnými plochami kontejneru s rámem je  $l=700$  [mm].

Tabulka 11: Výška těžiště kontejneru od styčných ploch

Označení vzdálenosti těžiště $Z$	Vzdálenost $Z$ [mm]	Označení sil	Hmotnosti kontejner [N]
$Z_m$ (Malý)	327	$F_M$	1680
$Z_s$ (Střední)	385	$F_S$	2560
$Z_v$ (Velký)	385	$F_V$	3330

Podmínky rovnováhy pro rozklad sil pro nosné plochy.

$$\sum F_x = 0$$

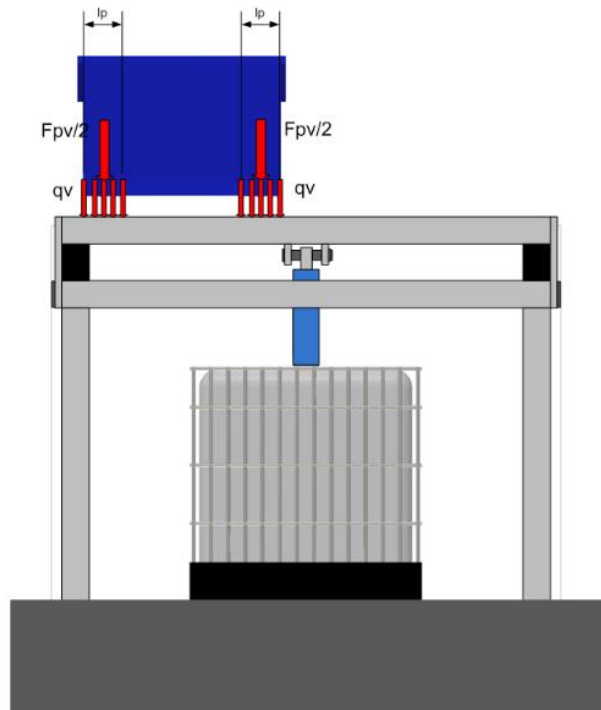
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_M + F_S + F_V - F = 0$$

Tabulka 12: Velikosti reakcí v místech nosných ploch

Označení reakcí v místech podpěr	Rovnice	Hodnota reakcí [N]
$R_{pyM}$	$F_M = \frac{4}{7} \cdot \frac{l}{l}$	960
$R_{pys}$	$F_S = \frac{4}{7} \cdot \frac{l}{l}$	1463
$R_{pyv}$	$F_V = \frac{4}{7} \cdot \frac{l}{l}$	1903
$R_{qyM}$	$F_M \cdot \frac{4}{7}$	720
$R_{qys}$	$F_S \cdot \frac{4}{7}$	1097
$R_{qyv}$	$F_V \cdot \frac{4}{7}$	1427



Pro zjištění zátěžových sil neboli reakcí zjištěných pomocí výše uvedených rovnic je nutné postupovat na spojitě obtížením. Pro postup je nutné znát délku působení jednotlivých zatížení  $l_p=200$  [mm].



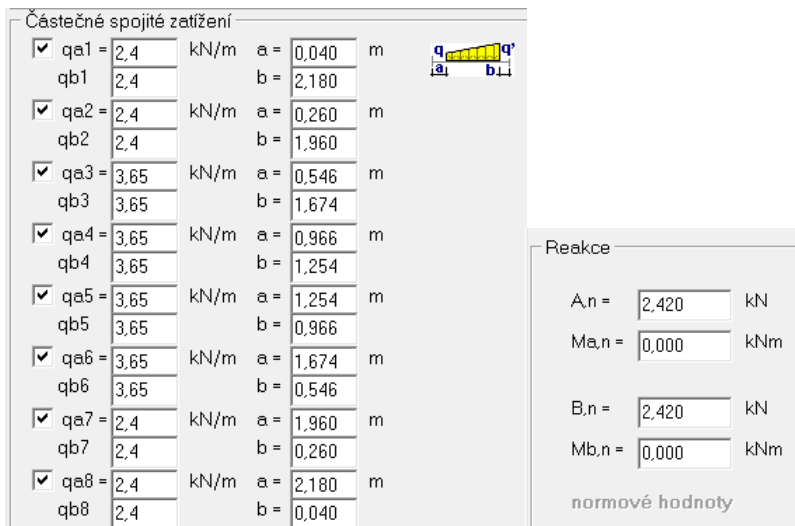
Obr. 30: Spojité obtížení na zadní nosné proužce

Tabulka 13: Hodnoty spojitěho obtížení na nosných proužcích

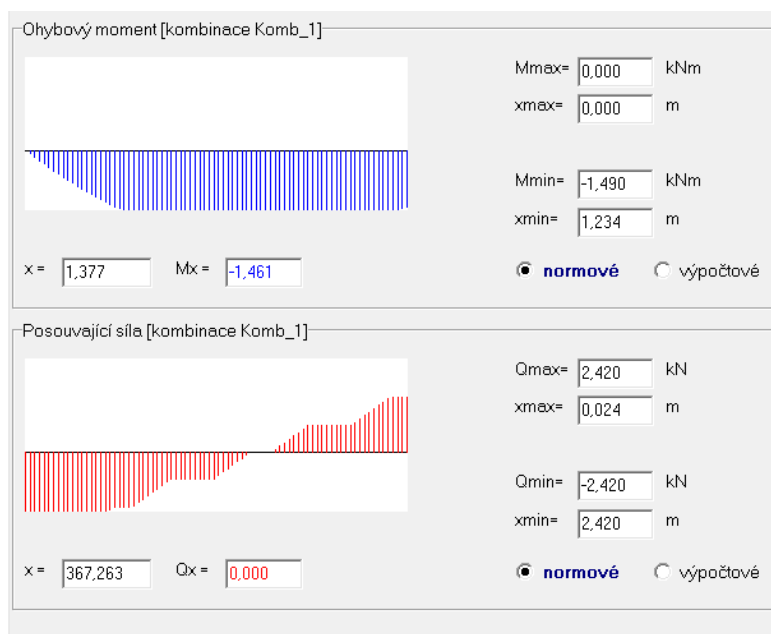
Označení spojitěho obtížení	Rovnice	Hodnota reakcí [N/m]
$q_{PM}$	$R_{py} / 2 * 1/l_p$	2400
$q_{PS}$	$R_{py} / 2 * 1/l_p$	3657
$q_{PV}$	$R_{py} / 2 * 1/l_p$	4757
$q_{QM}$	$R_{qy} / 2 * 1/l_p$	1800
$q_{QS}$	$R_{qy} / 2 * 1/l_p$	2743
$q_{QV}$	$R_{qy} / 2 * 1/l_p$	3568

## 6.2 Výpočet reakcí pomocí programu Nosník

Pro stanovení kritického zatížení stavu je nutné znát reakce vzniklé v krajních místech nosné plochy. Velikosti reakcí jednotlivých stavů umístěných kontejnerů jsou zjištěny pomocí softwaru Nosník. Namáhání nosné plochy je zadáno pomocí spojitěho obťžení zavedené do oporných míst mezi nosnou plochou a jednotlivými kontejnery. Tyto hodnoty jsou zjištěny pomocí analytických výpočtů.



Obr. 31: Zatížení nosné plochy stavu E a Reakce v krajních místech nosné plochy



Obr. 32: Momenty v krajních bodech nosné plochy

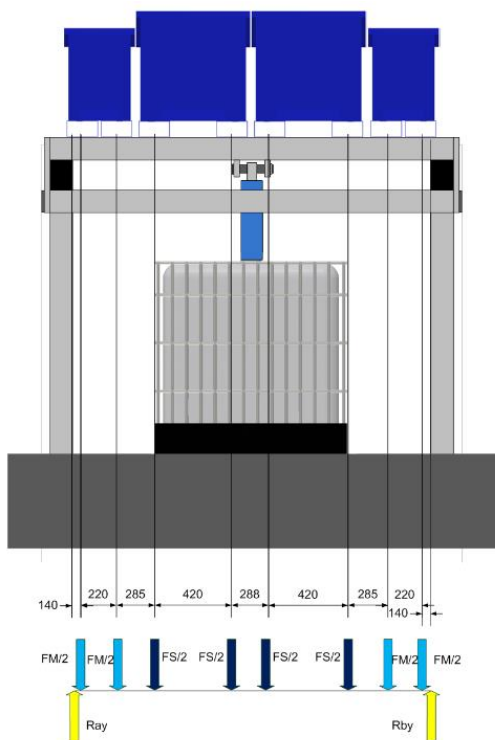
## 7 Kontrola konstrukce analytickou metodou

Pro kontrolu výše zjištěných výsledků je nutné provést kontrolu těchto hodnot pomocí analytické metody. Pro následující výpočty je nutné znát vzdálenosti středů spodních profilů kontejnerů od krajní části nosné průvky  $x_i$ .

Tabulka 14: Vzdálenosti středů spodních profilů kontejnerů

Vzdálenosti středů	[mm]
$x_{1M}$	140
$x_{2M}$	360
$x_{3S}$	646
$x_{4S}$	1066
$x_{5S}$	1354
$x_{6S}$	1774
$x_{7M}$	2060
$x_{8M}$	2280

Celkové vzdálenosti nosných průvků jsou  $L_P = L_Q = 2420$  [mm]. Hodnoty jednotlivých vzdáleností budou uflity u následujících rovnic rovnováhy. [13]



Obr. 33: Přední pohled rozložení kontejnerů varianty E

### 7.1.1 Podmínky rovnováhy pro nosník P

$$\sum F_x: R_{ax} - R_{bx} = 0$$

$$\sum F_y: R_{ay} - 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 - 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 + R_{by} = 0$$

$$\sum M_A: q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{1M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{2M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{3S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{4S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{5S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{6S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{7M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{8M} - R_{by} \cdot L_0 = 0$$

#### Výjádření výsledných reakcí v místech A a B.

$$R_{by} = \frac{q_{00} \cdot l_0 \cdot (x_{1M} + x_{2M} + x_{7M} + x_{8M}) + q_{00} \cdot l_0 \cdot (x_{3S} + x_{4S} + x_{5S} + x_{6S})}{L_0}$$

$$R_{by} = 2423 \text{ [N]}$$

$$R_{ay} = 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 + 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 - R_{by}$$

$$R_{ay} = 2423 \text{ [N]}$$

### 7.1.2 Podmínky rovnováhy pro nosník Q

$$\sum F_x: R_{cx} - R_{dx} = 0$$

$$\sum F_y: R_{cy} - 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 - 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 + R_{dy} = 0$$

$$\sum M_A: q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{1M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{2M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{3S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{4S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{5S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{6S} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{7M} + q_{00} \cdot l_0 \cdot x_{8M} - R_{dy} \cdot L_0 = 0$$

#### Výjádření výsledných reakcí v místech A a B.

$$R_{dy} = \frac{q_{00} \cdot l_0 \cdot (x_{1M} + x_{2M} + x_{7M} + x_{8M}) + q_{00} \cdot l_0 \cdot (x_{3S} + x_{4S} + x_{5S} + x_{6S})}{L_0}$$

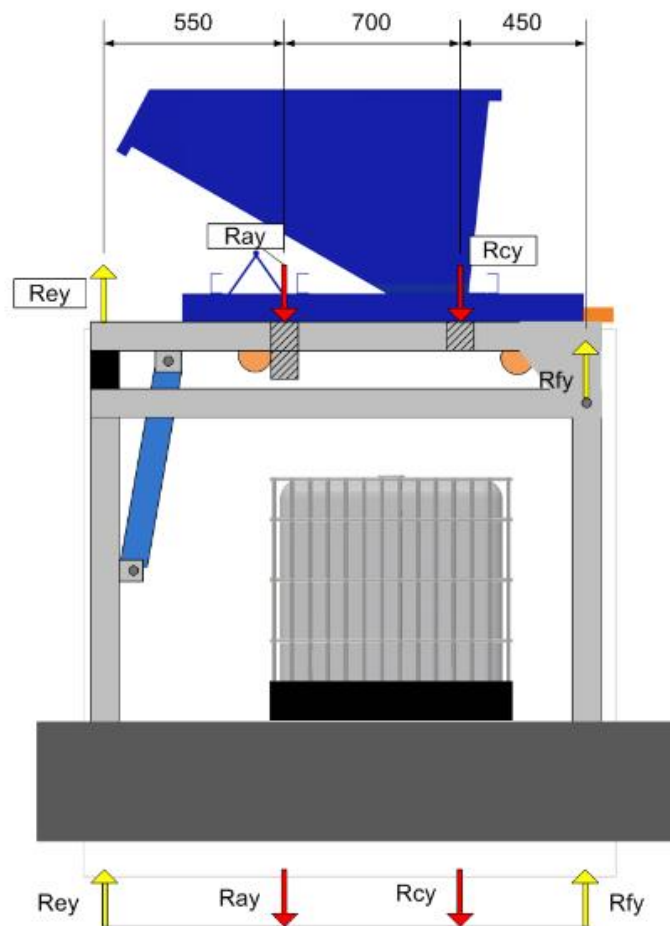
$$R_{dy} = 1817 \text{ [N]}$$

$$R_{cy} = 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 + 4 \cdot q_{00} \cdot l_0 - R_{dy}$$

$$R_{cy} = 1817 \text{ [N]}$$

### 7.1.3 Podmínky rovnováhy pro nosník R

Reakční úkony byly stanoveny za pomoci hodnot reakcí zjištěných v krajních místech nosných prvků P a Q. Pro tyto výpočty je nutné znát vzdálenosti poloh jednotlivých silových účinků od místa E.



Obr. 34: Boční pohled na boční nosník R

Tabulka 15: Vzdálenosti poloh silových účinků na bočním nosníku

Vzdálenosti poloh sil k místu E [mm]	[mm]
$x_{9B}$	630
$x_{10B}$	1330
$x_{11B}$	1780

$$\sum F_x : R_{ex} - R_{fx} = 0$$

$$\sum F_y : R_{ey} - R_{ay} - R_{cy} - R_{fy} = 0$$

$$\sum M_e : R_{ay} \cdot 630 - R_{cy} \cdot 1330 - R_{fy} \cdot 1780 = 0$$

**Výsledné výsledných reakcí v místech E a F.**

$$R_{fy} = \frac{R_{ay} \cdot 630 - R_{cy} \cdot 1330}{1780}$$

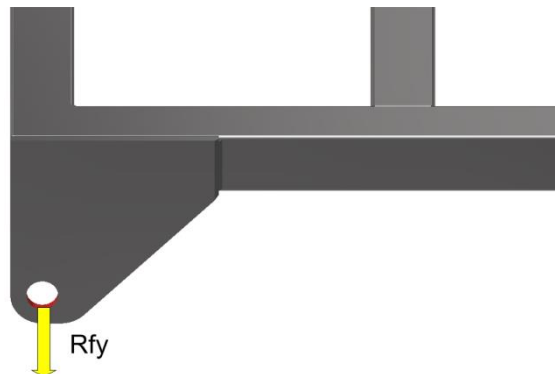
$$R_{fy} = 1763 \text{ N}$$

$$R_{ey} = R_{ay} - R_{cy} - R_{fy}$$

$$R_{cy} = 1872 \text{ N}$$

## 7.2 Napětí stanovené v místě spojení epu

Pomocí zjištěné reakce v místě  $F$  lze provést kontrolu zvoleného epu, který je umístěn v tomto místě konstrukce. Výpočet bude proveden na zátěžný úinek  $R_{fy}$ . [14]



Obr. 35: Síla působící v místě pedního epu

$$d_{\zeta} = 30 \text{ [mm]}$$

$$\tau_{\text{epu}} = \frac{4 * R_{fy}}{\pi * d_{\zeta}^2} = \frac{4 * 1763}{\pi * 30^2} = 3,13 \text{ [MPa]}$$

## 7.3 Kontrola proužezování p í ky Q [15]

Pro stanovení zátěžného úinku, působícího v prostředním místě p í ky, bylo využito momentu stanoveného pomocí softwaru Nosník. Tento moment je označen  $M_d = 1,490 * 10^6$  [N\*mm].

