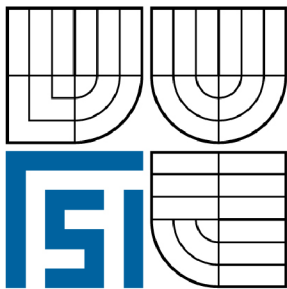


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## MULTIFUNKČNÍ NAKLÁPĚCÍ PÁNEV

MUTIFUNCTION TILTING PAN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. DAVID KOPECKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BRANDEJS, CSc.

BRNO 2009

---

## **ABSTRAKT**

Předmětem této diplomové práce je konstrukční návrh gastronomické multifunkční naklápěcí pánve o objemu 100 l. Model zařízení je vytvořen v programu Autodesk Inventor 2008. Návrh zařízení je podpořen analytickými výpočty a také pevnostní analýzou v programu Ansys Workbench 11.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Multifunkční naklápěcí pánev, gastronomické vybavení, konstrukce, MKP

## **SUMMARY**

The subject of this diploma thesis is constructional design of a gastronomic multifunction tilting pan with a capacity of 100 l. The CAD model of the equipment is designed in Autodesk Inventor 2008. The engineering design of the equipment is supported by analytical calculation as well as structural analyses in the software Ansys Workbench 11.

## **KEYWORDS**

Multifunction tilting pan, gastronomic equipment, construction, MKP

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KOPECKÝ, D. Multifunkční naklápěcí pánev. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Brandejs, CSc.

---



---

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, za použití uvedené literatury a pod odborným vedením pana Ing. Jana Brandejse, CSc.

V Brně dne 21.5.2009

.....  
David Kopecký







**OBSAH**

OBSAH	11
ÚVOD	13
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
1.1 Rozdělení gastronomického vybavení	14
1.2 Typy konstrukcí	14
1.2.1 Možnosti ustavení pánve	15
1.3 Rozdělení pánví podle pracovního tlaku v pánvi	16
1.3.1 Tlakové pánve	16
1.3.2 Pánve pracující za atmosferického tlaku	16
1.4 Varná nádoba	17
1.4.1 Ohřev pánve	17
1.4.2 Materiál	18
1.4.3 Tvarování vany	18
1.4.4 Izolace	18
1.4.5 Víko pánve	18
1.5 Naklápění pánve	19
1.5.1 Typy pohonů pro motorické naklápění	19
1.6 Další prvky konstrukce	19
1.6.1 Ovládací panel	19
1.6.2 Přívod vody	20
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	21
3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	22
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	23
4.1 Výběr typu konstrukce	23
4.2 Výběr materiálu	23
4.3 Návrh konstrukce	23
4.4 Pevnostní výpočty	23
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	24
5.1 Konstrukce s hřídelemi na čelní stěně varné nádoby	24
5.2 Konstrukce s hřídelemi na boku varné nádoby	25
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	26
6.1 Popis navrhované konstrukce	26
6.2 Výpočet tloušťky izolace	27
6.2.1 Volba tepelné izolace	27
6.2.2 Určení součinitele přestupu tepla $\alpha$	27
6.2.3 Hustota tepelného toku	29
6.2.4 Výpočet teploty na povrch varné nádoby	29
6.2.5 Přepočet povrchové teploty pro novou tloušťku izolace	30
6.3 Materiál	31
6.4 Konstrukce varné nádoby	31
6.4.1 Varná nádoba	31
6.4.2 Topná tělesa	33
6.4.3 Instalace tepelné izolace	35
6.4.4 Pohon naklápění pánve	35
6.4.5 Volba uložení	37

---

6.4.6 Pevnostní analýza varné nádoby	39
6.5 Nosný rám pánve	42
6.5.1 Pravý bok rámu	42
6.5.2 Levý bok rámu	43
6.5.3 Propojovací prvky	44
6.5.4 Pevnostní analýza rámu	44
6.6 Víko pánve	49
6.6.1 Volba uložení	50
6.6.2 Naklápění víka	51
6.7 Oplechování rámu	53
6.7.1 Plechování pravé strany rámu	53
6.7.2 Plechování levé strany rámu	55
6.8 Ovládací panel	56
7 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ	57
7.1 Ekonomický rozbor	58
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	60
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	62
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK	66
SEZNAM PŘÍLOH	67

## ÚVOD

Multifunkční naklápěcí pánev je jedním ze zástupců tzv. multifunkčních varných zařízení. Tyto zařízení se v současné době začínají stále více používat v moderních gastronomických provozech. Výhodou těchto zařízení je možnost snížení počtu aktivních technologií v prostoru varny, s čímž jsou spojeny tyto výhody: menší nároky na prostor varny, menší počet zaměstnanců, možnost zrychlení úprav pokrmů [1].

Multifunkční pánev je zařízení pro přípravu většího množství pokrmů. Hlavními gastronomickými operacemi které tyto pánve umožňují jsou tyto: smažení, vaření, pečení, dušení atd. Díky relativně velkému objemu těchto pánví (většinou 80-150 litrů) jsou určeny především pro větší gastronomické provozy jako jsou centrální kuchyně, letištní kuchyně, nemocnice, závodní jídelny, velké hotely a restaurace [2]. Charakteristickým znakem těchto pánví je možnost nakládání varné nádoby. Nakládání varné nádoby je vhodné především pro snadnější vyjímání hotových pokrmů z pánve a také pro snadnější čištění.

## 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V této kapitole je stručně uvedeno rozdělení multifunkčních pánví a popis nejdůležitějších prvků konstrukce.

### 1.1 Rozdělení gastronomického vybavení

Gastronomické vybavení je možno rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou je vybavení neaktivní (např. vozíky, stoly, atd.). Druhou skupinou jsou zařízení aktivní, ty se přímo podílí na procesu přípravy pokrmů. Multifunkční naklápěcí pánve patří do skupiny aktivního gastronomického vybavení [1].

### 1.2 Typy konstrukcí

Pánve vyráběné v současné době můžeme dle celkového provedení jejich konstrukce rozdělit na dva typy. Základní rozdíl mezi těmito konstrukcemi je v umístění hřídelí pro nakládání varné nádoby.

První typ jsou pánve s hřídelemi umístěnými na bocích varné nádoby. Nosný rám těchto pánví je tvořen dvěma bočními částmi mezi nimiž je umístěna varná nádoba (Obr. 1-1).



Obr. 1-1 Multifunkční naklápěcí pánev Elektrolux [3]

U druhého typu konstrukce je varná nádoba usazena shora na nosné konstrukci. Hřídele pro otáčení pánve jsou u těchto pánví umístěny na spodní hraně čelní stěny varné nádoby (Obr. 1-2).



Obr. 1-2 Multifunkční naklápěcí pánev Fagor [4]

### 1.2.1 Možnosti ustavení pánve

1.2.1

---

Nejpoužívanější typ pánví jsou modely volně stojící u kterých je konstrukce pánve nejčastěji opatřena nohami (Obr. 1-2), dalšími možnostmi je ustavení na nerezový (Obr. 1-1) nebo zděný sokl. Druhým typem jsou modely, které se upevňují na nosnou zeď (Obr. 1-3). Výhodou konstrukce připevněné na zeď je absence nohou, což usnadňuje čištění prostoru pod pánví.



Obr. 1-3 Pánev Firex v provedení pro instalaci na zeď [5]

### 1.3 Rozdělení pánví podle pracovního tlaku v pánvi

Podle toho při jakém tlaku lze pokrmy v pánvi připravovat můžeme pánve rozdělit do dvou skupin.

#### 1.3.1 Tlakové pánve

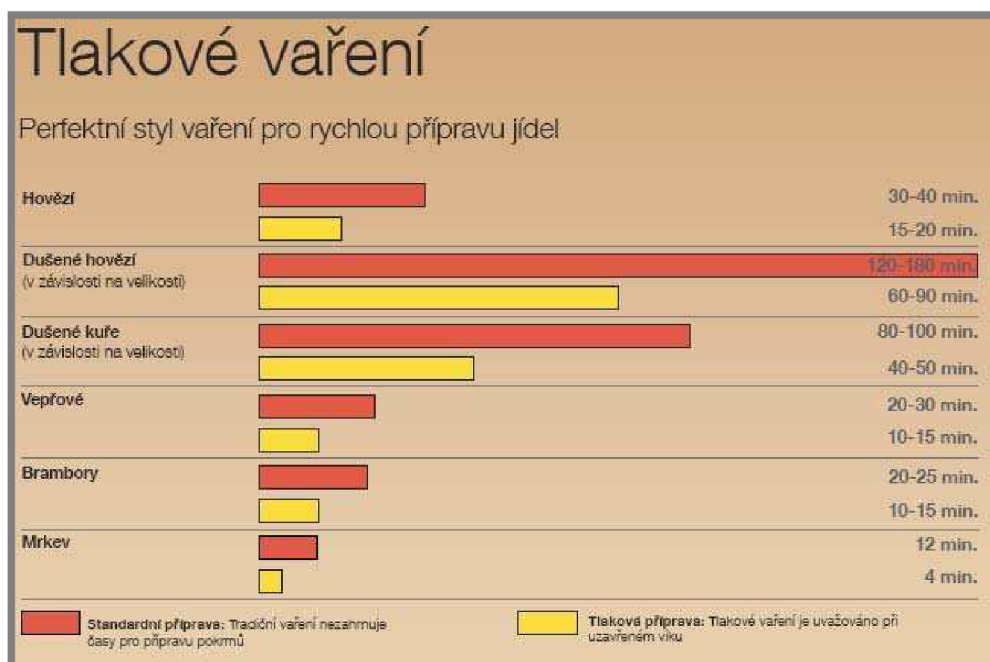
U těchto pánví je možnost pánve uzavřít tlakovým víkem a připravovat pokrmy za zvýšeného tlaku. Jejich vlastnosti jsou v prospektu k těmto zařízením společnosti Elektrolux charakterizovány takto: „Díky velké kapacitě (až 150 l) jsou tyto pánve schopny připravit velké množství jídla v kratším čase a levněji, při maximálním přetlaku (0,5bar). Výhodou multifunkčních tlakových pánví je ideální přenos tepla do pokrmu (více než 5x větší než ve vodě). Zkrácení doby přípravy jídla, které může být až o 50% kratší v porovnání s tradičním ohřevem (viz. Obr. 1-5). Při tlakovém vaření se snižuje spotřeba energie a to v obou cyklech; jak při ohřevu (až do 60%), tak při vlastním vaření (až o 40%). Další výhodou těchto zařízení jsou nízké váhové ztráty pokrmů (-13% až -15%). Menší přítomnost kyslíku v okolí zajišťuje menší oxidaci živin a vitamínů, a tím jejich větší zůstatek v pokrmu. Proto zelenina může být vařena bez předchozího namáčení ve vodě (tzn., že neztratí svoje aroma, minerály a vitamíny jako při vaření ve vodě) a nutriční hodnoty se vytrácejí méně.“ [6]. Tyto pánve nabízí jen velmi málo výrobců. Ukázka tlakové pánve je zobrazena na obrázku 1-4.