Tabulka 16: Parametry potěbné pro výpočet svarového spojení p í ky

Název parametru	Označení	Hodnota	Jednotky
Šířka p í ky vnitřní	$b_{1P}$	80	mm
Šířka p í ky vnější	$b_{2P}$	75	mm
Výška p í ky vnitřní	$h_{1P}$	75	mm
Výška p í ky vnější	$h_{2P}$	80	mm
Délka p í ky	$l_1$	2420	mm
Poloviční délka p í ky	$l_{1.2}$	1210	mm
Mez kluzu materiálu p í ky	$R_e$	235	MPa
Bezpečnost pro stanovení dovoleného napětí p í ky	$k_P$	1,5	-
Bezpečnost pro stanovení dovoleného napětí v místě sváru	$k_S$	2	-
Dovolené napětí v místě p í ky	$\sigma_{\text{d}}$	118	MPa

Stanovení proužezových charakteristiky profilu

$$S_{\text{epu}} = b_{\text{epu}} * h_{\text{epu}} - b_{\text{epu}} * h_{\text{epu}} = 775 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$J_{\text{epu}} = \frac{1}{12} * b_{\text{epu}} * h_{\text{epu}}^3 = 3,44 * 10^6 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$J_{\text{epu}} = \frac{1}{12} * b_{\text{epu}} * h_{\text{epu}}^3 = 2,64 * 10^6 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$W_{op} = \frac{1}{6 * h_{22}} * [b_{22} * h_{22}^3 - b_{11} * h_{11}^3] = 19420 \text{ mm}^3$$

Napětí p sobící v tomto místě od ohybového momentu

$$\sigma_{22} = \frac{M_{d_{1,2}}}{W_{os}} = \frac{1,490 * 10^3}{19420} = 76,56 \text{ MPa}$$

Napětí p sobící v tomto místě od smykové síly

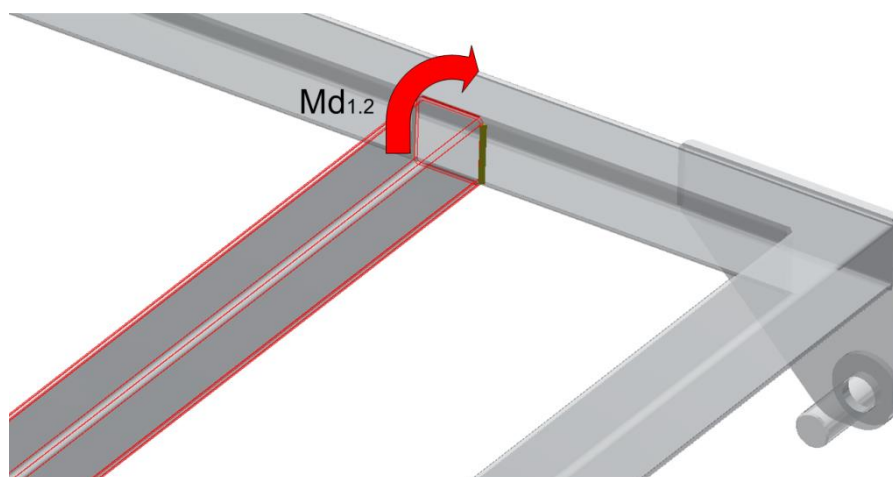
$$\tau_{22} = \frac{R_{cy}}{S_{22}} = \frac{1872}{775} = 2,42 \text{ MPa}$$

Redukované napětí v tomto kritickém místě

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{22}^2 + 3 * \tau_{22}^2} = 76,98 \text{ MPa}$$

#### 7.4 Kontrola svarového spoje p í ky Q [15]

Pro výpočet svarového spoje je nutné znát nosnou plochu svarových spojů. Výška svarového spojení vyznačeného flutou barvou je  $s = 2,5 \text{ [mm]}$  a délka svarových spojů je  $l_T = 80 \text{ [mm]}$ . Výška svarového spojení označeného červenou barvou je  $a = 5 \text{ [mm]}$  a délka svarových spojů je  $l_K = 80 \text{ [mm]}$ .



Obr. 36: Svarové spojení nosné p í ky

Tabulka 17: Parametry potřebné pro výpočet svarového spojení p í ky

Název parametru	Označení	Hodnota	Jednotky
Šířka p í ky se svarem	$b_1$	90	mm
Šířka p í ky vnější	$b_2$	80	mm
Výška p í ky vnitřní rozměr	$h_1$	75	mm
Výška p í ky se svarem	$h_2$	80	mm
Délka p í ky	$l_1$	2420	mm
Poloviční délka p í ky	$l_{1,2}$	1210	mm
Reakční síla od malého kontejneru pod jedním nosníkem	$F_{M1,2}$	480	N
Reakční síla od středního kontejneru pod jedním nosníkem	$F_{S1,2}$	731,5	N

Stanovení průřezových charakteristiky profilu

$$S_{xx} = b \cdot h - b_1 \cdot h_1 = 1200 \text{ mm}^3$$

$$J_{xx} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 - \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 = 3,84 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$J_{yy} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 - \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 = 2,84 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_{os} = \frac{1}{6 \cdot h} \cdot [b \cdot h^3 - b_1 \cdot h_1^3] = 25690 \text{ mm}^3$$

Moment působící v místě kritického průřezu

$$M_{d,xx} = F_{1,xx} \cdot [x_{1,xx} + x_{2,xx}] + F_{2,xx} \cdot [x_{1,xx} + x_{2,xx}] = 1,492 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Napětí působící v tomto místě od ohybového momentu

$$\sigma_{xx} = \frac{M_{d,xx}}{W_{os}} = \frac{1,492 \cdot 10^7}{25690} = 58,09 \text{ MPa}$$

Napětí působící v tomto místě od smykové síly

$$\tau_{xx} = \frac{R_{cy}}{S_{xx}} = \frac{1872}{1200} = 1,56 \text{ MPa}$$

Redukované napětí v tomto kritickém místě

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + 3 \cdot \tau_{xx}^2} = 58,15 \text{ MPa}$$

Tabulka 18: Shrnutí výsledků dosažených analytickou metodou

Místo výpočtu	$\sigma_{red}$ [MPa]	$n$
Přední ep	3,13	70
Střední průřez pík	76,95	157
Svarový spoj přichycení pík	58,15	118

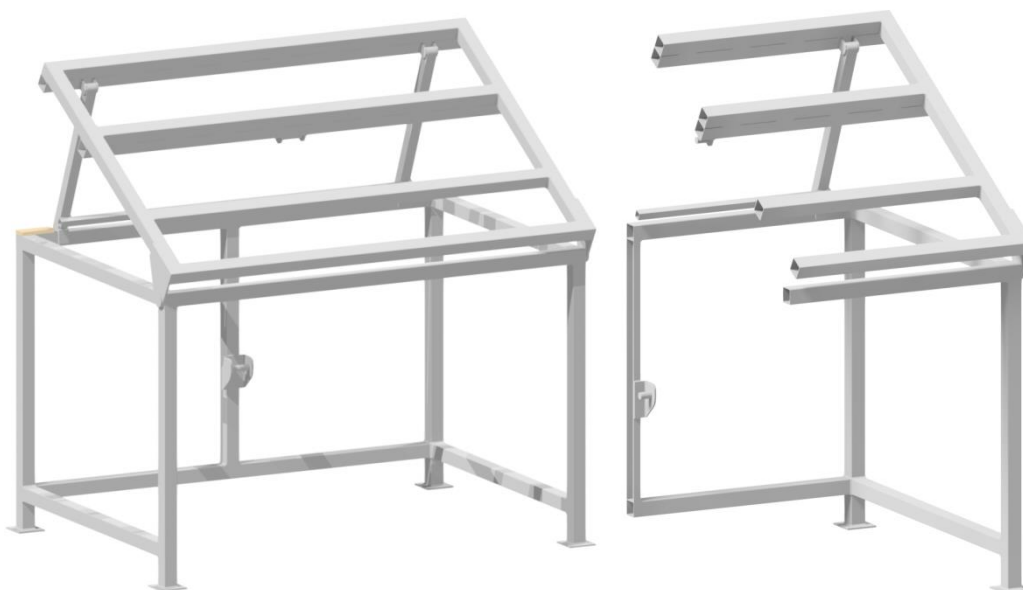
Z výpočtu a tabulky lze porovnat, že všechna dosažená napětí v jednotlivých místech výpočtu vyhovují dovoleným napětím.



## 8 Pevnostní výpočet rámu pomocí analýzy MKP<sup>3</sup>

### 8.1 Úvod k řešení pevnostního výpočtu

Hlavním úkolem je zjistit napětí a deformace rámu pomocí výpočtového systému. Spektrum zatížení má charakter gravitační síly vyvinuté od hmotností jednotlivých kontejnerů. Pro provedení kontroly této konstrukce je nutné mít vstupní data. Je tedy potřeba nejprve vytvořit konstrukční návrh dimenzovaných prvků konstrukce. Mezi tyto prvky patří rámy konstrukce, drfláky a spojovací části jednotlivých prvků. V tomto případě je návrh těchto komponent proveden pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2017. Pro výpočet je brán pouze polovina konstrukce s úpravou vzhledem k symetrii nosní rámu a zatížení. Výsledky celého a zjednodušeného modelu jsou stejné.



Obr. 37: Výpočtový model konstrukce

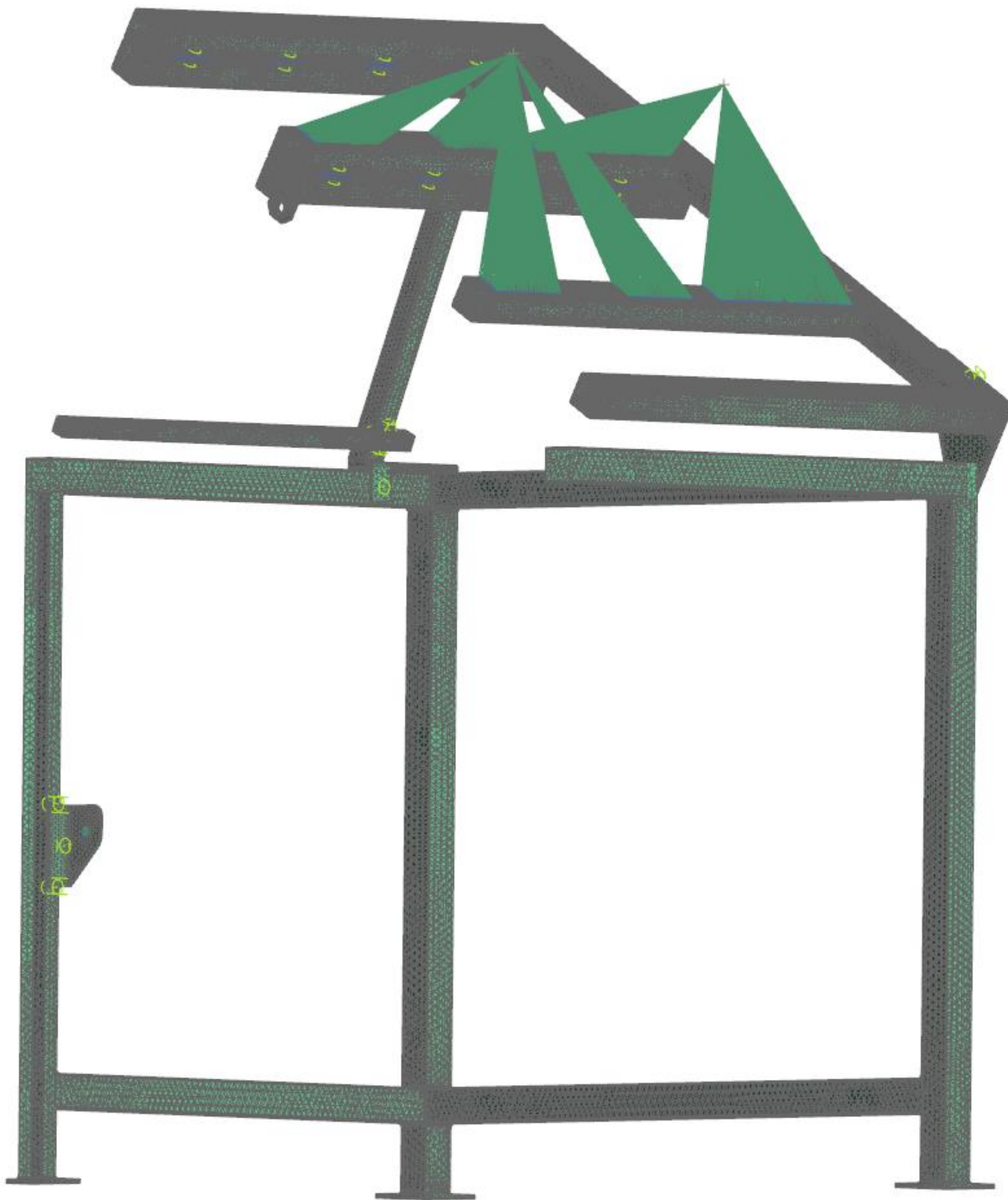
Tento model je následně převeden do softwaru Siemens NX, kde bude provedena pevnostní kontrola této sestavy. Pro následný výpočet je nutné provést úpravy 3D modelu. Mezi tyto úpravy patří nastavení dosedacích ploch kontejnerů a polohy tříkontejnerů. Takto upravený model je možné proložit sítí.

---

<sup>3</sup> Metoda konečných prvků

## 8.2 Diskretizace modelu

Po provedení diskretizace je nutné, aby byl tvar sestavy shodný se stavem před diskretizací. Této podmínky docílíme pomocí vhodného síťování a velikostí prvků. V oblastech o očekávaného gradientu napětí je nutné provést zvýšení koncentrace prvků v síti.



Obr. 38: Model rozdělený na konečné prvky

### 8.3 Materiál

Pro rám přípravku je vyuffito profil dutého tvercového prezu, materiálu 11 375.