Obr. 1-4 Multifunkční tlaková pánev Rosinox [7]

#### 1.3.2 Pánve pracující za atmosferického tlaku

V těchto pánvích lze pokrmy připravovat pouze za stejného tlaku jaký je v okolním prostředí. Konstrukce těchto pánví je jednodušší a je v nabídce výrobců těchto zařízení výrazně více zastoupena.



Obr. 1-5 Srovnání tlakového a normálního vaření [6]

## 1.4 Varná nádoba

1.4

### 1.4.1 Ohřev pánve

1.4.1

U multifunkčních pánví je používán přímý ohřev varné nádoby. Přímý ohřev znamená, že varná nádoba je přímo ohřívána zvoleným zdrojem tepla. Ohříváno je pouze dno varné nádoby. Jako zdroj tepla pro ohřev se používá ohřevu elektrickými topnými tělesy nebo je použito ohřevu plynovými hořáky.

#### Přímý elektrický ohřev

Pro ohřev jsou v tomto případě použita elektrická topná tělesa určená pro kontaktní ohřev. V některých případech jsou topná tělesa zalita v hliníkovém bloku, aby bylo dosaženo lepšího rozvodu tepla.

Topná tělesa pro tyto účely jsou nejčastěji vyráběna z nerezové oceli (např. ČSN 17240). Elektrický ohřev varné nádoby je používán výrazně častěji než ohřev plynovými hořáky.

#### Přímý plynový ohřev

Při použití tohoto ohřevu je dno pánve přímo ohříváno plamenem plynových hořáků. Zapalování hořáku se provádí piezoelektrickým zapalovačem. Topný systém je vybaven bezpečnostní pojistkou, která při zhasnutí plamene automaticky uzavře přívod plynu. Provedení pánve s plynovým ohřevem je konstrukčně složitější a to je pravděpodobně důvod menšího využívání této konstrukce.



### 1.4.2 Materiál

Ve většině případů je varná nádoba vyráběna z nerezové oceli určené pro využití v potravinářství. Nejčastěji používané oceli jsou ČSN 17 240 nebo 17 346. V menší míře je využívána litina.

#### Povrchové úpravy

Vnitřní plocha pánve se často ještě povrchově upravuje pro zlepšení vlastností varné plochy. Úpravy které se například používají jsou leštění, tryskání, atd.

### 1.4.3 Tvarování vany

U naklápěcích pánví je vnitřek pánve tvarován tak, aby bylo možné pánev snadno vyprazdňovat. Z těchto důvodů je většinou čelní stěna varné nádoby skloněna směrem k hornímu okraji, kde je uprostřed umístěn otvor, který usnadňuje vyprazdňování varné nádoby (Obr. 1-6).



Obr. 1-6 Detail varné nádoby pánve Firex [5]

### 1.4.4 Izolace

Aby bylo co nejvíce zamezeno tepelným ztrátám jsou některé pánve tepelně izolovány. Další funkcí izolace je snížení povrchové teploty zařízení, což přispívá ke zvýšení bezpečnosti pro obsluhu pánve.

### 1.4.5 Víko pánve

Víko je standardně konstruováno na ruční otevírání. Z důvodu omezení tepelných ztrát a zvýšení bezpečnosti je také víko pánve u některých pánví tepelně izolováno. Horní plocha víka je u většiny pánví rovná, což z víka při přiklopení pánve vytvoří potenciální odkládací nebo pracovní plochu.

### 1.5 Naklápění pánve

1.5

---

U multifunkčních naklápěcích pánví se používají dva způsoby jejich naklápění. Starším typem je naklápění manuální u kterého je pánev naklápěna přes soustavu ozubených převodů. Novější typ naklápění je takový, že naklápění se děje automaticky pomocí akčního členu. U tohoto typu naklápění se používá několik typů pohonů.

#### 1.5.1 Typy pohonů pro motorické naklápění

1.5.1

---

Nejčastěji používanými pohony u pánví naklápěných motoricky jsou tyto tři: lineární aktuátor (Obr.1-7), převodový motor a hydraulický válec.



Obr. 1-7 Lineární aktuátor Lectrotab [8]

### 1.6 Další prvky konstrukce

1.6

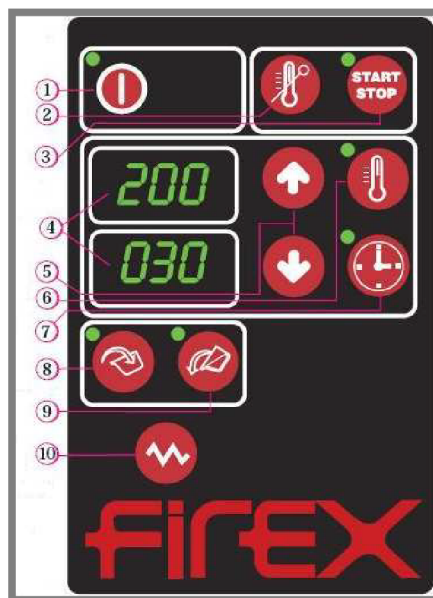
---

#### 1.6.1 Ovládací panel

1.6.1

---

Ovládací panel slouží k nastavení základních funkcí pánve a k jejich ovládní. Ovládací panel se používá ve dvou různých provedeních a to dotykový digitální panel (Obr. 1-8), popřípadě je pánev ovládána pomocí analogových ovladačů nebo je ovládní tvořeno kombinací těchto prvků.



Obr. 1-8 Ovládací panel multifunkční pánve Firex [9]

Popis ovládacího panelu (Obr. 1-8):

- 1-hlavní vypínač ON/OFF
- 3-vypínač pro zahájení ohřevu START/STOP
- 4-display zobrazující nastavené hodnoty
- 5-tlačítka pro změnu hodnot
- 6-nastavení teploty ohřevu
- 7-nastavení doby ohřevu
- 8-naklopení pánve do původní polohy
- 9-sklopení pánve

### 1.6.2 Přívod vody

Některé pánve jsou pro zjednodušení obsluhy osazeny směšovací baterií (Obr. 1-9), která usnadňuje doplňování vody do pánve jak pro vaření tak pro následné čištění.



Obr. 1-9 Multifunkční pánve Rosinox s vodní směšovací baterií [10]

## **2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA**

**2**

---

Multifunkční varné technologie se v současné době stále více prosazují při návrzích a realizacích moderních gastronomických provozů. Výhodou těchto zařízení je možnost jejich použití pro více způsobů úpravy pokrmů. Mezi tyto zařízení patří např. konvektomaty, multifunkční pánve atd.

Tato práce má za cíl konstrukční návrh multifunkční naklápěcí pánve s takovou kombinací požadovaných parametrů, která se v nabídce výrobců v současné době téměř nevyskytuje. Jedná se především o kombinaci požadovaného objemu nádoby, motorického naklápění pánve a celkově tepelně izolované varné nádoby.

### 3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh multifunkční naklápěcí pánve na vaření o objemu varné nádoby 100 l. Zařízení by mělo umožňovat úpravu pokrmů při maximální teplotě 250 °C. Z důvodu zvýšení bezpečnosti a snížení tepelných ztrát by měla být vyřešena izolace varné nádoby. Maximální teplota na povrchu zařízení by neměla přesáhnout 50 °C.

Z ohledem na snadnější vyprazdňování a čištění varné nádoby by mělo být umožněno její nakládání. Dalším dílčím úkolem je návrh vzhledu ovládacího panelu. Celý konstrukční návrh by měl být podpořen tvorbou 3D modelu zařízení, výkresové dokumentace vybraných částí a návrhovými a kontrolními výpočty.

Shrnutí požadovaných parametrů:

Objem varné nádoby 100 l

Přibližné rozměry varné nádoby 900 x 700 x 200 mm

Maximální teplota v pánvi 250 °C

Maximální teplota na povrchu pánve 50 °C

Motorické nakládání pánve

Ruční odkládání víka

## 4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

**4**

---

### 4.1 Výběr typu konstrukce

4.1

---

Před samotným zahájením prací na návrhu konstrukce je důležité zvolit vhodný typ konstrukce s ohledem na kladené požadavky.