Parametry pro ocel S235JR [16]

$R_e = 235$  [MPa]

$R_m = 360 \text{ ó } 510$  [MPa]

Modul pruřnosti  $E = 2,1 \cdot 10^5$  [MPa]

Poissonovo íslo  $\nu = 0,3$

Hustota  $\rho = 7800$  [kg/m<sup>3</sup>]

### 8.4 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky symbolizují uchycení sestavy v prostoru. Dále je lze vyuffít jako propojovací prvky jednotlivých ástí konstrukce, k tomuto vyuffítí slouffí funkce coupling<sup>4</sup>. Je tedy zapotřebí základních okrajových podmínek, které ukotvují sestavu v prostoru. Jedná se o okrajové podmínky omezující posuvy sestavy ve smrech základního souadnicového systému (x, y, z). Dále je zde vyuffito funkce coupling k propojení epových spojení. Ve smru Z, je uflito okrajové podmínky, která symbolizuje podlahu. Ve smru X, je uflita okrajová podmínka symetrické pvodu. V posledním smru je vazby provedena pomocí vazby, která je umíst na do místa pichycení zadního roubu.

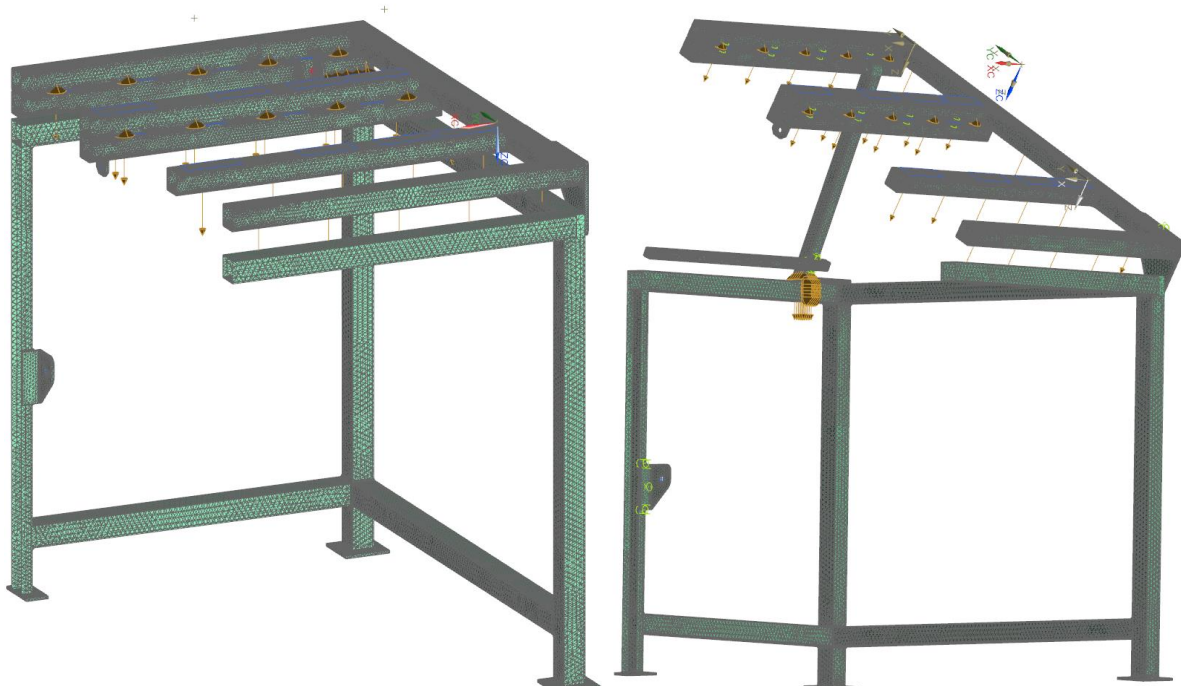


Obr. 39: Výpočtový model s okrajovými podmínkami

### 8.5 Kontaktní prvky

Ve všech tech pracovních stavech přípravku je nutné uflít kontakt mezi píkami, které jsou slofeny ze dvou profilů k sobě svaeným. Tento kontakt je tedy zaveden do místa dotyku spodní ásti kontejner s horními plochami píekoto ného rámu. Dále je vyuffito funkce kontaktní úlohy ke spojení zadní ásti oto ného rámu s pevným rámem, kdy dochází k dosednutí této plocha na sebe. Dále pak je uvařováno s kontaktní úlohou píopení vzpř o pevný rám.

<sup>4</sup> Funkce coupling slouffí k provázanosti i soudřnosti 2 i více komponent.



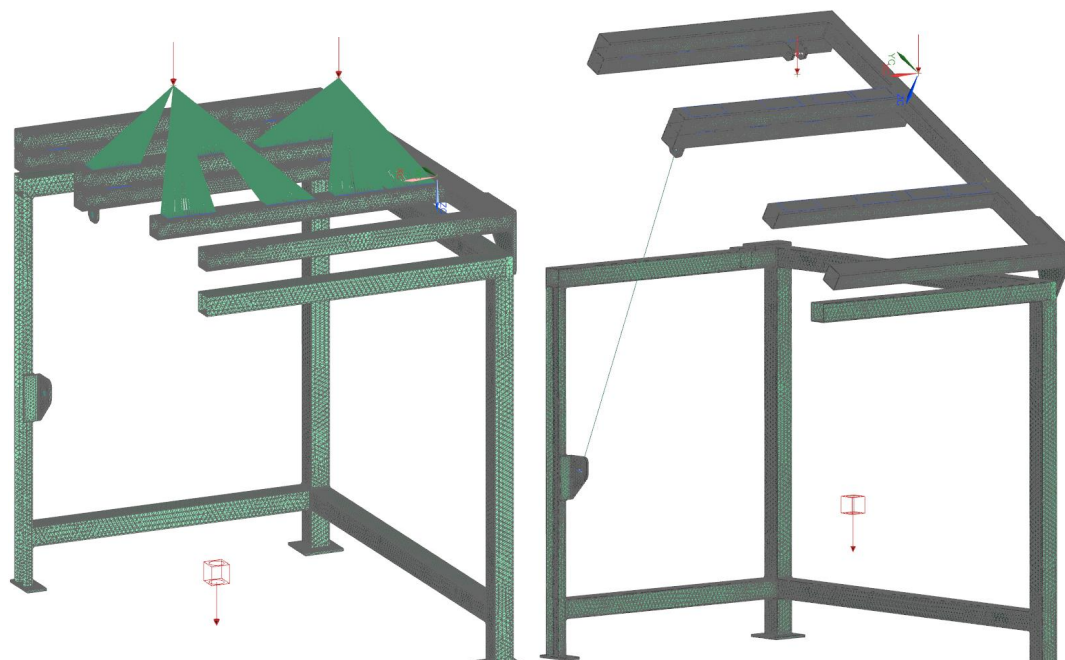
Obr. 40: Model se zavedenými kontakty

## 8.6 Zatížení

Již úvodu bylo řečeno v úvodní části, zatížení má charakter gravitačních sil vyvozených od jednotlivých hmotností kontejnerů. Tyto síly mají tedy statický charakter a do modelu se vnášejí pomocí síly umístěné do tří kontejnerů. Tři kontejner jsou propojena pomocí funkce rigid s dosedacími plochami kontejnerů. Analýza metodou konečných prvků je provedena pro 3 různé pracovní stavy přípravku.

Tabulka 19: Výška tří kontejnerů od styčné plochy

Označení vzdálenosti tří kontejnerů Z	Vzdálenost Z [mm]	Označení síly	Hmotnosti kontejner [N]
Z <sub>m</sub> (Malý)	327	F <sub>M</sub>	1680
Z <sub>s</sub> (Střední)	385	F <sub>S</sub>	2560
Z <sub>v</sub> (Velký)	385	F <sub>V</sub>	3330



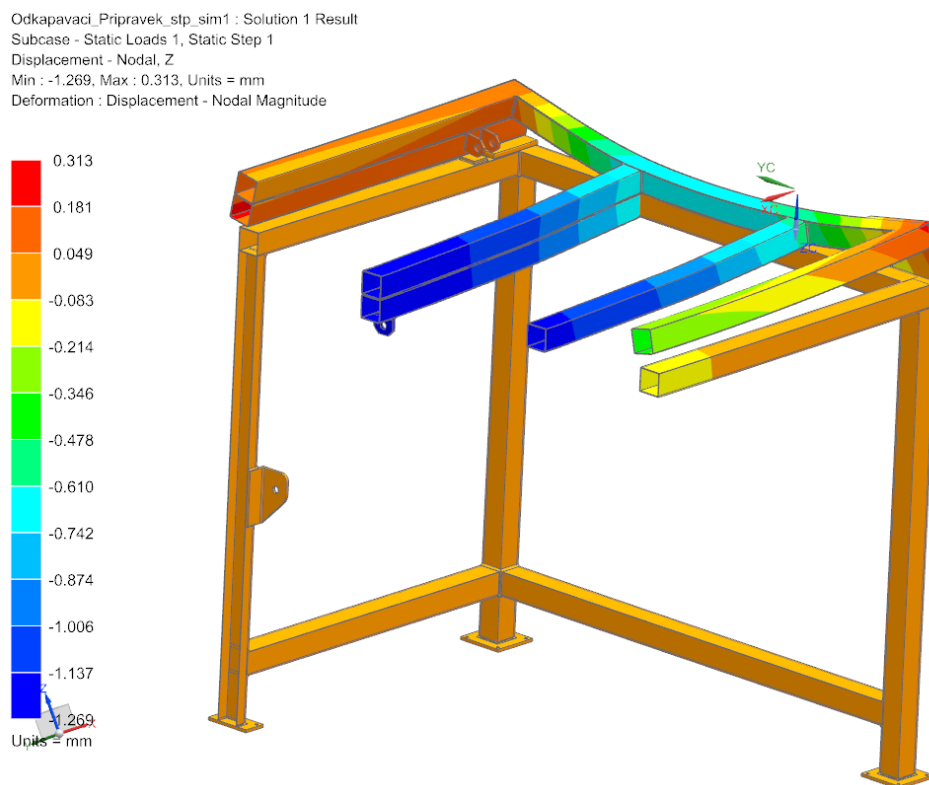
Obr. 41: Zatížení modelu

## 8.7 Výsledky

Pro přehlednost zobrazených výsledků je tato kapitola rozdělena do 3 kapitol. Jednotlivé podkapitoly nesou název podle pracovních stavů, ve kterých se zrovna nachází přípravek. Jsou zde zobrazeny deformace a napětí, která vznikají v jednotlivých stavech, při působení vnějšího zatížení. Pro následné porovnání jsou zobrazena kritická místa konstrukce, která byla kontrolována pomocí analytických metod výpočtu.

### 8.7.1 V klidové poloze

V tomto pracovním stavu je otočný rám spojen s pevným rámem pomocí předního a zadního dosedací plochy. Výsledky ve všech pracovních polohách přípravku jsou zobrazeny v následném pořadí: Výsledky deformací, výsledky napětí celkové konstrukce, výsledky napětí v konkrétních gradientech napětí. Výsledky v gradientech napětí budou užitečné pro srovnání se zjištěnými napětími pomocí analytických výpočtů.

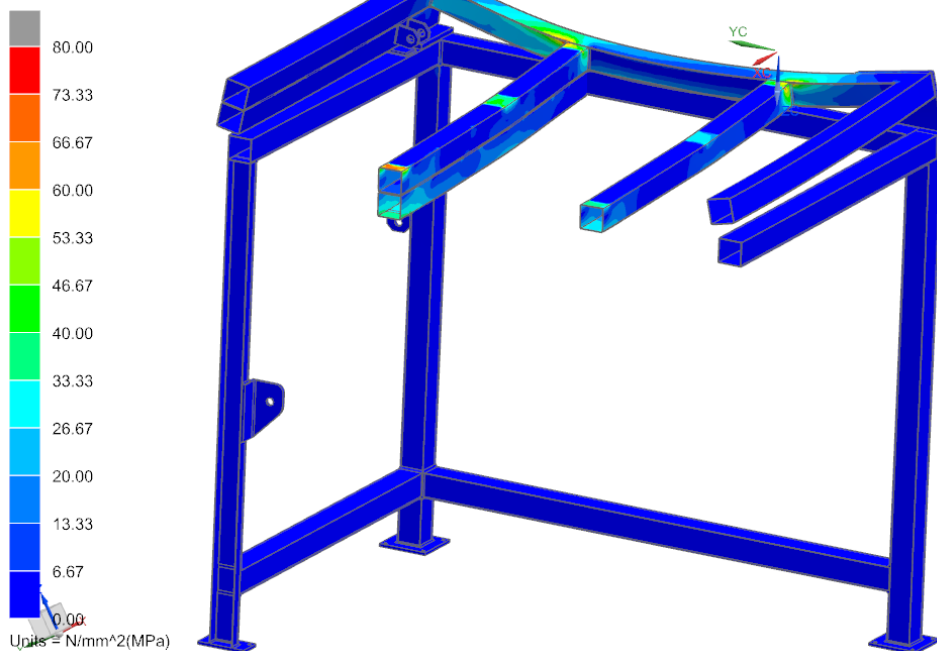


Obr. 42: Výsledky deformace modelu v ose Z

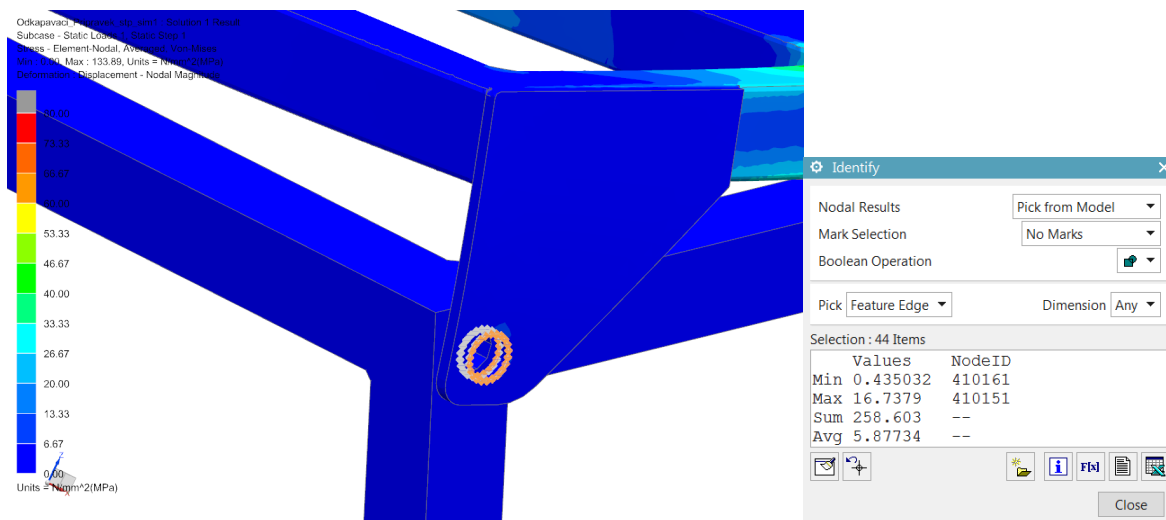
Z výsledků deformací je patrné, že k nejvyšším hodnotám deformací dochází uprostřed příček, které slouží jako podpory pro kontejnery. Při hybě příček v těchto místech nabývají přibližně této hodnoty 1,2 [mm].