### 4.2 Výběr materiálu

4.2

---

S ohledem na typ konstruovaného zařízení je třeba vybrat vhodný materiál určený ke konstrukci potravinářského vybavení, který bude splňovat požadavky na něj kladené.

### 4.3 Návrh konstrukce

4.3

---

Samotná konstrukce musí být navržena s ohledem na zadané rozměry a parametry, které by mělo zařízení splňovat. Práce by měla obsahovat návrh konstrukce pánve a její tepelné izolace. Důležitou částí je také vyřešení uložení pánve a pohonu pro naklápění. Dalšími důležitými prvky konstrukce jsou nosný rám a víko pánve.

Tvorba 3D modelů jednotlivých částí konstrukce bude realizována v programu Autodesk Inventor 2008, pro tvorbu výkresové dokumentace bude použit program AutoCAD 2007. Design ovládacího panelu pánve bude navrhnout v programu Adobe Illustrator 10.

### 4.4 Pevnostní výpočty

4.4

---

Důležitou součástí návrhu této konstrukce je také realizace pevnostních výpočtů některých částí navrhované konstrukce. Výpočty budou provedeny s využitím programu Ansys Workbench 11.

## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Pro návrh multifunkční naklápěcí pánve se nabízely dvě varianty konstrukcí, ze kterých bylo po zhodnocení jejich konstrukce nutné vybrat variantu vhodnější pro dané zadání. Obě varianty byly již krátce popsány v kapitole 1.2. Největší rozdíl u těchto dvou variant tvoří způsob usazení varné nádoby na nosném rámu a umístění hřídelí pro nakládání pánve.

### 5.1 Konstrukce s hřídelemi na čelní stěně varné nádoby

Tento typ konstrukce je tvořen rámem, na který je shora usazena varná nádoba. Hřídele pro nakládání jsou umístěny ve spodní části čelní stěny varné nádoby. Pohon pro nakládání je u této konstrukce umístěn pod varnou nádobou. Výhodou této varianty jsou menší rozměry.



Obr. 5-1 Multifunkční pánev Rosinox [11]

## 5.2 Konstrukce s hřídelemi na boku varné nádoby

U takto konstruovaných pánví jsou hřídele, které umožňují naklápění varné nádoby umístěny na bocích varné nádoby. Rám pánve je tvořen pravým a levým bokem mezi než je vsazena varná nádoba (Obr. 5-2). Oba boky rámu jsou v zadní části konstrukce propojeny. Pohon pro naklápění pánve i ovládací prvky pánve jsou umístěny v bočních dílech rámu. Tato konstrukce má při stejném objemu varné nádoby větší šířku než předchozí varianta díky bočnímu provedení rámu. Výhodou tohoto řešení je možnost využití více druhů pohonů pro naklápění varné nádoby než u předchozí varianty (lineární pohon i převodový motor). Tato varianta také umožňuje vhodněji umístit ovládací panel zařízení, který se umísťuje na čelní stranu boční konstrukce a je možno jej uložit ve větší výšce, což je vhodnější pro pohodlnější obsluhu zařízení.



Obr. 5-2 Multifunkční pánev Rosinox [10]

### Zhodnocení

Z uvedených dvou variant vybírám pro mé konstrukční řešení variantu s hřídelemi na boku varné nádoby. Tato konstrukce se jeví výhodnější z hlediska používání pro obsluhu. Její další výhodou je umístění jak ovládacího panelu tak pohonu naklápění a dalších prvků v boku konstrukce což usnadňuje případný servis zařízení. Na boční konstrukci je také možno umístit další doplňkové prvky, jako je například směšovací vodní baterie.



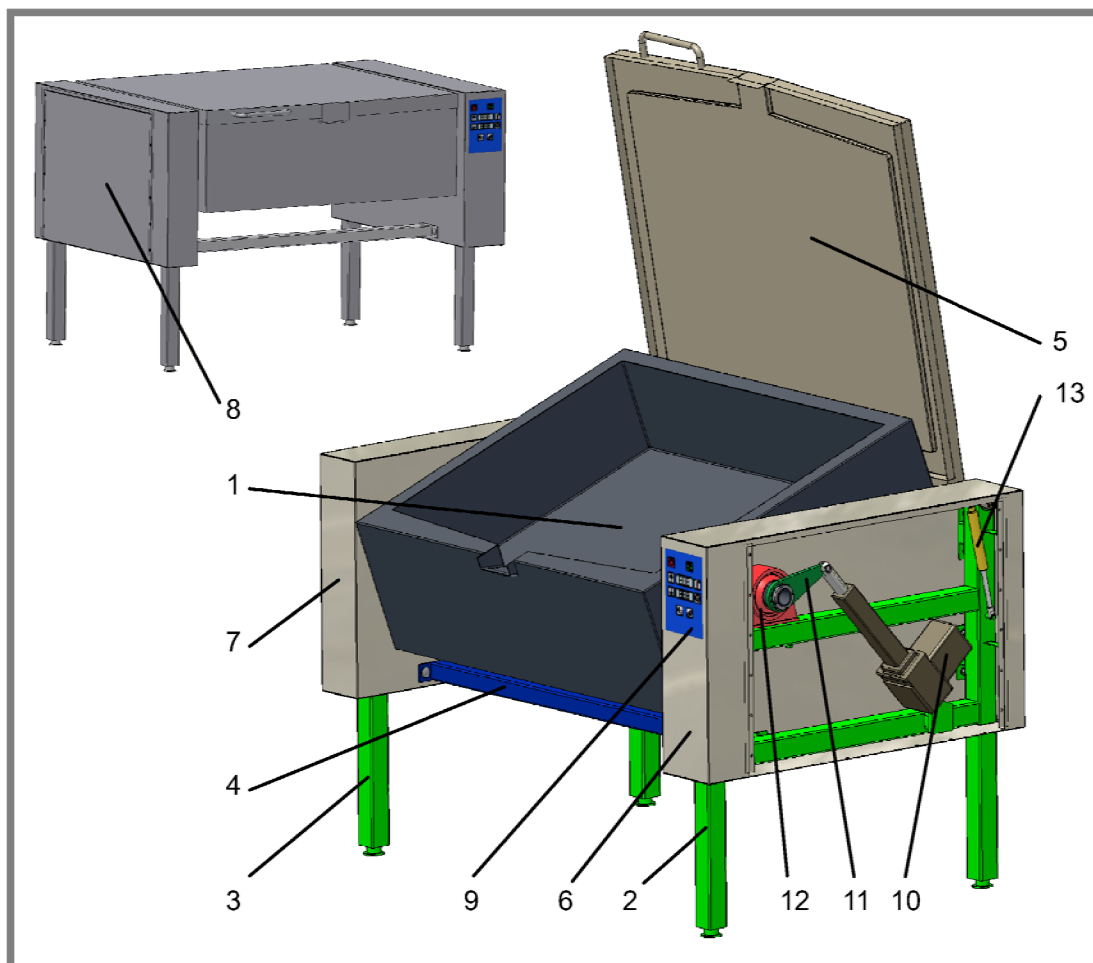
## 6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

### 6.1 Popis navrhované konstrukce

Základ multifunkční naklápečí pánve tvoří varná nádoba usazená na nosném rámu. Rám je rozdělen na pravou a levou boční část, které jsou mezi sebou spojeny propojovacími tyčemi (jedna vpředu (viz Obr. 6-1), další dvě jsou umístěny za varnou nádobou).

Nakládění pánve je realizováno pomocí lineárního aktuátoru uloženého na pravé straně rámu. Varnou nádobu je možné uzavírat ručně naklápečným víkem. Při odkládění je víko nadlehčováno pomocí plynových vzpěr.

Oba boční díly konstrukce jsou překryty plechováním, které zakrývá prvky umístěné na rámu. Na čelní straně pravého krycího plechování je umístěn ovládací panel pánve.



**Obr. 6-1** Hlavní části pánve:

1-varná nádoba, 2-pravý bok rámu, 3- levý bok rámu, 4-prvek propojující boční díly rámu, 5-víko pánve, 6-plechování pravé strany rámu, 7-plechování levé strany rámu, 8-odnímatelný kryt plechování, 9-ovládací panel, 10-pohon nakládění pánve (aktuátor), 11-rameno aktuátoru, 12-ložisko pro uložení varné nádoby v rámu, 13-plynová vzpěra

## 6.2 Výpočet tloušťky izolace

Jelikož je na povrchu pánve požadována maximální teplota  $50^{\circ}\text{C}$  je třeba vypočítat příslušnou tloušťku tepelné izolace, která bude určovat výsledné rozměry varné nádoby. Pokud není uvedeno jinak jsou vzorce v této kapitole převzaty z literatury [12].

### 6.2.1 Volba tepelné izolace

Před vlastním výpočtem bylo nutné zvolit tepelnou izolaci. Z nabídky technických tepelných izolací jsem zvolil izolaci Rockwool WM 80, která se vyznačuje dobrým součinitelem tepelné vodivosti i za zvýšených teplot [13].

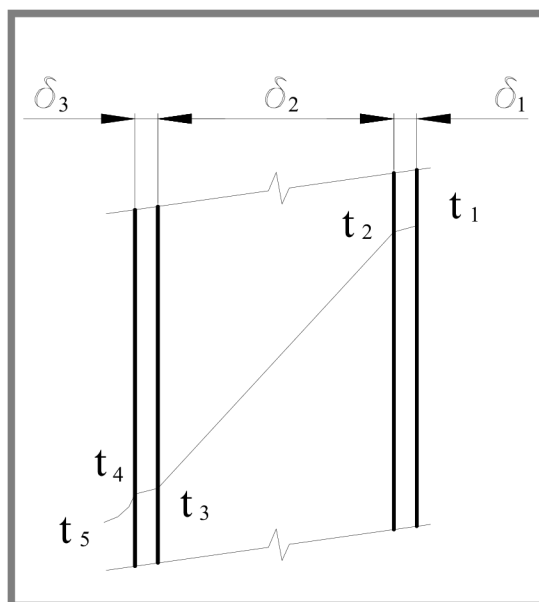
Vlastnosti izolace:

Maximální provozní teplota  $T_p = 700^{\circ}\text{C}$

Součinitel tepelné vodivosti při  $250^{\circ}\text{C}$   $\lambda_i = 0,07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

### 6.2.2 Určení součinitele přestupu tepla $\alpha$

Pro výpočet teploty vnějšího povrchu pánve je třeba určit součinitel přestupu tepla z vnější stěny do okolního vzduchu. Díky součiniteli přestupu tepla bude možné vypočítat hustotu tepelného toku a z něj následně povrchovou teplotu vany. Problém je v tom, že pro určení součinitele  $\alpha$  je třeba znát teplotu vnějšího povrchu pánve (Obr. 6-2,  $t_4$ ), kterou se v této kapitole snažím vypočítat, z toho důvodu tuto teplotu pro potřebu vypočtení součinitele  $\alpha$  odhadnu. Součinitel přestupu tepla bude z tohoto důvodu určen pouze přibližně. S ohledem na zadání volím vnější teplotu pánve pro tento výpočet  $50^{\circ}\text{C}$ .



Obr. 6-2 Průběh změny teploty ve stěně pánve  
 $t_1$ - teplota vnitřního povrchu pánve  
 $t_5$ - teplota okolního prostředí

Výpočet Grashofova čísla

$$t_u = \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{323,15K + 293,15K}{2} = 308,15K$$

kde:

$t_u$ [K]	-určující teplota
$t_4$ [K]	-teplota vnější stěny (pro potřebu tohoto výpočtu volím 50°C)
$t_5$ [K]	-teplota okolí (volím 20°C)

$$\Delta t = t_4 - t_5 = 323,15K - 293,15K = 30K$$

kde:

$\Delta t$ [K]	-teplotní diference stěny a okolního vzduchu
$t_4$ [K]	-teplota vnější stěny
$t_5$ [K]	-teplota okolí

$$Gr = \frac{\Delta t \cdot g \cdot L^3}{t_u \cdot \nu^2} = \frac{30K \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot 0,3m^3}{308,15K \cdot (17,9 \cdot 10^{-6} m^2 \cdot s^{-1})^2} = 80479596,9$$

kde:

$Gr$ [1]	-Grashofovo číslo
$\Delta t$ [K]	-teplotní diference stěny a okolního vzduchu
$g$ [m.s <sup>-2</sup> ]	-tíhové zrychlení
$L$ [m]	-charakteristický rozměr (výška varné nádoby)
$t_u$ [K]	-určující teplota
$\nu$ [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	-kinematická viskozita vzduchu

Výpočet Nusseltova čísla

$$Nu = C \cdot (Pr \cdot Gr)^n = 0,195 \cdot (0,71 \cdot 80479596,9)^{1/3} = 75,107$$

kde:

$Nu$ [1]	-Nusseltovo číslo
$C$ [1]	-konstanta závislá na hodnotě součinu $Pr \cdot Gr$ [12]
$n$ [1]	-konstanta závislá na hodnotě součinu $Pr \cdot Gr$ [12]
$Pr$ [1]	-Prandtlovo číslo [14]
$Gr$ [1]	-Grashofovo číslo

Výpočet součinitele přestupu tepla

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_v}{L} = \frac{75,107 \cdot 0,0262 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}{0,3 m} = 6,56 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

kde:

$\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel přestupu tepla
$Nu$ [1]	-Nusseltovo číslo
$\lambda_v$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel tepelné vodivosti vzduchu [14]
$L$ [m]	-charakteristický rozměr (výška varné nádoby)

**6.2.3 Hustota tepelného toku**

Součinitel prostupu tepla

$$k = \frac{l}{\frac{\delta_1}{\lambda_o} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_2}{\lambda_o} + \frac{l}{\alpha}} =$$

$$= \frac{0,002m}{16,27W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}} + \frac{0,06m}{0,07W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}} + \frac{0,002m}{16,27W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}} + \frac{l}{6,56W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}} =$$

$$= 0,99W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

kde:

$\delta_1$ [m]	-tloušťka vnitřní stěny varné nádoby
$\delta_2$ [m]	-tloušťka vnější stěny varné nádoby
$\delta_i$ [m]	-tloušťka tepelné izolace (volím 60mm)
$\lambda_o$ [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]	-součinitel tepelné vodivosti nerezové oceli [15]
$\lambda_i$ [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]	-součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace
$\alpha$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	-součinitel přestupu tepla

Hustota tepelného toku

$$\dot{q} = k \cdot \Delta t_1 = k \cdot (t_1 - t_5) = 0,99W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot (523,15K - 293,15K) = 227,8W \cdot m^{-2}$$

kde:

$\dot{q}$ [ $W \cdot m^{-2}$ ]	-hustota tepelného toku
$k$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	-součinitel prostupu tepla
$\Delta t_1$ [K]	-teplotní diference mezi vnitřní stěnou a okolním vzduchem
$t_1$ [K]	-teplota vnitřní stěny
$t_5$ [K]	-teplota okolního vzduchu

**6.2.4 Výpočet teploty na povrch varné nádoby**

$$t_4 = t_5 + \dot{q} \cdot \frac{l}{\alpha} = 293,15K + 227,8W \cdot m^{-2} \cdot \frac{l}{6,56W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}} = 327,85K = 54,7^\circ C$$

kde:

$t_4$ [K]	-teplota vnější stěny
$\dot{q}$ [ $W \cdot m^{-2}$ ]	-hustota tepelného toku
$t_5$ [K]	-teplota okolního vzduchu
$\alpha$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	-součinitel přestupu tepla

Jak vyplývá z vypočtené teploty na povrchu pánve pro tloušťku izolace  $\delta_i=60$  mm, tak tato izolace téměř vyhovuje požadavku ze zadání na maximální povrchovou teplotu  $50^\circ C$ . Po konzultaci výsledků s vedoucím práce jsme stanovili jako maximální tloušťku izolace na 40 mm s tím, že nebude dodržen požadavek na maximální teplotu na povrchu.

Po stanovení maximální přípustné tloušťky je třeba přepočítat maximální povrchovou teplotu pro tloušťku izolace 40 mm.

### 6.2.5 Přepočet povrchové teploty pro novou tloušťku izolace

Součinitel prostupu tepla

$$k = \frac{l}{\frac{\delta_1}{\lambda_o} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_2}{\lambda_o} + \frac{l}{\alpha}} =$$

$$= \frac{0,002 \text{ m}}{16,27 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} + \frac{0,04 \text{ m}}{0,07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} + \frac{0,002 \text{ m}}{16,27 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} + \frac{l}{6,56 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}} =$$

$$= 1,38 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

kde:

$\delta_1$ [m]	-tloušťka vnitřní stěny varné nádoby
$\delta_2$ [m]	-tloušťka vnější stěny varné nádoby
$\delta_i$ [m]	-tloušťka tepelné izolace (volím 40mm)
$\lambda_o$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	-součinitel tepelné vodivosti nerezové oceli
$\lambda_i$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	-součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace
$\alpha$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	-součinitel přestupu tepla

Hustota tepelného toku

$$\dot{q} = k \cdot \Delta t_1 = k \cdot (t_1 - t_5) = 1,38 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (523,15 \text{ K} - 293,15 \text{ K}) = 317,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

kde:

$\dot{q}$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	-hustota tepelného toku
$k$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	-součinitel prostupu tepla
$\Delta t_1$ [K]	-teplotní diference mezi vnitřní stěnou a okolním vzduchem
$t_1$ [K]	-teplota vnitřní stěny
$t_5$ [K]	-teplota okolního vzduchu

Teplota na povrchu pánve

$$t_4 = t_5 + \dot{q} \cdot \frac{l}{\alpha} = 293,15 \text{ K} + 317,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \frac{l}{6,56 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}} = 341,55 \text{ K} = 68,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$t_4$ [K]	-teplota vnější stěny
$\dot{q}$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	-hustota tepelného toku
$t_5$ [K]	-teplota okolního vzduchu
$\alpha$ [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]	-součinitel přestupu tepla

Výsledná maximální teplota povrchu pánve 68,4°C je pro takovéto zařízení stále vyhovující. Výrobci multifunkční pánvi pokud uvádějí tuto limitní teplotu, tak její hodnota bývá 70°C.

### 6.3 Materiál

Celá konstrukce pánve a všechny její části jsou vyrobeny z nerezové oceli, pokud nebude výslovně uvedeno jinak. Jako vhodný materiál pro tento účel volím nerezovou ocel určenou pro užití v potravinářství ČSN 17240 (DIN 1.4301, AISI 304).

Vlastnosti materiálu:

Austenitická, chromniklová ocel schválená pro teplotní namáhání do 300°C. Svařitelnost elektrickým obloukem je dobrá při použití všech metod svařování. Ocel je dobře lešitelná a obzvláště dobře tvárná hlubokým tažením, ohraňováním, zakružováním atd. Ocel je odolná proti vodě, vodní páře, vlhkosti vzduchu, jedlým kyselinám i slabým organickým a anorganickým kyselinám a má velmi rozličné možnosti použití jako např. v potravinářském průmyslu.