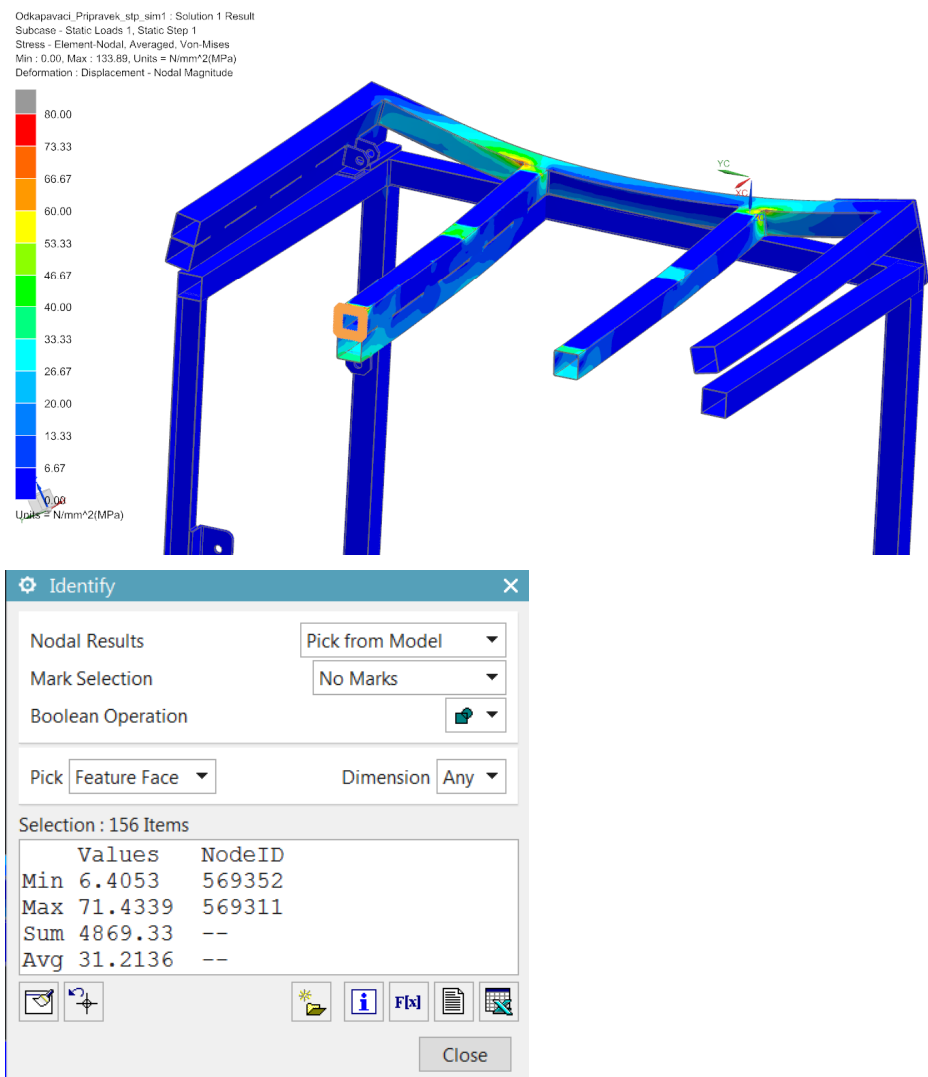
Odkapavaci\_Pripravek\_stp\_sim1 : Solution 1 Result  
 Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
 Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
 Min : 0.00, Max : 133.89, Units = N/mm^2(MPa)  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



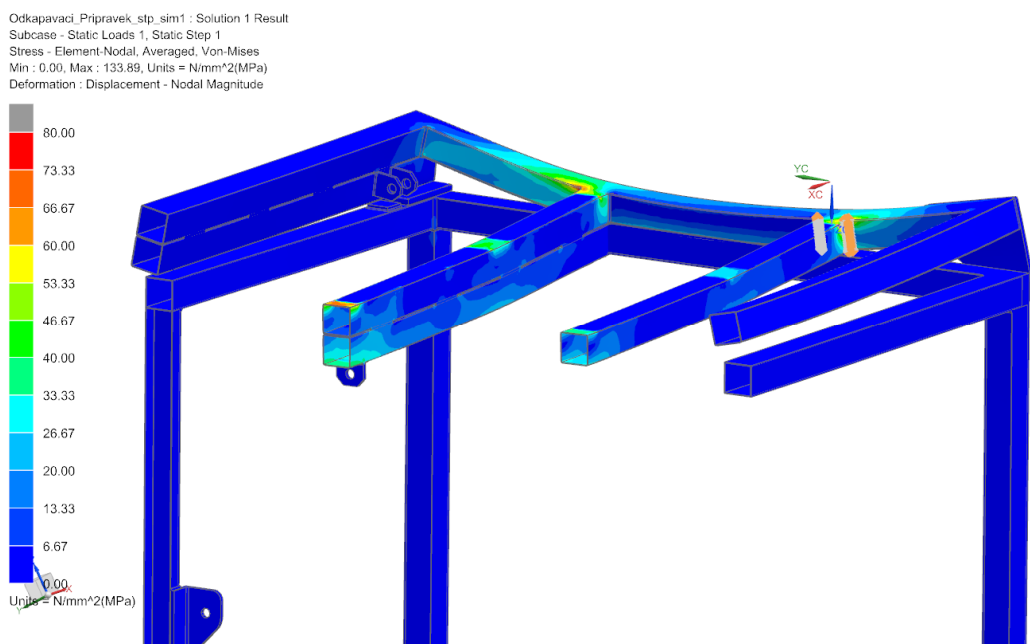
Obr. 43: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled



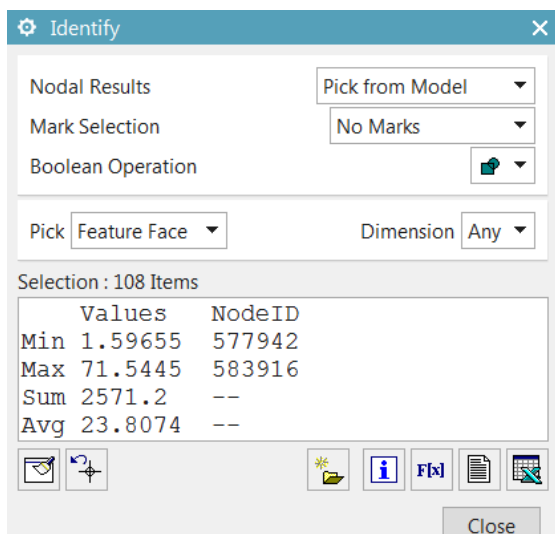
Obr. 44: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Přední ep



Obr. 45: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Středových





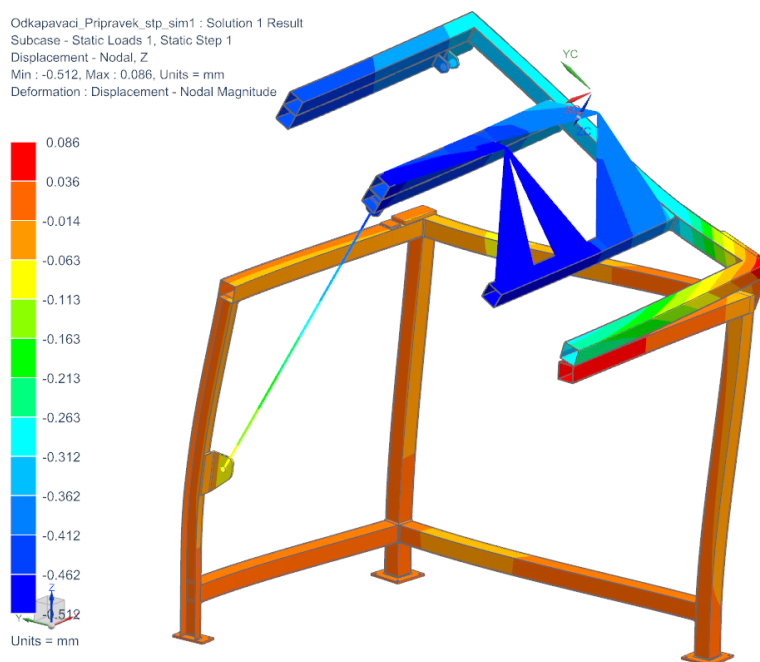


Obr. 46: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Svarové spojení pík

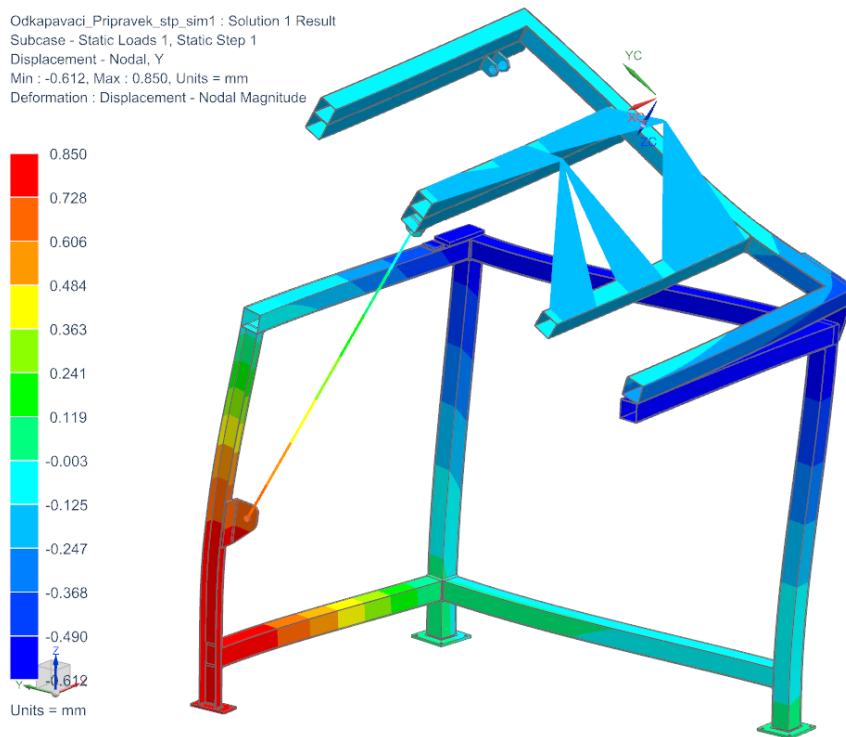
Napětí v klidovém pracovním stavu píkavku dosahují dovolených hodnot. Hlavní gradienty napětí se nacházejí v místech uložení kontejnerů a to sice na píkách otočného rámu. Jedním gradientem je střed pík a druhým hlavním gradientem napětí je místo svarů, pomocí kterých jsou píkypřichyceny. Dále je zobrazeno pro následnou kontrolu i místo uložení pedníhoepu.

### 8.7.2 Podepěno pomocí hydromotoru

V tomto pracovním stavu je otočný rám spojen s pevným rámem pomocí pedníhoepu a hydromotoru přes ep. Výsledky v gradientech napětí budou užity pro srovnání se zjištěnými napětími v klidovém stavu píkavku.

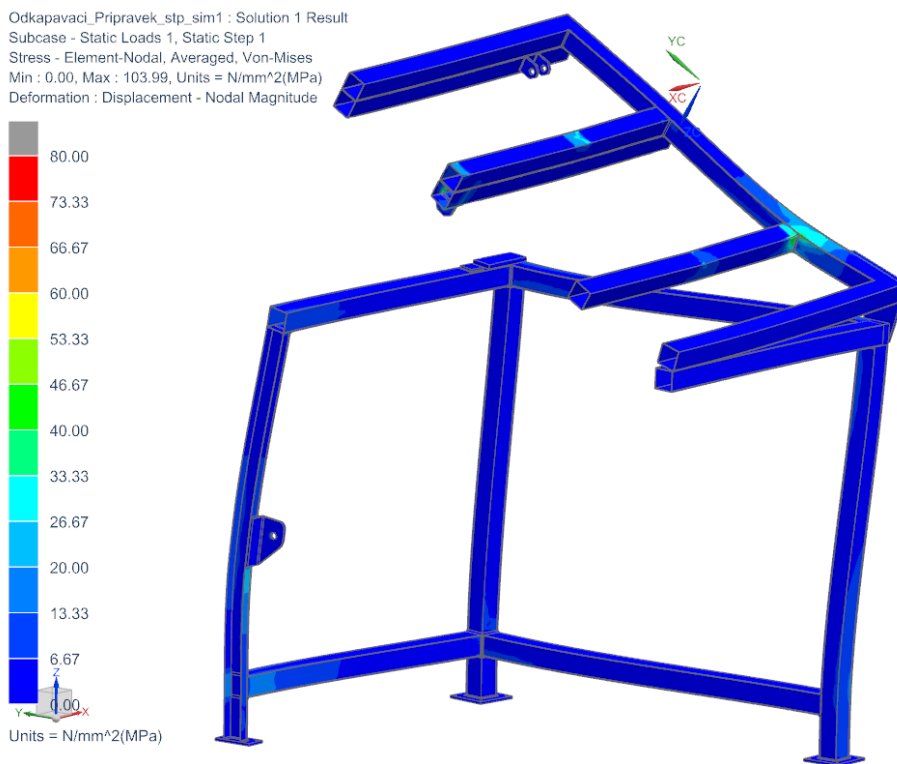


Obr. 47: Výsledky deformace modelu v ose Z

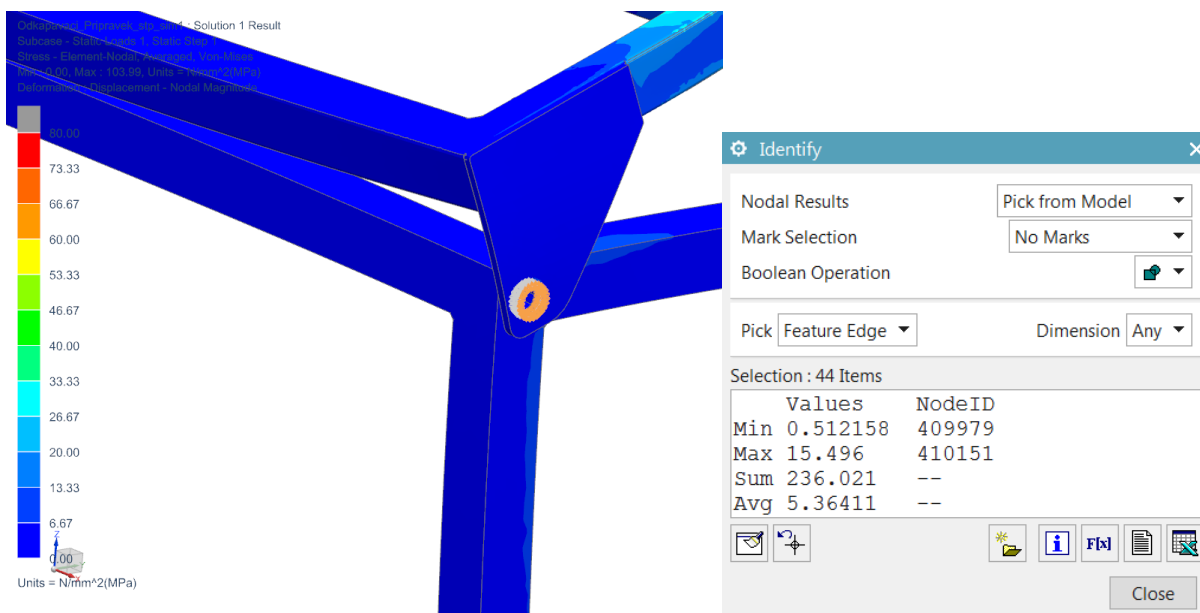


Obr. 48: Výsledky deformace modelu v ose Y

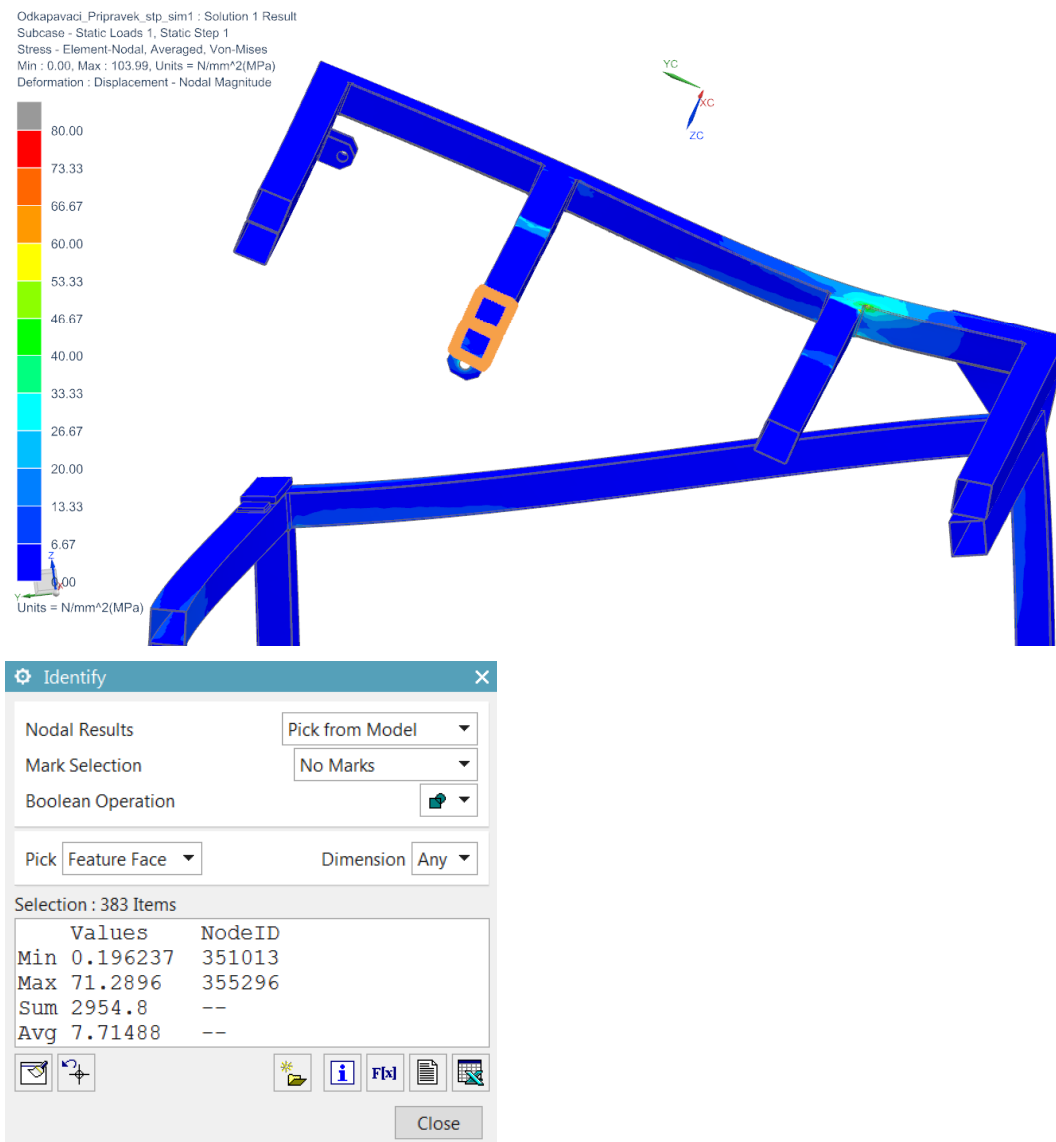
Z výsledků deformací je patrné, že k nejvyšším hodnotám deformací dochází ve střední stojně, která slouží k uložení hydromotoru v jeho spodní části. Při hybu stojny nabývá hodnoty 0,85 [mm]. Při hybu pístku se změnil vzhledem k podepření ve střední části pístku pomocí hydromotoru.



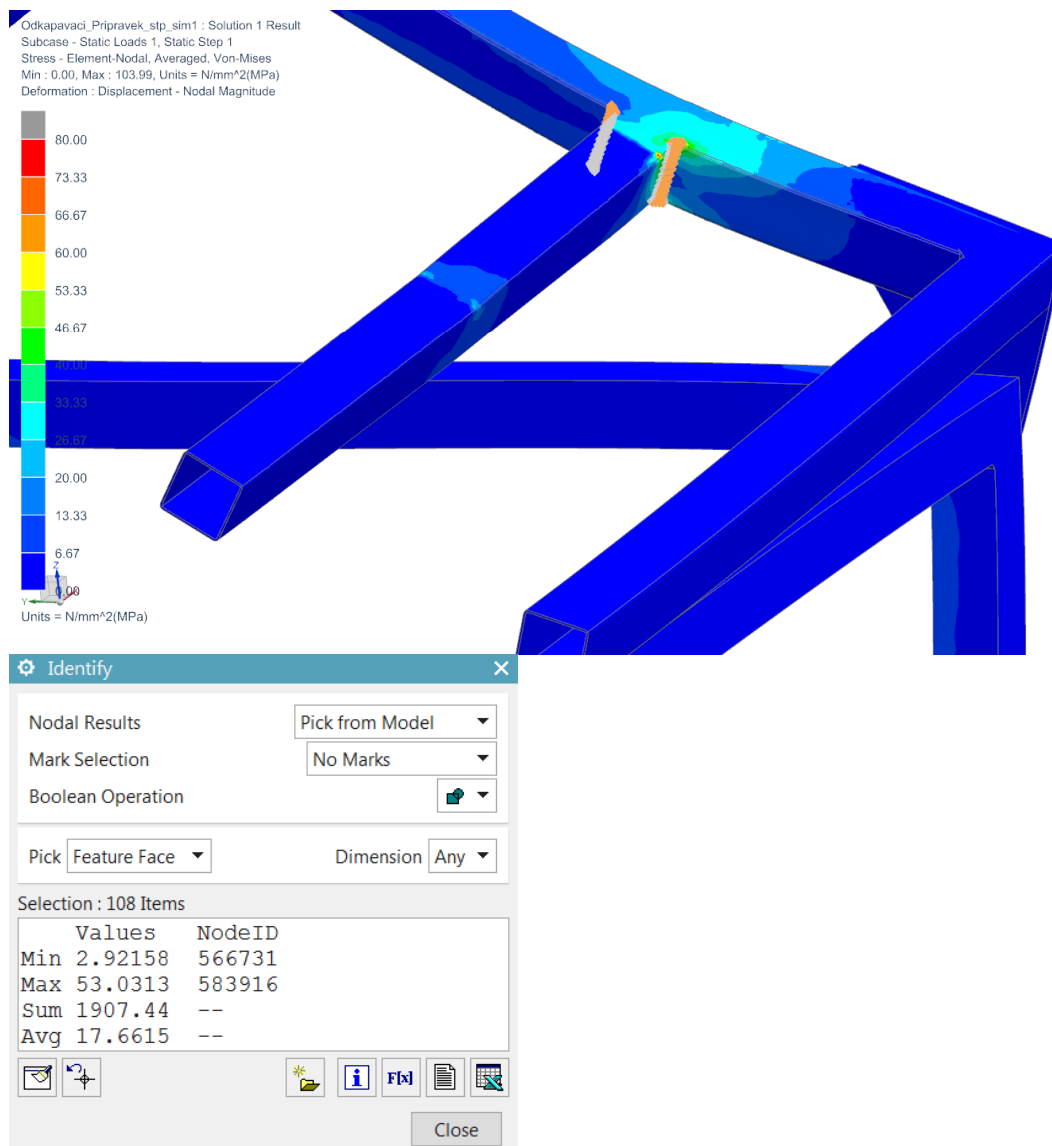
Obr. 49: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled



Obr. 50: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o P ední ep



Obr. 51: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Středníky

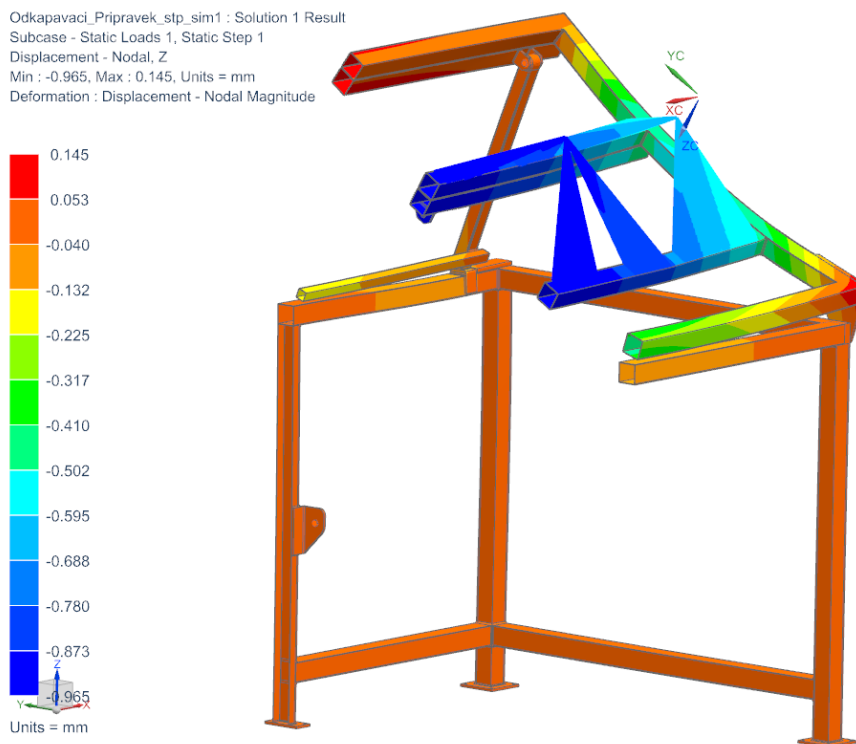


Obr. 52: Prohlídka napětí dle hypotézy Von-Mises o Svarové spojení pík

Napětí v pracovním stavu, kdy dochází ke zvednutí otočného rámu pomocí hydromotoru, dosahují dovolených hodnot. Hlavní gradienty napětí se nacházejí v místech uložení kontejnerů a to sice na píkách otočného rámu. Jedním gradientem je střed pík a druhým hlavním gradientem napětí je místo svarů, pomocí kterých jsou píky přichyceny. Dále je zobrazeno pro následnou kontrolu i místo uložení podnožky.

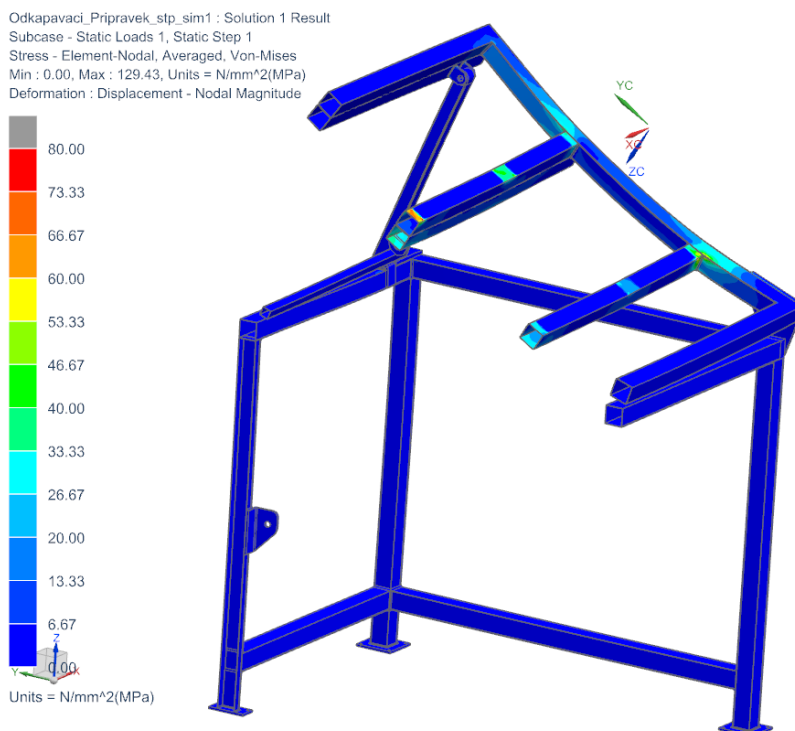
### 8.7.3 Podpěry pomocí vzpěr

V tomto pracovním stavu je otočný rám spojen s pevným rámem pomocí podnožky a vzpěr umístěných na vnitřním kraji otočného rámu. Výsledky v gradientech napětí budou užitečné pro srovnání se zjištěnými napětími v klidovém stavu přípravku.