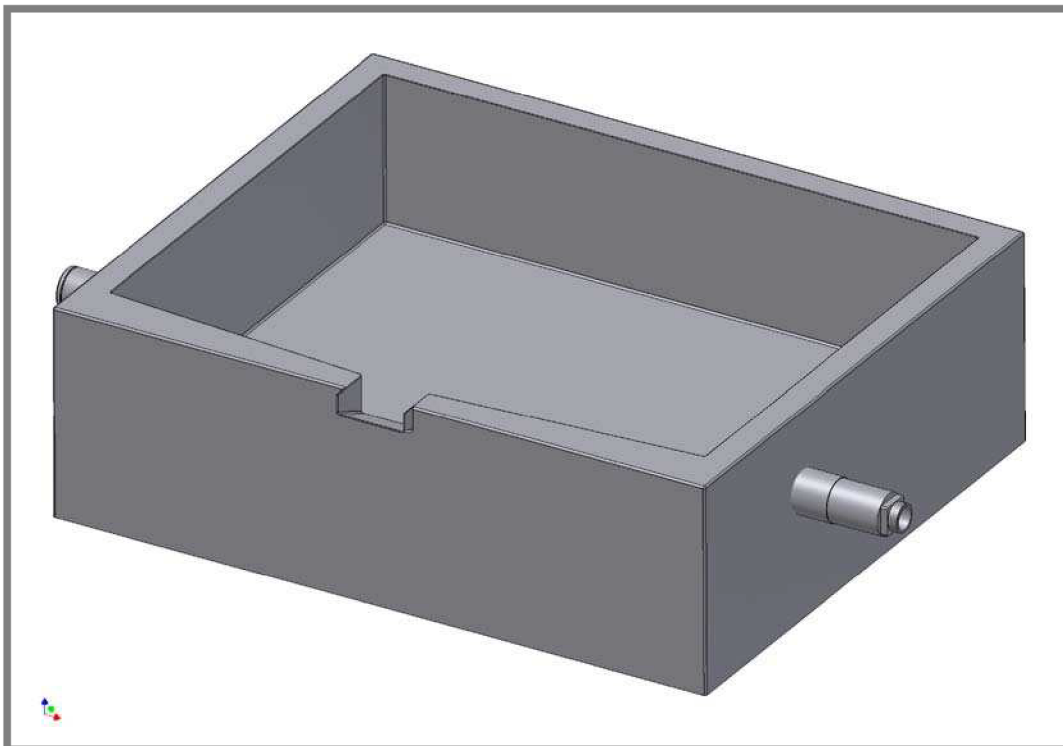
Mez pevnosti-  $R_m=540$  MPa  
Mez kluzu-  $R_{p0,2}=220$  Mpa

### 6.4 Konstrukce varné nádoby

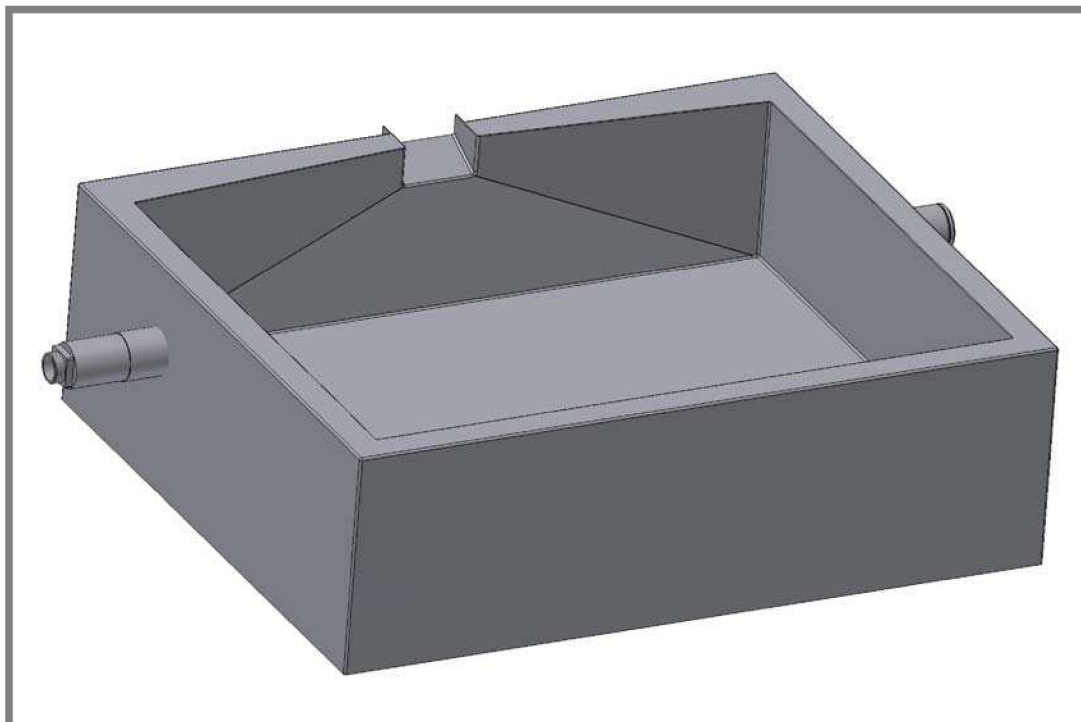
Základ varné nádoby tvoří svařenec z ocelových plechů. Dále je varná nádoba doplněna o instalaci tepelné izolace a topných těles.

#### 6.4.1 Varná nádoba

Nádoba je konstruována jako dvouplášťová z důvodu snížení vnější povrchové teploty (viz. kapitola 6.2). Pánev je řešena jako svařenec z plechových dílů. Tloušťka plechů ze kterých je tvořen základ nádoby je 2 mm. Dno nádoby je z plechu o tloušťce 8 mm.

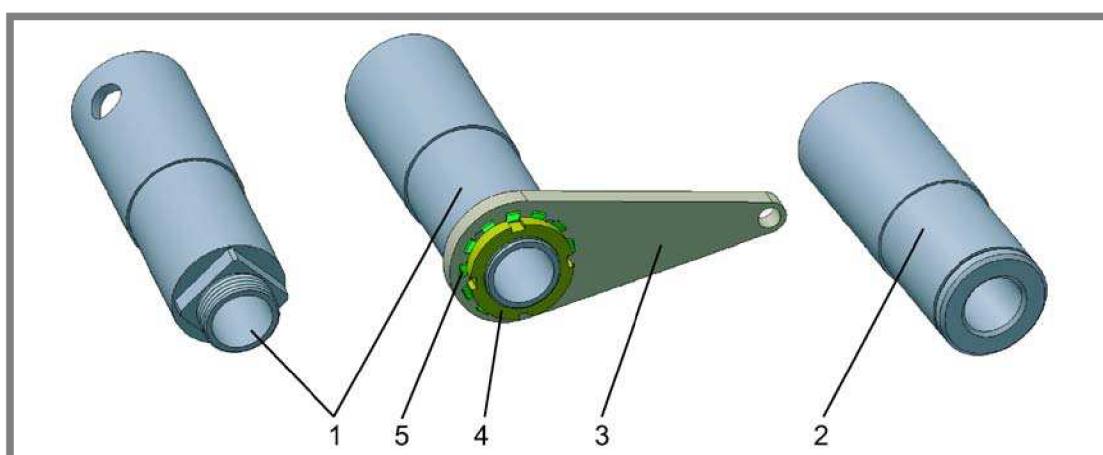


Obr. 6-3 Varná nádoba – pohled na přední část



Obr. 6-4 Varná nádoba – pohled na zadní část

Aby bylo možné pánve natáčet je varná nádoba osazena hřídelemi. Hřídele jsou na bocích umístěny blíže čelní straně varné nádoby, což umožňuje vyprazdňování obsahu pánve i do vyšších nádob. Hřídele jsou vyrobeny ze silnostěnných trubek 65x15 mm. Pravou hřídelí bude vedeno elektrické vedení od topných těles do pravého boku rámu v němž bude umístěna elektrická instalace zařízení. Pravá hřídel má na svém konci vytvořen čtyřhran 42x42 mm ukončený závitem M40 a drážkou pro MB podložku. Na čtyřhranu bude nasazeno rameno aktuátoru zajištěné KM maticí s MB podložkou (Obr. 6-5). Levá hřídel je na konci osazena drážkou pro pojistný kroužek zamezující axiálnímu posuvu hřídele vůči ložisku (Obr. 6-5).



Obr. 6-5 Detail hřídelí: 1-pravá hřídel, 2-levá hřídel, 3-rameno aktuátoru, 4-KM matice, 5- MB podložka



### 6.4.2 Topná tělesa

Pro ohřev pánve volím ohřev elektrickými topnými tělesy, který je konstrukčně jednodušší než ohřev plynovými hořáky.

Jelikož jsem na trhu nenalezl odpovídající topná tělesa pro rozměry mnou navrhnuté konstrukce je třeba tvar topných těles navrhnout. Při návrhu tvaru jsem se řídil pravidly pro tvarování těles dle požadavků vybraného výrobce [16].