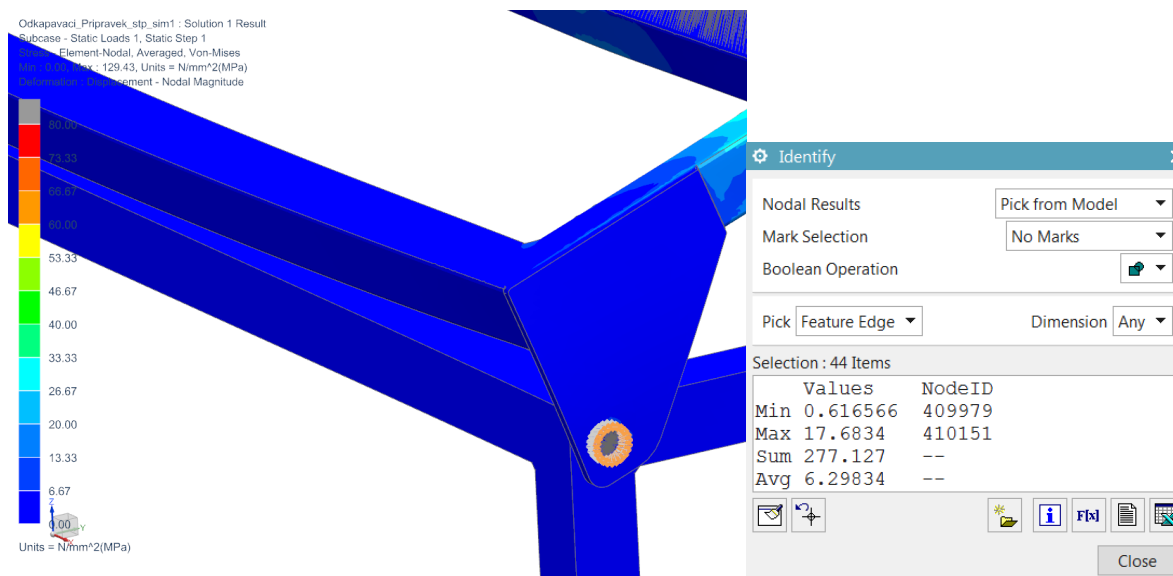


Obr. 53: Výsledky deformace modelu v ose Z

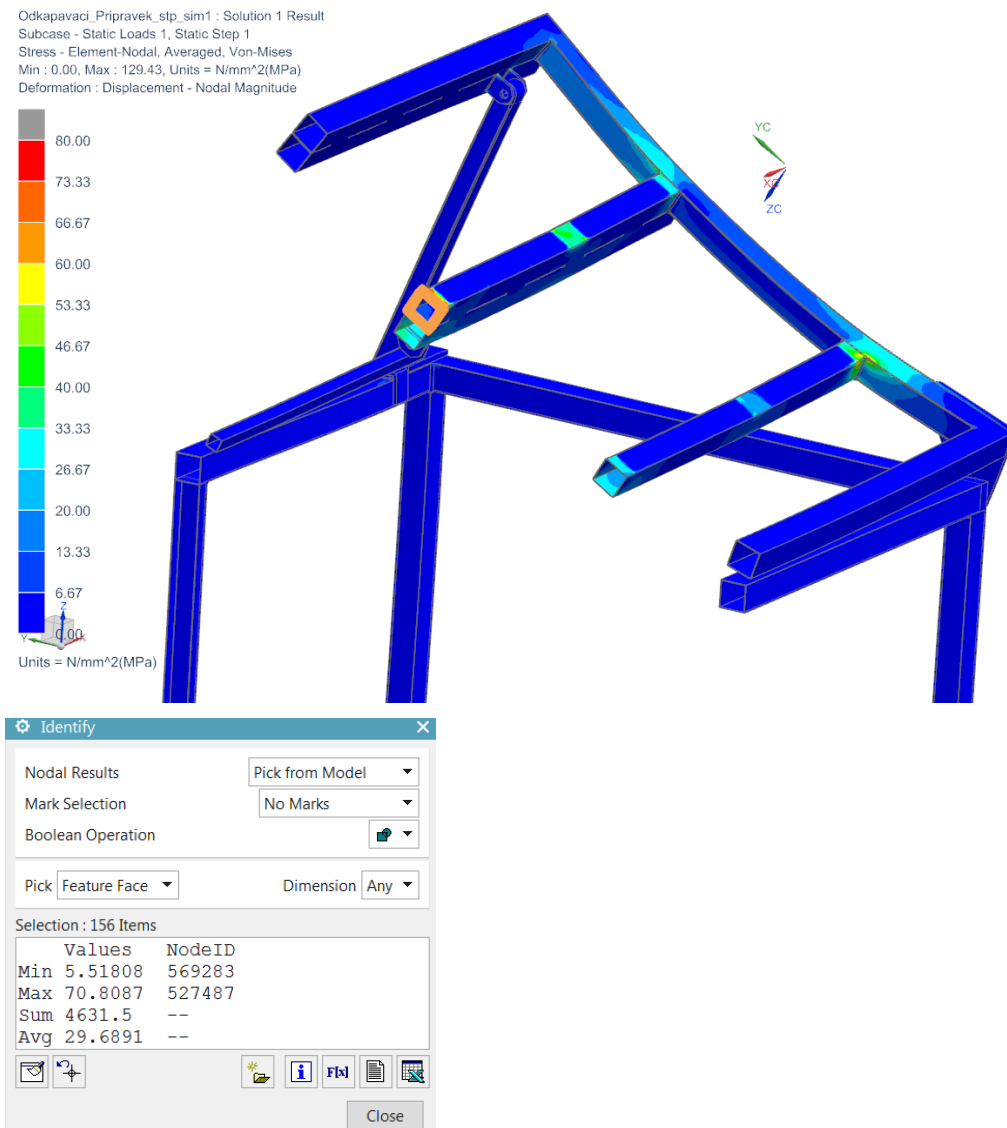
Z výsledků deformací je patrné, že k největším hodnotám deformací dochází uprostřed pilíků, které slouží jako podpory pro kontejnery. Při hybě pilíků v těchto místech nabývají přibližně této hodnoty 0,9 [mm].



Obr. 54: Přehled napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled

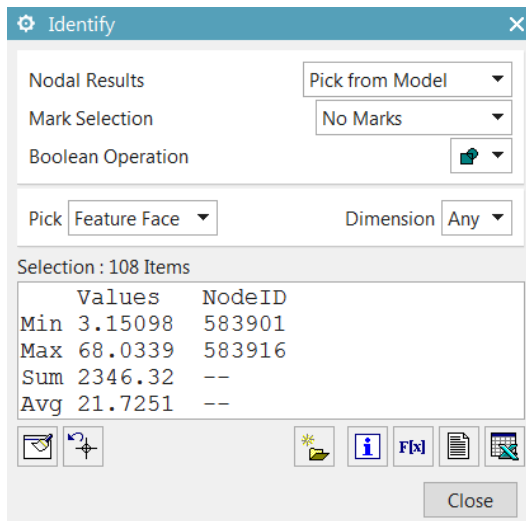
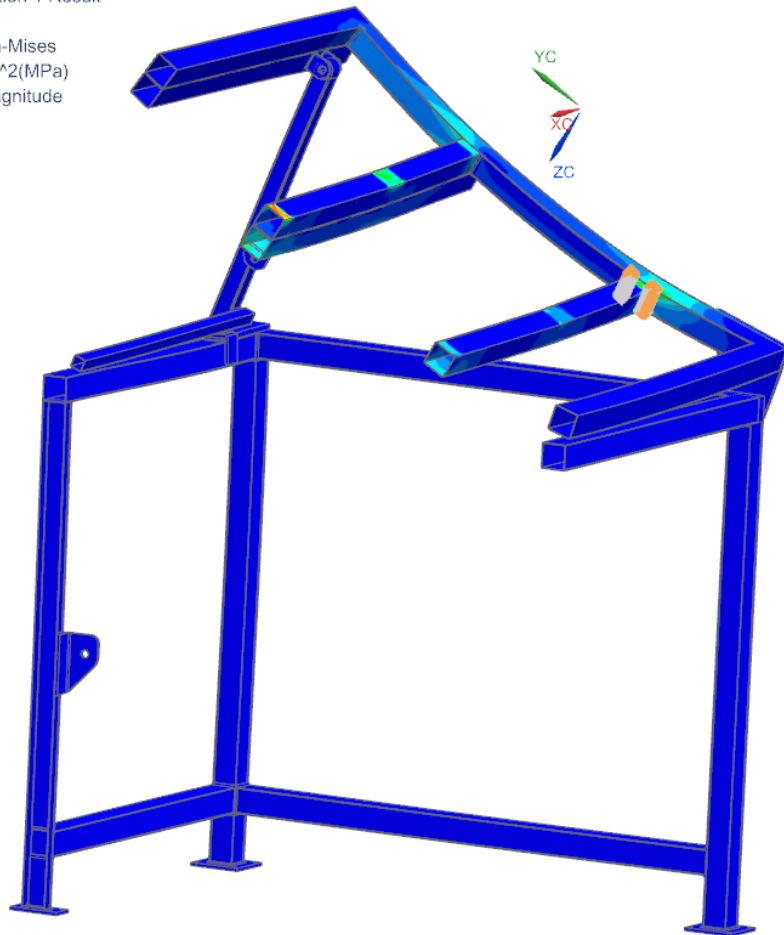
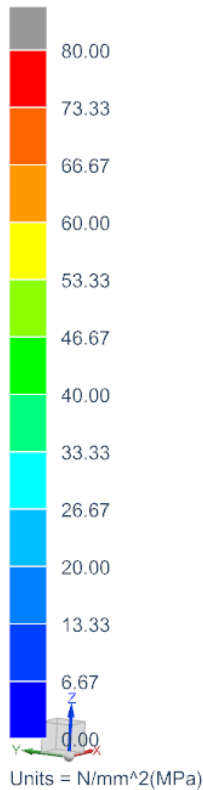


Obr. 55: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o přední ep



Obr. 56: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o střední ky

Odkapavací\_Přípravek\_stp\_sim1 : Solution 1 Result  
 Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
 Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
 Min : 0.00, Max : 129.43, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obr. 57: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises u Svarové spojení p í ky

Napětí v pracovním stavu, kdy dochází k podepření otočného rámu pomocí vzpěr, dosahují dovolených hodnot. Hlavní gradienty napětí se nacházejí v místech uložení kontejnerů a to sice na p íkách otočného rámu. Jedním gradientem je střed p íek a druhým hlavním gradientem napětí je místo svarů, pomocí kterých jsou p íky přichyceny. Dále je zobrazeno pro následnou kontrolu i místo uložení jedné šepu.



## 8.8 Vyhodnocení úlohy

Tabulka 20: Shrnutí výsledků dosažených výpočtovými metodami

Místo výpočtu	Napětí analyticky zjištěné	Napětí v klidovém stavu	Napětí ve stavu podepření hydromotorem	Napětí ve stavu podepření vzpěrami	Napětí dovolené
Podání ep	3,13	5,88	5,37	6,29	70
Střední průřez pík	76,95	71,44	71,29	70,81	157
Svarový spoj píchycení pík	58,15	71,55	53,03	68,04	118

Z výsledků zjištěných pomocí výpočtu lze usoudit správné navržení konstrukce. Napětí, kterých je dosaženo, nabývají hodnot v mezi bezpečnosti. V závažných stavech se místa gradientů napětí nemohou zřejmým způsobem odvodit správnost výpočtového modelu.

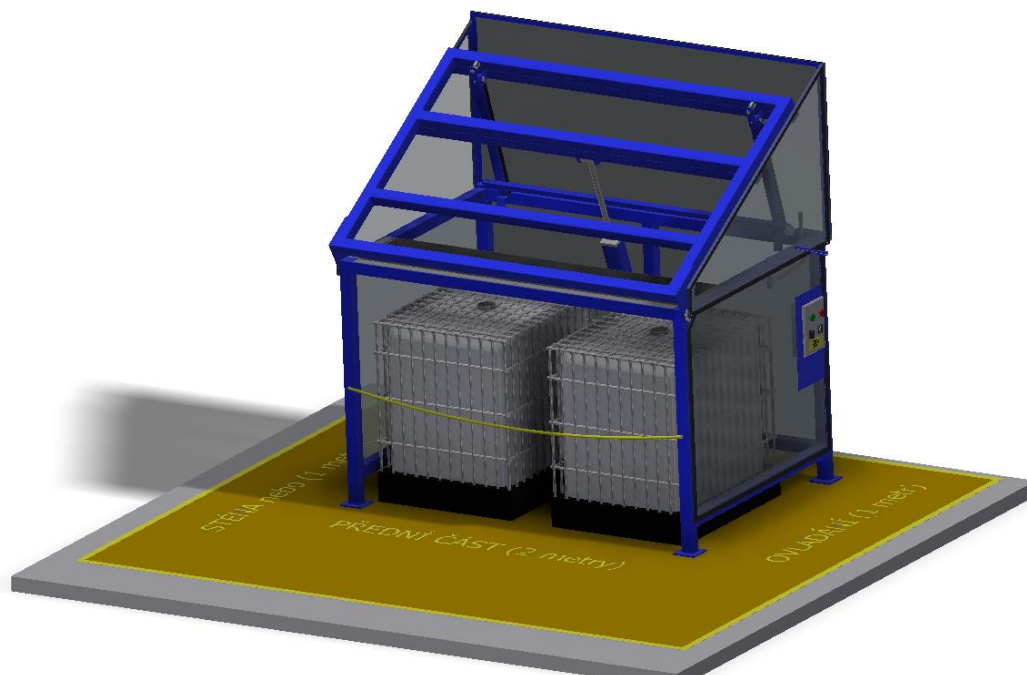
Tedy při kritickém závažném stavu, se kterým bylo počítáno, dosahují napětí v hlavních gradientech napětí hodnot okolo 70 MPa. Bezpečnostní podmínky se liší povahou místa, pro které jsou směřovatelné. Jedná se o místo uložení epu, průřezu profilu pík a místo svarového spojení pík s otáčivým rámem.

Z tabulky umístěné výše lze vyčíst srovnatelné výsledky dosažené analytickou a výsledky dosažené pomocí výpočtového modelu. Z tohoto závěru je možné tvrdit, že výpočtová úloha byla sestavena správnou metodou.

## 9 Bezpečnostní prvky konstrukce

Hlavním bezpečnostním prvkem jsou plechové kryty. Spodní kryty jsou složené z dvanácti plechu, který je osazen na okrajích plastovými lištami. Takto sestavené kryty jsou montovány pomocí trhacích nýtů přímo do profilu pevného rámu. Horní kryty jsou provedeny pomocí odlišného principu. Složení těchto krytů je následovné, jedná se o dvanácti plechy, které jsou vsazeny do samonosného rámu. Takto samonosné pláty jsou následně montovány k pevnému rámu pomocí šroubů umístěných ve spodní části krytů. Pro zpevnění je zadní část spojena s bočními pláty a tím je dosaženo zpevnění celého horního krytu. Tímto kryt je tedy zamezeno k nevhodnému dotyku obsluhy s pohyblivými částmi pík a slouží jako hlavní bezpečnostní prvek pro ochranu obsluhy.

Dalším prvkem, který je zařazen v konstrukci tohoto pík, je umístění ovládacího panelu. Tento panel je umístěn na boční části spodního rámu. V tomto místě tedy obsluha ovládá celý pracovní cyklus pík. Je tedy zamezeno možnosti zranění obsluhy od upadnutí části tělesového odpadu při nepřesném kontejneru. K tomuto zranění by mohlo dojít, kdyby ovládací panel byl umístěn ve spodní části pík.



Obr. 58: Zobrazení bezpečnostních prvků přípravku



Obr. 59: Reálný produkt

## 10 Technicko-ekonomické zhodnocení

Při návrhu přípravku musely být splněny všechny kladené požadavky, ať již z bezpečnostního, funkčního hlediska tak i z požadavků zadavatele projektu. Tyto požadavky je nutné dodržet.

Bezpečnostní hledisko je zajištěno pomocí krytů, které zamezují možnosti zranění obsluhy o pohyblivé části přípravku. Pro dobré osvětlení uvnitř přípravku jsou tyto kryty vytvořeny z dle rovaného plechu a tím je dosažena propustnost světla dovnitř stroje. Dalším prvkem je umístění ovládacího panelu na boční stranu rámu. Tím je obsluha při pracovním cyklu stroje v bezpečné zóně. Výhodou je také umístění všech ovládacích prvků v jedné části přípravku, z čehož lze prohlásit komfortní provedení obsluhy tohoto přípravku.

Pro správnou funkci, je zajištěna podmínka minimálního náklonu kontejnerů o úhel 20°. Tím je dosaženo ideálních podmínek pro správné vyprázdnování kapalné složky obsažené v přepravovaném materiálu uvnitř kontejnerů.