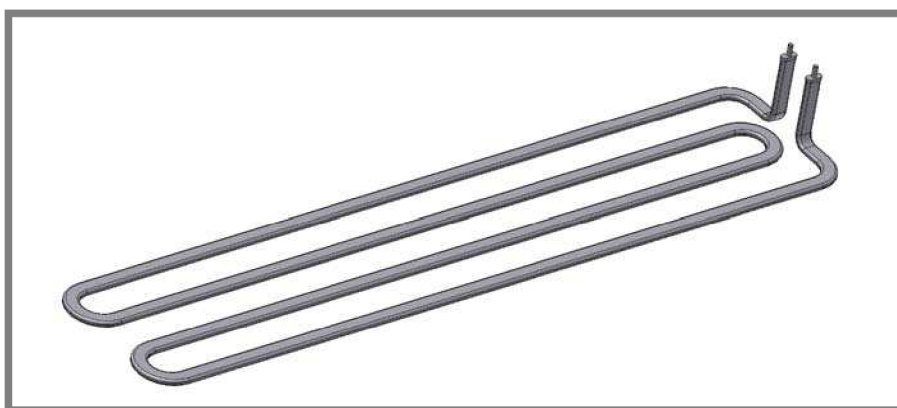
*Parametry topných těles:*

Materiál ČSN 17420

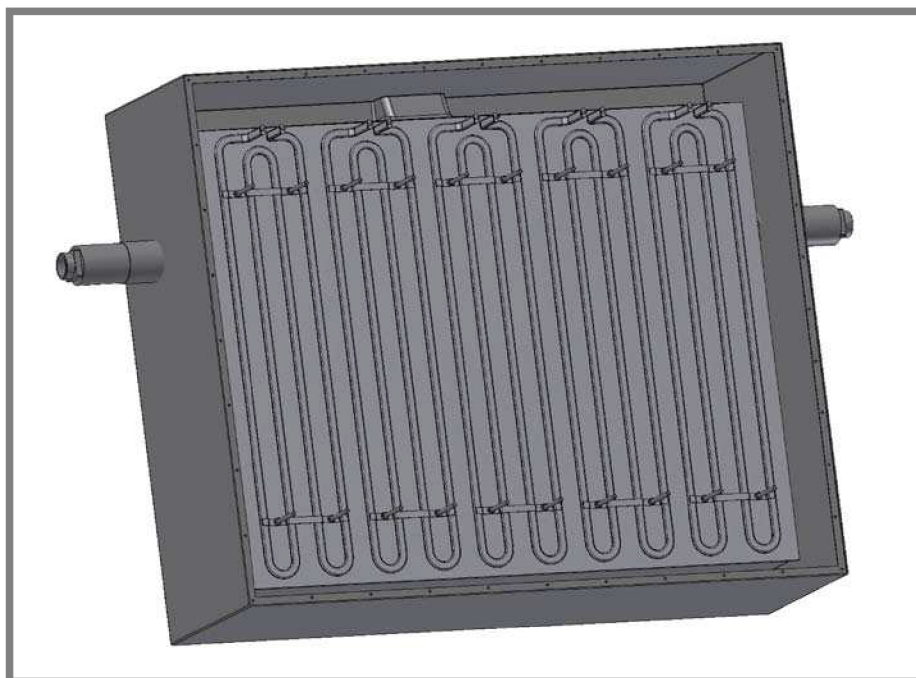
Průřez tyčí oválný 13x5,5 mm

Maximální měrné zatížení povrchu 4 W/cm<sup>2</sup>

Ukončení topné tyče svorníkem M4



Obr. 6-6 Odporové topné těleso

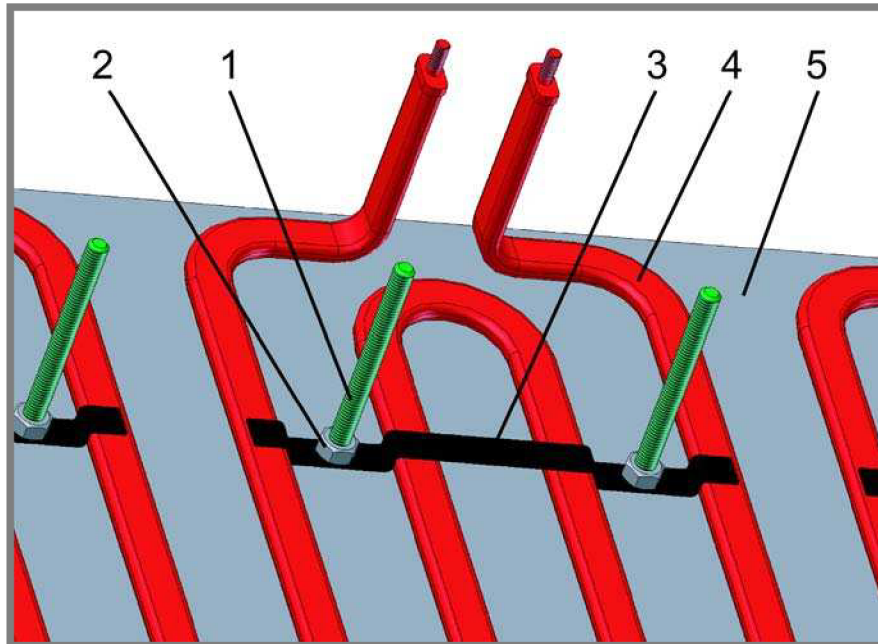


Obr. 6-7 Uspořádání topných těles

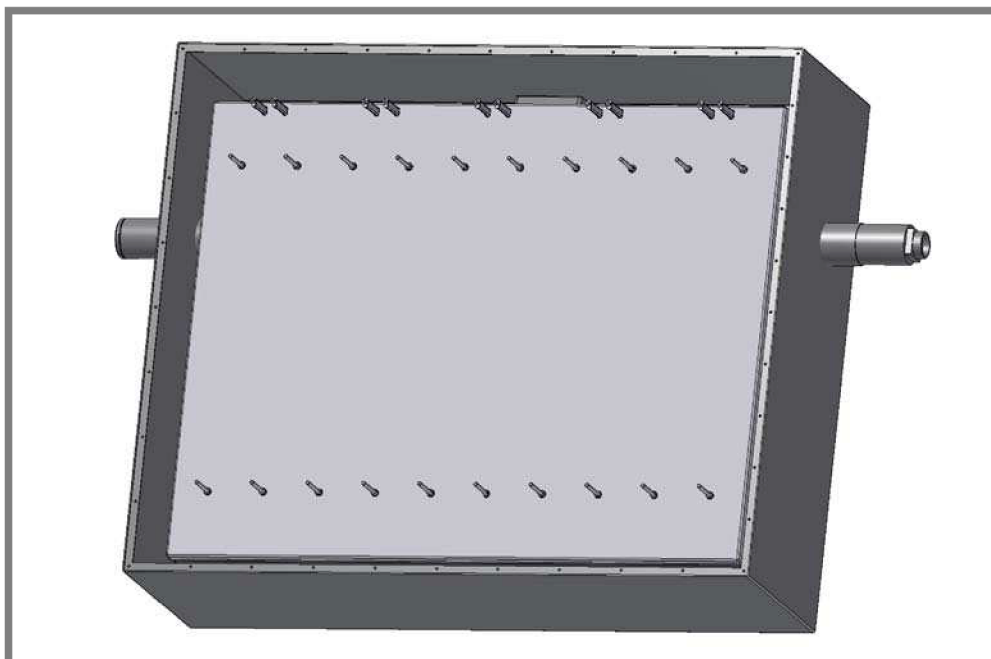


## Upevnění topných těles

Pro upevnění topných těles jsou na spodní stěnu dna varné nádoby přivařeny dvě řady závitových tyčí M6x68 mm (Obr. 6-8). Pomocí těchto tyčí, přítlačných podložek a matic M6 jsou tělesa přitažena k varné desce. Topná tělesa jsou po připevnění k varné desce překryta krytem z hliníkového plechu, který je také připevněn pomocí matic M6 a závitových tyčí. Kryt slouží k odrazu tepelného záření produkovaného topnými tělesy (Obr. 6-9).



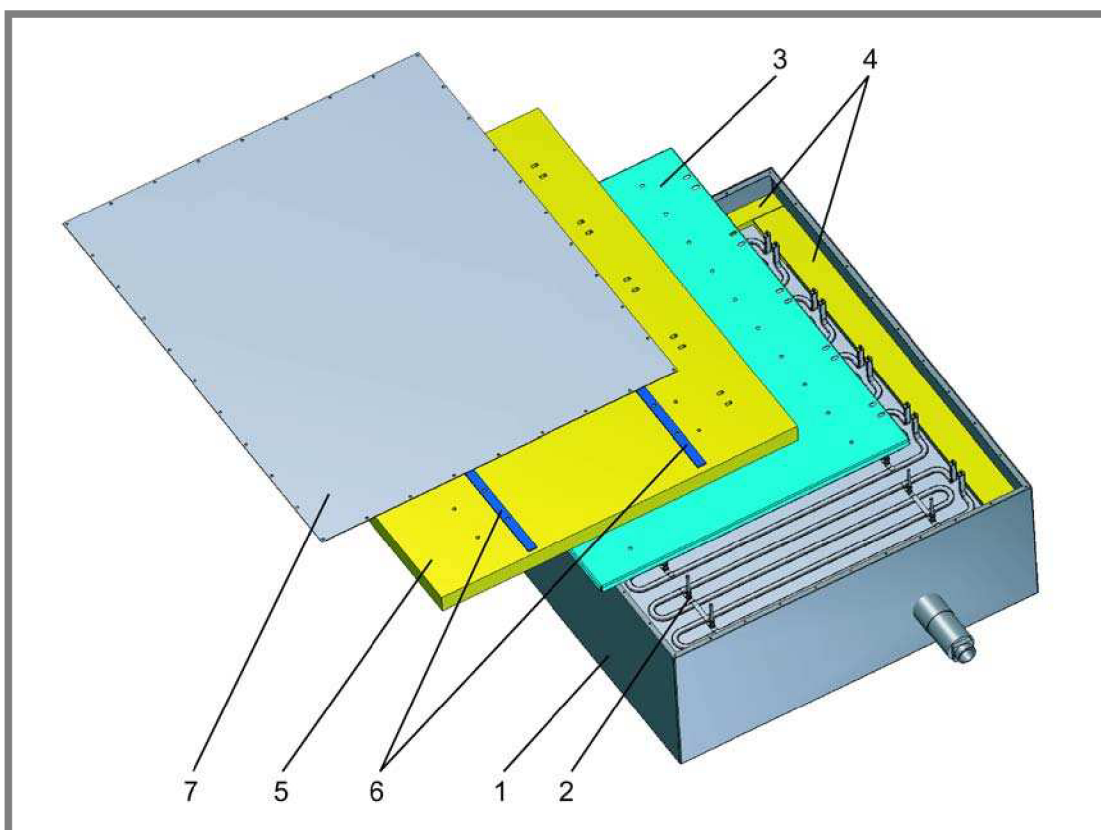
Obr. 6-8 Detail uchycení topných těles: 1-závitová tyč M6, 2- matice M6, 3-přítlačná podložka, 4-topné těleso, 5-dno varné nádoby



Obr. 6-9 Připevní krytu topných těles

### 6.4.3 Instalace tepelné izolace

Zvolená tepelná izolace (viz. kapitola 6.2.1) je standardně výrobcem dodávána v rolích o šířce 1 m a délce 5 m. Z role jsou naděleny čtyři díly izolace do stěn varné nádoby a jedna deska do spodní části na překrytí topných těles (Obr. 6-10). Spodní díl izolace je pomocí dvou přitlačných pásků (Obr. 6-10) zajištěn tak, aby těsně přiléhal ke krytu topných těles. Celá spodní část varné nádoby je uzavřena plechovým krytem upevněným k nádobě šrouby M6x10 mm. Mezi spodním dílem izolace a uzavíracím krytem je mezera umožňující vedení elektrických kabelů od topných těles.

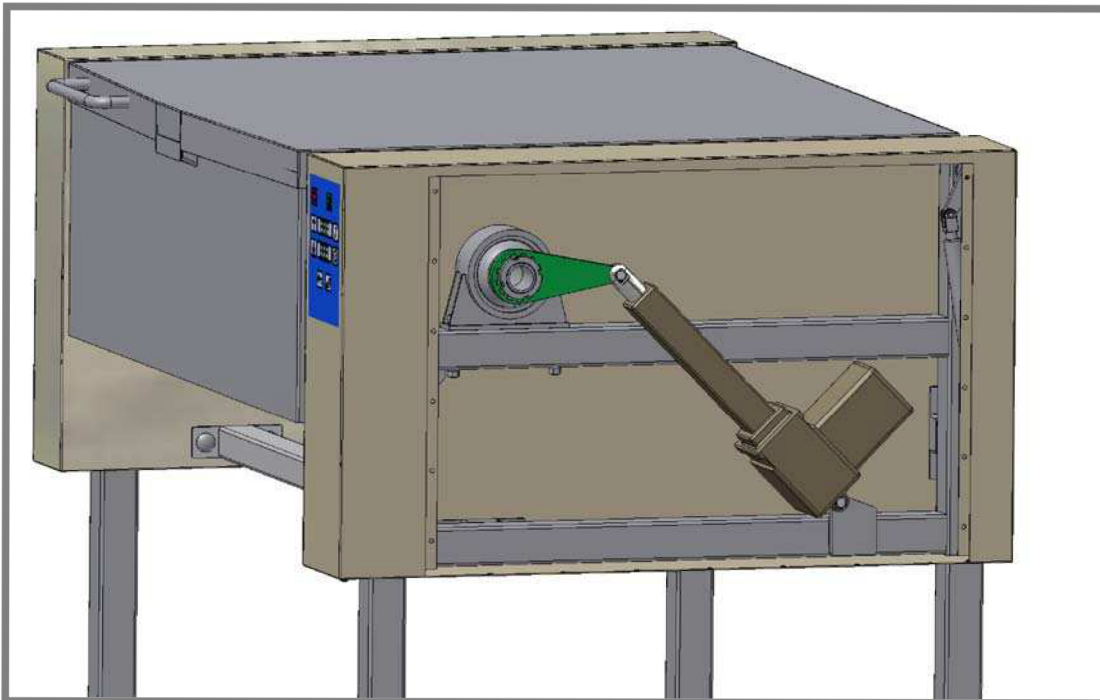


Obr. 6-10 Instalace desek izolace:

1-varná nádoba, 2-upevněná topná tělesa, 3-hliníkový kryt, 4-díly izolace v bocích varné nádoby, 5-spodní díl izolace, 6-přitlačné pásky, 7-spodní kryt varné nádoby

### 6.4.4 Pohon naklápění pánve

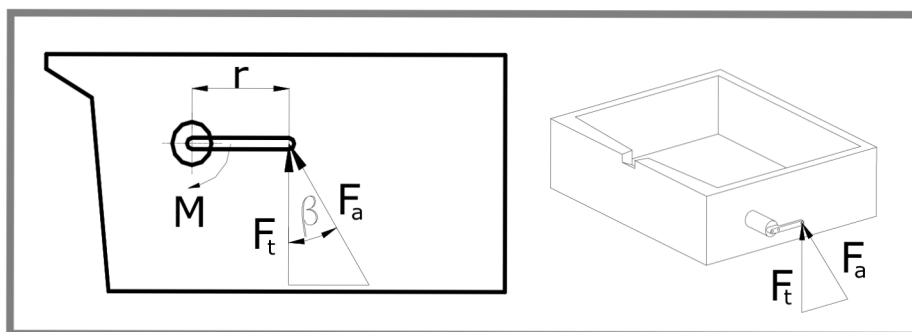
Jako pohon pro naklápění pánve byl zvolen lineární aktuátor, ten bude naklápět pánev působením přes rameno spojené s pravou hřídelí. Aktuátor je v základní pracovní poloze pánve sklopen o 45° od svislé roviny (Obr. 6-11). Tato poloha zajišťuje velmi malou změnu úhlové rychlosti naklápění pánve při konstantní rychlosti vysouvání aktuátoru.



Obr. 6-11 Umístění aktuátoru v konstrukci

Výpočet axiální síly v aktuátoru

Síla  $F_t$  použitá pro výpočet síly aktuátoru byla zjištěna z výpočtového modelu analyzovaného v programu Ansys Workbench 11 (viz. kapitola 6.4.6).



Obr. 6-12 Síly na rameni aktuátoru

$$\cos \beta = \frac{F_t}{F_a} \Rightarrow F_a = \frac{F_t}{\cos \beta} = \frac{2955 \text{ N}}{\cos 45^\circ} = 4180 \text{ N}$$

kde:

$\beta$  [°]

-úhel sklopení aktuátoru od svislé roviny

$F_t$  [N]

-reakční síla působící proti krouticímu momentu vyvolanému vlastní tíhou pánve na konci ramena naklápění

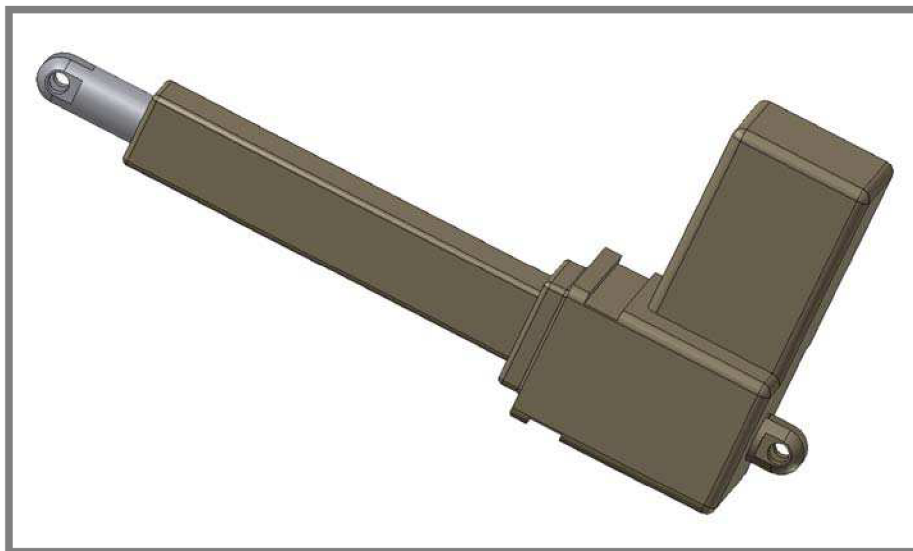
$F_a$  [N]

-axiální síla aktuátoru

Dle vypočtené maximální axiální síly potřebné pro naklopení varné nádoby volím pro pohon lineární aktuátor SKF Matrix MAX6-A [17].

*Technické parametry aktuátoru:*

Maximální síla v tlaku $F_{tl}$	- 8000 N
Maximální síla v tahu $F_{th}$	- 6000 N
Zdvih C	- 210 mm
Maximální rychlost bez zátěže	- 8 mm/s
Maximální rychlost při plné zátěži	- 6 mm/s



Obr. 6-13 Model lineárního aktuátoru SKF Matrix MAX6-A

**6.4.5 Volba uložení**

6.4.5

Z konstrukce pánve vyplývá, že je třeba zvolit radiální typ ložisek. Ložiska během svého provozu nebudou vykonávat pohyb rotační nýbrž pohyb kývavý a to v rozmezí  $0^\circ$  až  $90^\circ$ . Rychlost naklápění bude malá, proto můžeme uvažovat zatížení ložiska za statické. Aby byl zajištěn nenáročný provoz je vhodné zvolit ložiska u kterých není nutné provádět domazávání v průběhu jejich života. Ložiska by také měla být schopna vyrovnávat případné nesouososti mezi pravým a levým hřídelem.