Dále je zaručeno minimální umístění dvou velkých kontejnerů na přepravku v jeden moment. Z této podmínky vyplývá i splnění omezujících rozměrových parametrů délkového i výškového.

Přepravku lze rychle a snadno demontovat a přemístit pomocí vysokozdvíhacího vozu. To je zajištěno provedením kotevnicí části přípravku.

Svod kapaliny odebrané z kontejnerů je sveden do střední svodové vany, odkud je přepraven pomocí hadice do 1000 l nádrže. Tím je zaručena podmínka vznesená od zadavatele projektu. Výhodou je právě gravitační způsob přepravy kapaliny do této nádrže.

Ekonomická výhodnost tohoto přípravku plyne z použitých konvenčních technologických metod pro tvorbu přípravku. Oproti vodnímu čištění, kdy v jeden moment bylo možné vyprázdnovat pouze jeden kontejner, je pomocí tohoto přípravku zaručeno zrychlení celého procesu. Není nutné po celou dobu pracovního cyklu přípravku využívat vysokozdvíhací vozík a je tedy možné uvolnit tento prostředek k obsluze na jiných pracovištích. Je tedy možná i tato přepravní prostředek s jeho obsluhou využívat efektivněji v rámci celého podniku. Z těchto faktů plyne ekonomická úspora této varianty.

Tabulka 21: Náklady na realizaci přípravku

Sekce	Náklady na materiál [Kč]	Náklady na práci [Kč]
Rámy a kryty	30 000	20 000
Zvedací ústrojí	30 000	7 000
Elektronické prvky	15 000	-
Ochranné povlaky	8 000	8 000
Celkové náklady sekční	83 000	35 000
<b>Celkové náklady</b>	<b>118 000</b>	

## 11 Závěr

Výsledkem návrhu přípravku pro odloučení chladicí kapaliny je originální řešení, které vylepšuje a odstraňuje nedostatky stávajícího procesu vyprazdňování. Za hlavní výhody lze uvést efektivnější vyprazdňování kontejnerů za kratší celkový čas. Velkou výhodou je snadné umístění 1000 l nádrže, která je umístěna uvnitř přípravku. Pro možnost nepřetržitého provozu přípravku je možno umístit dvě nádrže vedle sebe. Jako hlavní komfort této varianty bych rád vyzdvihl umístění ovládacích prvků do jediného místa na boční straně přípravku. V předchozí kapitole byly komentovány dodržené požadavky, které byly nutné akceptovat při konstrukci tohoto přípravku.

Mezi tyto podmínky patří dodržení bezpečnostních kritérií vznikajících z navržené konstrukce. Dále pak zajištění funkčnosti přípravku. Toto kritérium je zajištěno pomocí dodržení omezující podmínky předepsaného náklonu kontejnerů. Jako další jsou rovněž požadavky, které vycházejí z podmínky minimálního umístění dvou kontejnerů na přípravek v jeden okamžik. Z toho vyplývá i délkový maximální rozměr. Svod kapaliny je vyřešen gravitačním způsobem. Z dodržení všech kladených podmínek lze prohlásit dosažení optimální varianty vytvořené na míru pro zadavatele projektu. Z manipulačního hlediska spoívá výhoda tohoto přípravku v jednoduchém umístění pomocí přepravního vozidla.

Celá konstrukce byla podrobena pevnostním kontrolám. Výsledky napětí, které vznikají v jednotlivých gradientech napětí, jako jsou příčky nesoucí jednotlivé kontejnery, svarové přičlenění příček a místa uložení předních částí rámu, leží v rozsahu dovolených hodnot napětí pro konkrétní místa konstrukce. Z tohoto faktu lze říci, že navržená konstrukce vydrží i maximální možné zatížení vyvinuté od hmotností přepravních kontejnerů.

Jako předaná hodnota tohoto přípravku je ekonomická výhodnost použití tohoto produktu. Oproti vodnímu řešení, které spoívá ve vyprazdňování kontejnerů po jednom kuse pomocí vysokozdvíhacího vozu, je tato varianta výhodná především v časovém vyřazení vysokozdvíhacího vozu z pracovního cyklu vyprazdňování. Je tedy možné tento přepravní prostředek uvolnit k jiným účelům společně s obsluhou stroje. Dále výhodnost spoívá ve vztáhném množství vyprazdňovaných kontejnerů v jeden okamžik.

## 12 Seznam literatury a informačních zdrojů

### 12.1 Knifní publikace

[10] Krátký, Stanislav Hosnedl a Jaroslav. *Průručka strojínského inženýra: obecné strojínské části*. Praha : Computer Press, 1999. 80-7226-055-3.

[15] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. Mischke a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. Příkladů Martin HARTL. V Brně : VUT IUM : Příklady vysokoškolských učebnic, 2010. 978-80-214-2629-0.

[18] Hřídel, Karel a Staněk, Jiří. *Tvářecí stroje*. Plzeň : Vydavatelství Západočeské univerzity, 1999.

### 12.2 Publikace na internetu

[1] Broxtec. <http://www.broxtec.cz>. Broxtec. [Online] 15. 10 2017.

<http://www.broxtec.cz/page/1726.vyklopne-kontejnery-na-odpad-trisky>.

[1] Nederman. *Obrábění kovů*. [Online] [Citace: 29. 10 2017.]

<http://www.nederman.cz/problems-we-solve/resource-management/metal-swarf-and-chips>.

[2] Aron-antik. *Plechová vana*. [Online] [Citace: 10. 12 2017.] <http://www.aron-antik.cz/index.php?k=1&pk=17&pid=4244>.

[3] Broxtec. *Výklopné kontejnery na odpad a trisky*. [Online] [Citace: 27. 9 2017.]

<http://www.broxtec.cz/page/1726.vyklopne-kontejnery-na-odpad-trisky/>.

[4] Kovovynabytek. *Výklopné kontejnery o objemu 1700 l*. [Online] [Citace: 13. 12 2017.]

[https://www.kovovynabytek.cz/vyklopne-kontejnery-o-objemu-1700-l-4-modely-p4008/?gclid=CjwKCAjwnLjVBRAdeIwAKSGPIyW9-zTpdOIbRSUpuPAGESg2SrqTvBmXgIwSrDJ1xX2ZNYr481GOMhoChPMQAvD\\_BwE](https://www.kovovynabytek.cz/vyklopne-kontejnery-o-objemu-1700-l-4-modely-p4008/?gclid=CjwKCAjwnLjVBRAdeIwAKSGPIyW9-zTpdOIbRSUpuPAGESg2SrqTvBmXgIwSrDJ1xX2ZNYr481GOMhoChPMQAvD_BwE).

[5] Nederman. *Vertikální drti kovů, typ KB, pro trisky a popy*. [Online] [Citace: 29. 10 2017.] <https://www.nederman.com/cs-cz/products/product?product=428450>.

[6] Nederman. *Kompaktní separátor trisek (centrifuga)*. [Online] [Citace: 29. 10 2017.]

<https://www.nederman.com/cs-cz/products/product?product=334070>.

[7] Nederman. *Briketovací lis na kovové trisky*. [Online] [Citace: 29. 10 2017.]

<https://www.nederman.com/cs-cz/products/product?product=334090>.

[8] Nederman. *Dopravníky se segmentovým ocelovým pásem*. [Online] [Citace: 29. 10 2017.]

<https://www.nederman.com/cs-cz/products/product?product=334072>.

[9] Slovtos. *Vertikálně obrábivé centrum FCM 25 CNC*. [Online] [Citace: 9. 12 2017.]

<http://www.slovtos.sk/vertikalne-obrabacie-centra/fcm-25-cnc>.

[11] Belmet. *Odstředivky a drtičky na kovové trisky*. [Online] [Citace: 12. 1 2018.]

<http://www.belmet.cz/skupina.php?skid=1>.

[12] Broxtec. *Pásové dopravníky trisek, kovového odpadu a výlisků*. [Online] [Citace: 13. 1 2018.]

<http://www.broxtec.cz/page/67983.pasove-dopravniky-trisek/>.

[13] Fyzika.jreichl. *Encyklopedie fyziky*. [Online] [Citace: 4. 3 2018.]

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1651-staticke-podminky-rovnovahy>.

[14] Mitcalc. *epové a kolíkové spoje*. [Online] [Citace: 10. 2 2018.]

<http://www.mitcalc.com/doc/pins/help/cz/pinstxt.htm>.

[16] Bolzano. *Přehled vlastností oceli S235J2G3*. [Online] [Citace: 5. 1 2018.]

[https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP\\_%20Tycova\\_ocel/EN\\_10025/MOP\\_prehled\\_vlastnosti\\_S235JR.pdf](https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP_prehled_vlastnosti_S235JR.pdf).

[17] Broxtec. *Výklopné kontejnery na odpad, pojízdné, dovojitě dno*. [Online] [Citace: 31. 10

2017.] <http://www.broxtec.cz/page/67971.vyklopne-kontejnery-na-odpad-pojizdne-dvojite-dno/>.

### 13 Seznam obrazové přílohy

Obr. 1: Plechové sudy a přepravky [2], [3].....	3
Obr. 2: Výklopný kontejner s dvojitým dnem [4].....	4
Obr. 4: Odstědivá zařízení k kovového odpadu [6].....	5
Obr. 3: Drtič šek, -pon a drát [5].....	5
Obr. 6: Briketovací lis [7].....	6
Obr. 7: Ocelový dopravník [8].....	7
Obr. 8: Upínací přepravek.....	9
Obr. 9: Přepravek na kontrolu a osazení výfuku.....	9
Obr. 10: Stříhací přepravek.....	10
Obr. 11: Výklopný kontejner [4].....	12
Obr. 12: Měrný vzorek hliníkových šek.....	13
Obr. 13: Třídač a váha malého kontejneru.....	14
Obr. 14: Třídač a váha středního kontejneru.....	14
Obr. 15: Třídač a váha velkého kontejneru.....	15
Obr. 16: Diagram zařazení kontejneru v pracovním procesu [9].....	16
Obr. 17: Blackbox.....	17
Obr. 18: Návrh technologie.....	17
Obr. 19: Úplný návrh provozní transformačního procesu.....	18
Obr. 20: Návrh funkční struktury.....	19
Obr. 21: Otočný rám s pohonem.....	21
Obr. 22: Náklonný sklápěč.....	22
Obr. 23: Schéma uspořádání varianty s odstědivkou [11].....	23
Obr. 24: Třísčkový dopravník s přepravním topením [12].....	23
Obr. 25: Výběr optimální varianty.....	26
Obr. 26: Rozložení kontejner.....	27
Obr. 27: Schéma znázorňující manipulaci s kontejnerem.....	28
Obr. 28: Zátěžové stavy konstrukce.....	29
Obr. 29: Znárodnění silových úložků p sobících na rám.....	29
Obr. 30: Rozklad zátěžové síly.....	30
Obr. 31: Spojité obtížení na zadní nosné přeprky.....	31
Obr. 32: Zatížení nosné přeprky stavu E a Reakce v krajních místech nosné přeprky.....	32
Obr. 33: Momenty v krajních bodech nosné přeprky.....	32
Obr. 34: Přední pohled rozložení kontejner varianty E.....	33

Obr. 35: Boční pohled na boční nosník R.....	35
Obr. 36: Síla působící v místě pedního epu.....	36
Obr. 37: Svarové spojení nosné píky.....	37
Obr. 38: Výpočtový model konstrukce.....	39
Obr. 39: Model rozdělený na konečné prvky.....	40
Obr. 40: Výpočtový model s okrajovými podmínkami.....	41
Obr. 41: Model se zavedenými kontakty.....	42
Obr. 42: Zatížení modelu.....	43
Obr. 43: Výsledky deformace modelu v ose Z.....	44
Obr. 44: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled.....	45
Obr. 45: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Pední ep.....	45
Obr. 46: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Střed píky.....	46
Obr. 47: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Svarové spojení píky.....	47
Obr. 48: Výsledky deformace modelu v ose Z.....	47
Obr. 49: Výsledky deformace modelu v ose Y.....	48
Obr. 50: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled.....	49
Obr. 51: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Pední ep.....	49
Obr. 52: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Střed píky.....	50
Obr. 53: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Svarové spojení píky.....	51
Obr. 54: Výsledky deformace modelu v ose Z.....	52
Obr. 55: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Celkový pohled.....	52
Obr. 56: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Pední ep.....	53
Obr. 57: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Střed píky.....	53
Obr. 58: Průběh napětí dle hypotézy Von-Mises o Svarové spojení píky.....	54
Obr. 59: Zobrazení bezpečnostních prvků pro úpravku.....	56
Obr. 60: Reálný produkt.....	56



## 14 Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet kontejnerů v podniku.....	7
Tabulka 2: Přehled hodnot hmotností odpadu za čas.....	8
Tabulka 3: Typy kontejnerů.....	12
Tabulka 4: Hmotnosti vzorků.....	13
Tabulka 5: Tabulka s parametry kontejnerů.....	15
Tabulka 6: Návrh orgánové struktury.....	20
Tabulka 7: Návrh orgánové struktury s vyhodnocením variant.....	20
Tabulka 8: Hodnoty vah porovnávacích kritérií variant.....	24
Tabulka 9: Hodnocení variant.....	25
Tabulka 10: Celkové hmotnosti kontejnerů umístěných na přípravku.....	28
Tabulka 11: Výška tříkotvorných kontejnerů od styčné plochy.....	30
Tabulka 12: Velikosti reakcí v místech nosných pilířů.....	30
Tabulka 13: Hodnoty spojitěho obtížení na nosných pilířích.....	31
Tabulka 14: Vzdálenosti středů spodních profilů kontejnerů.....	33
Tabulka 15: Vzdálenosti poloh silových úhlnů na bočním nosníku.....	35
Tabulka 16: Parametry potrubí pro výrobu a svarového spojení pilířů.....	36
Tabulka 17: Parametry potrubí pro výrobu a svarového spojení pilířů.....	37
Tabulka 18: Shrnutí výsledků dosažených analytickou metodou.....	38
Tabulka 19: Výška tříkotvorných kontejnerů od styčné plochy.....	42
Tabulka 20: Shrnutí výsledků dosažených výrobovými metodami.....	55
Tabulka 21: Náklady na realizaci přípravku.....	57

## 15 Seznam příloh

Příloha 1.1 Výkresová dokumentace vybraných částí přípravku

## 16 Výkresová dokumentace

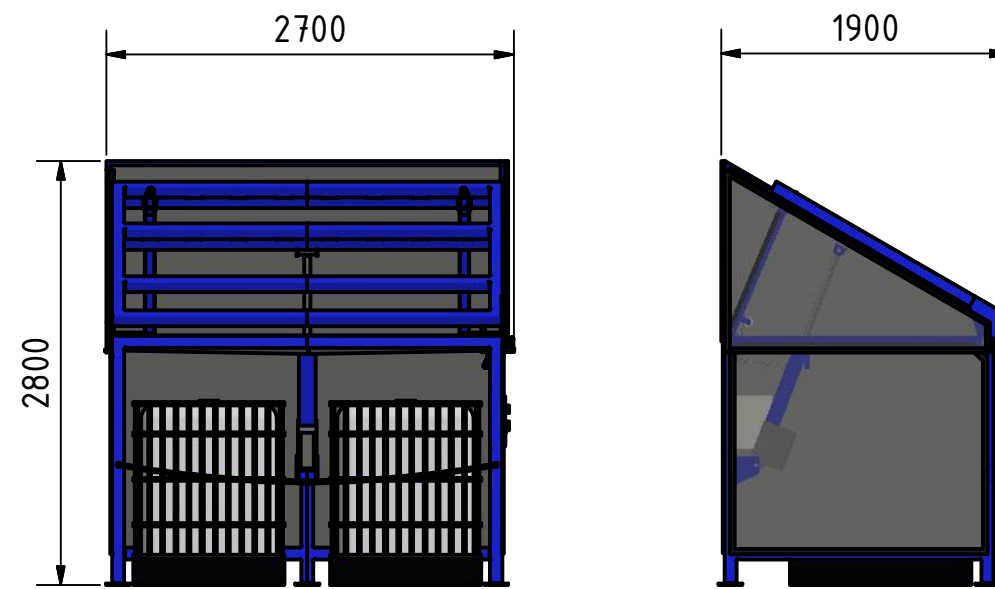
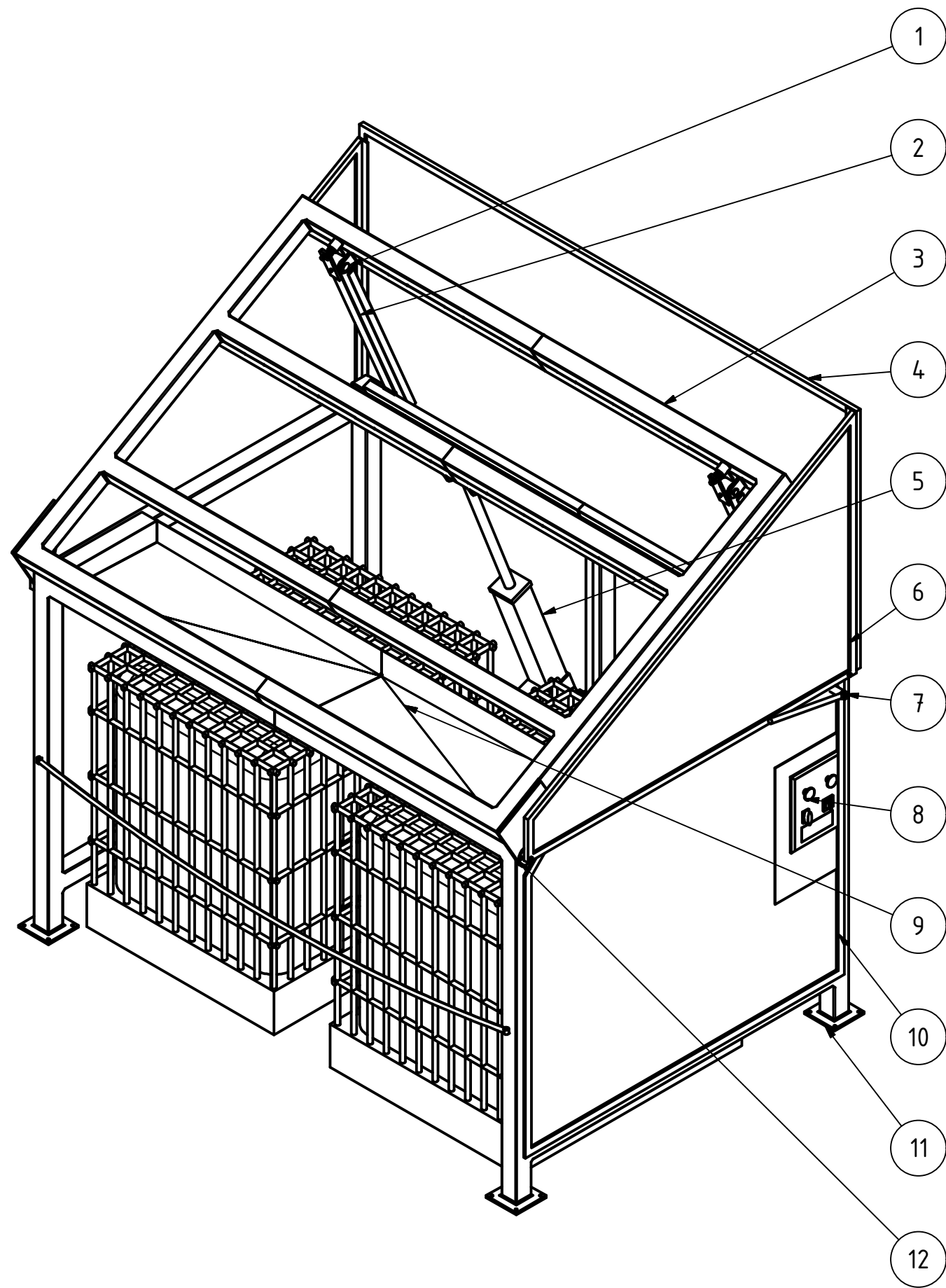
Druh dokumentu	Název	číslo výkresu	Formát
Výkres sestavy	Odlučovací přípravek	KKS-DP-00	A3
Výrobní výkres	Spodní rám	KKS-DP-01	A3

### Použitá softwarová podpora:

Microsoft Office Word 2010, Autodesk Inventor Professional 2017, Adobe Acrobat XI, Siemens NX 11.0

## **Příloha .1**

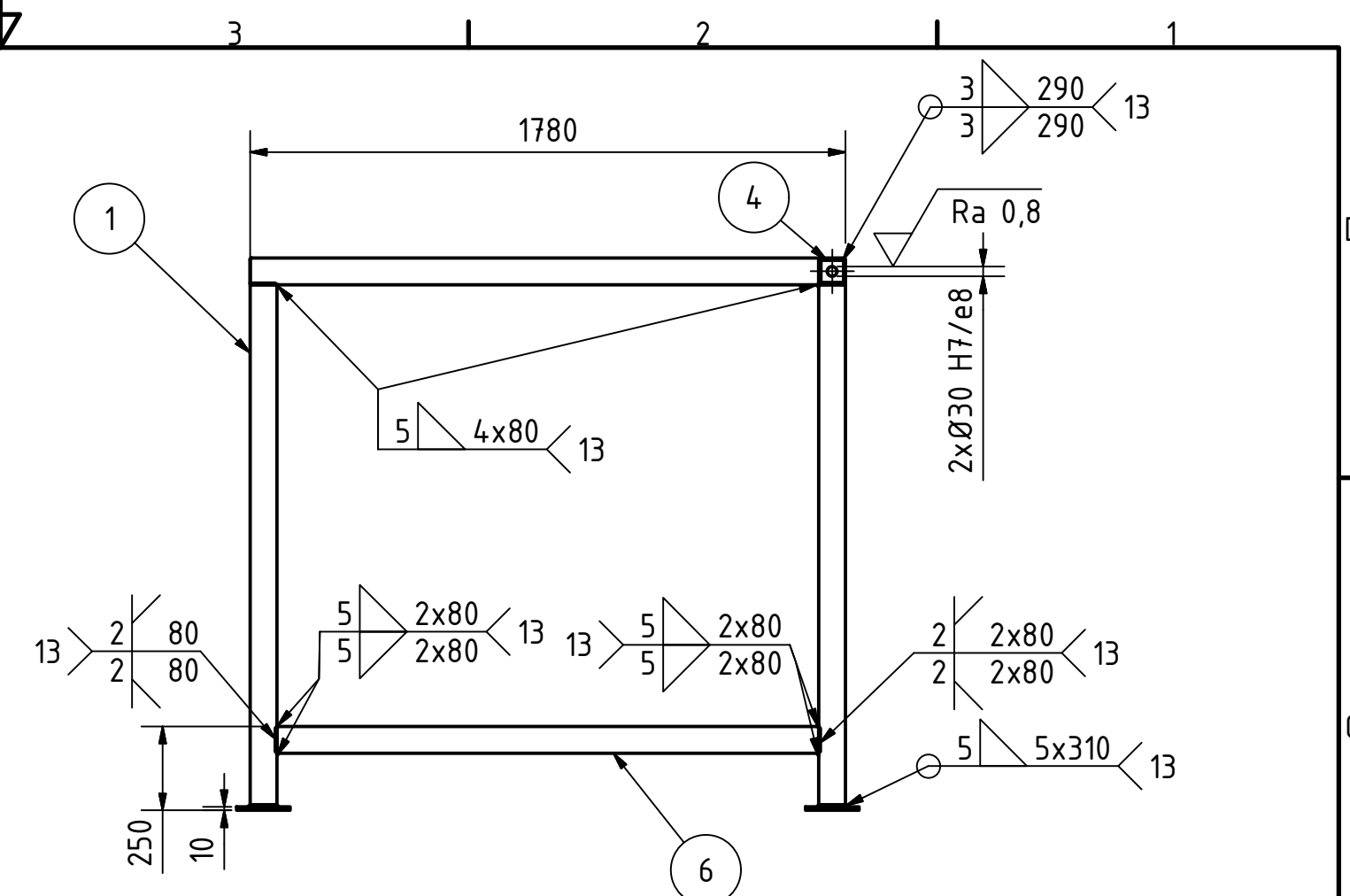
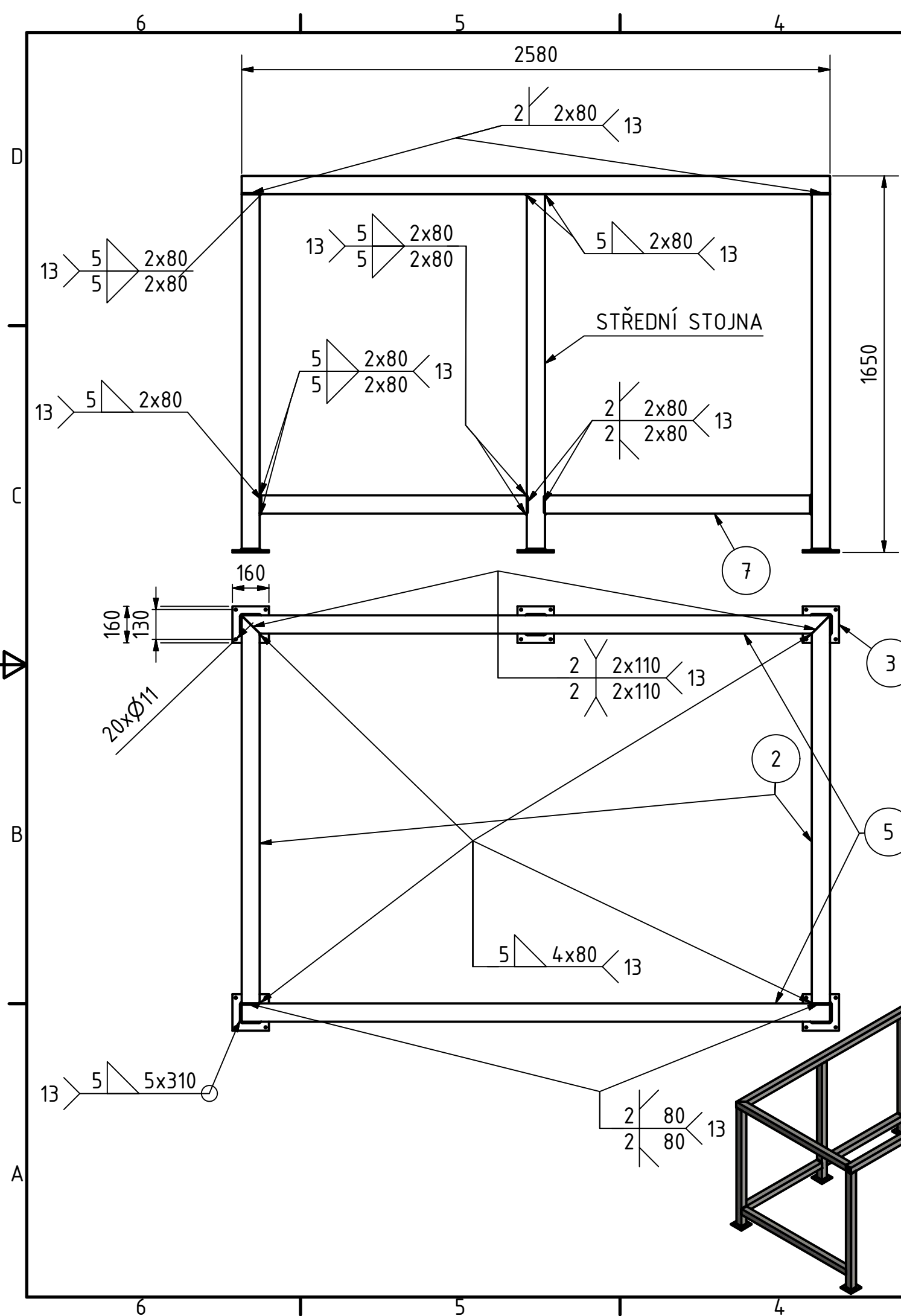
### **Výkresová dokumentace vybraných částí přípravu**



Zástavbové rozměry přípravku 2700x1900x2800

KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	POPIS	HMOTNOST [kg]
<b>VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI</b>			
1	2	Čep vzpěry	0,5
2	2	Vzpěra	6,5
3	1	Otočný rám	112,0
4	1	Zadní kryt	25,0
6	2	Boční kryt	15,0
7	1	Uvolňovací mechanismus	5,0
9	1	Odkapávací plech	16,0
10	1	Spodní kryty	60,0
11	1	Spodní rám (KKS-DP-01)	170,0
12	2	Přední čep	0,8
<b>KUPOVANÉ SOUČÁSTI</b>			
5	1	Hydromotor	50,0
8	1	Ovládací panel	8,0

Měřítko	1:20 (1:50)	Hmotnost (kg)	491,6	Promítání		Formát	A4
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	KAREL HRÍDEL		Název			
	Datum	26.4.2018		ODLUČOVAČ KAPALINY			
<b>KKS</b> KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			KKS-DP-00			
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		List 1 Lisfu 1			



Nejdříve svařit horní část  
Spodní rám je symetrický podle střední stojny

POLOŽKA	KS	NÁZEV POLOTOVARU	HMOTNOST [kg]
1	5	Uzavřené profily čtvercové 80x80x3 (1570)	11,3
2	2	Uzavřené profily čtvercové 80x80x3 (1700)	12
3	5	Široká ocel válcovaná za tepla 160x10 (160)	2
4	2	Ocel plochá válcovaná za tepla 80x30 (80)	1,05
5	2	Uzavřené profily čtvercové 80x80x3 (2580)	18,5
6	2	Uzavřené profily čtvercové 80x80x3 (1620)	11,7
7	2	Uzavřené profily čtvercové 80x80x3 (1170)	8,5

Textura povrchu Ra 0,8	Hrany ISO 13715 -0.4 / +0.4	Měřítko 1:20 (1:50)	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 170	Tolerování ISO 8015
			Promítání 1st angle

Materiál S235JR Formát A4

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI  KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil KAREL HŘÍDEL	Název SPODNÍ RÁM
	Datum 28.4.2010	Číslo dokumentu KKS-DP-01
	Schválil	
	Datum	
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	