S ohledem na výše uvedenou specifikaci volím pro uložení varné nádoby bezúdržbová kluzná kloubová ložiska SKF GE 60 TXE-2L v kombinaci materiálů nerezová ocel-PTFE kompozit [18].

*Technické parametry ložiska:*

Průměr hřídele d	-60 mm
Vnější průměr ložiska D	-90 mm
Šířka vnitřního kroužku $B_1$	-44 mm
Šířka vnějšího kroužku $B_2$	-36 mm
Statická únosnost $C_0$	-610 kN
Dynamická únosnost C	-245 kN
Hmotnost m	-1,1 kg



Obr. 6-14 Kloubové ložisko [19]

Výpočet zatěžující síly

$$F_L = \sqrt{F_{xa}^2 + F_{yv}^2} = \sqrt{(F_a \cdot \sin \beta)^2 + F_{yv}^2} = \sqrt{(4180 \text{ N} \cdot \sin 45^\circ)^2 + (1905 \text{ N})^2} = 3516 \text{ N}$$

kde:

$F_L$ [N]	- celková síla působící na ložisko
$F_{xa}$ [N]	- složka síly působí od aktuátoru ve směru osy x
$F_a$ [N]	- axiální síla aktuátoru
$\beta$ [°]	- úhel sklopení aktuátoru od svislé roviny
$F_{yv}$ [N]	- síla působící ve směru osy y od vlastní tíhy varné nádoby (zjištěno z výpočtového modelu v kapitole 6.4.6)

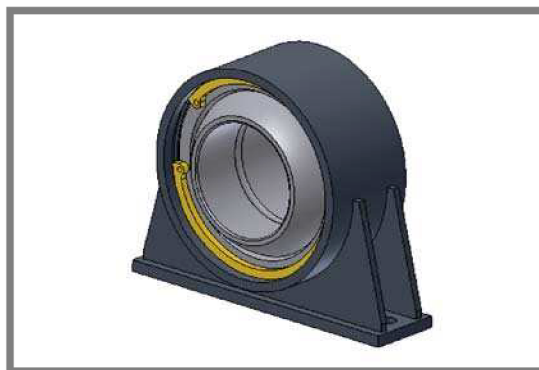
Statická únosnost

Jelikož při naklápění vany nedochází k jejímu otáčení a pouze ke kývavému pohybu postačí jeho kontrola vzhledem ke statické únosnosti ložiska  $C_0$ .

610 kN > 3,52 kN - maximální zátěžná síla je výrazně menší než statická únosnost ložiska uložení tedy z hlediska kontroly únosnosti vyhovuje

Uložení ložiska

Pro potřeby uložení zvolených ložisek jsem navrhl ložiskový domeček. Ložisko je v domečku zajištěno proti axiálnímu posunutí vnitřním pojistným kroužkem pro průměr 90 mm. Ve spodní desce ložiskového domečku jsou dva otvory pro uchycení domečku k rámu šrouby M10x70 mm.



Obr. 6-15 Kloubové ložisko v ložiskovém domečku



**6.4.6 Pevnostní analýza varné nádoby**

Vana nádoby je analyzována z důvodu zjištění maximální deformace, napětí a zjištění reakčních sil působících v místě uložení ložisek a na rameni aktuátoru.

**Okrajové podmínky**

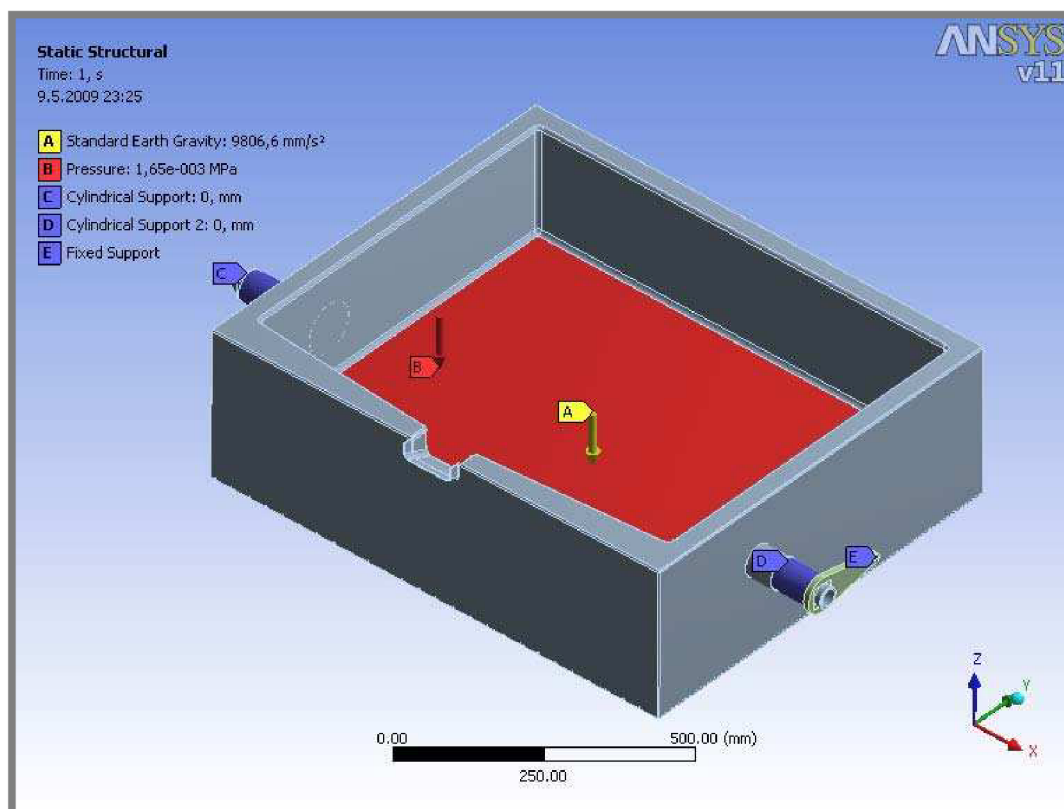
**Vazby** -Na plochách pro uložení ložisek jsou aplikovány válcové vazby (Obr. 6-16,C,D).  
-Na otvor pro uchycení oka aktuátoru je aplikována vazba vetknutí (Obr. 6-16,F).

**Zatížení** -Zatížení vlastní vahou (Obr. 6-16,A).  
-Dno vany je zatíženo tlakem  $p=1,65 \cdot 10^{-3}$  odpovídajícímu působení kapaliny při úplném zaplnění varné nádoby (Obr. 6-16,B).

$$p = \frac{F_k}{S_v} = \frac{1000 \text{ N}}{605540 \text{ mm}^2} = 1,65 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

kde:

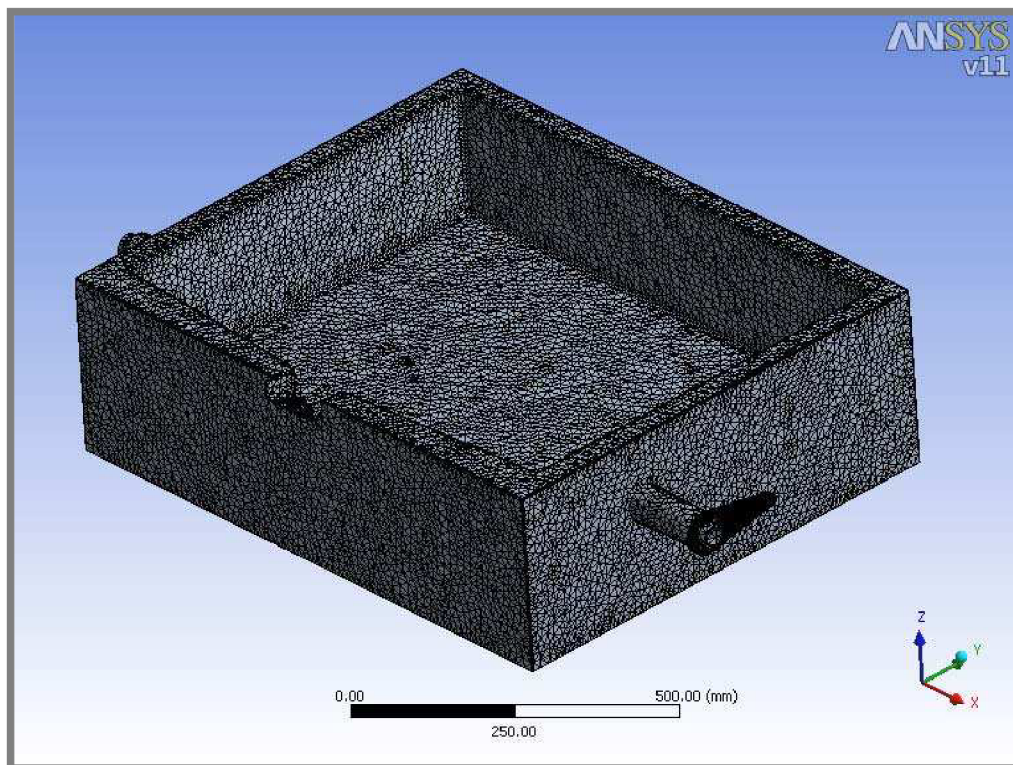
$p$ [MPa] -tlak působící na dno nádoby  
 $F_k$ [N] -síla vyvolaná vlastní tíhou kapaliny  
 $S_v$ [mm<sup>2</sup>] -plocha dna vany



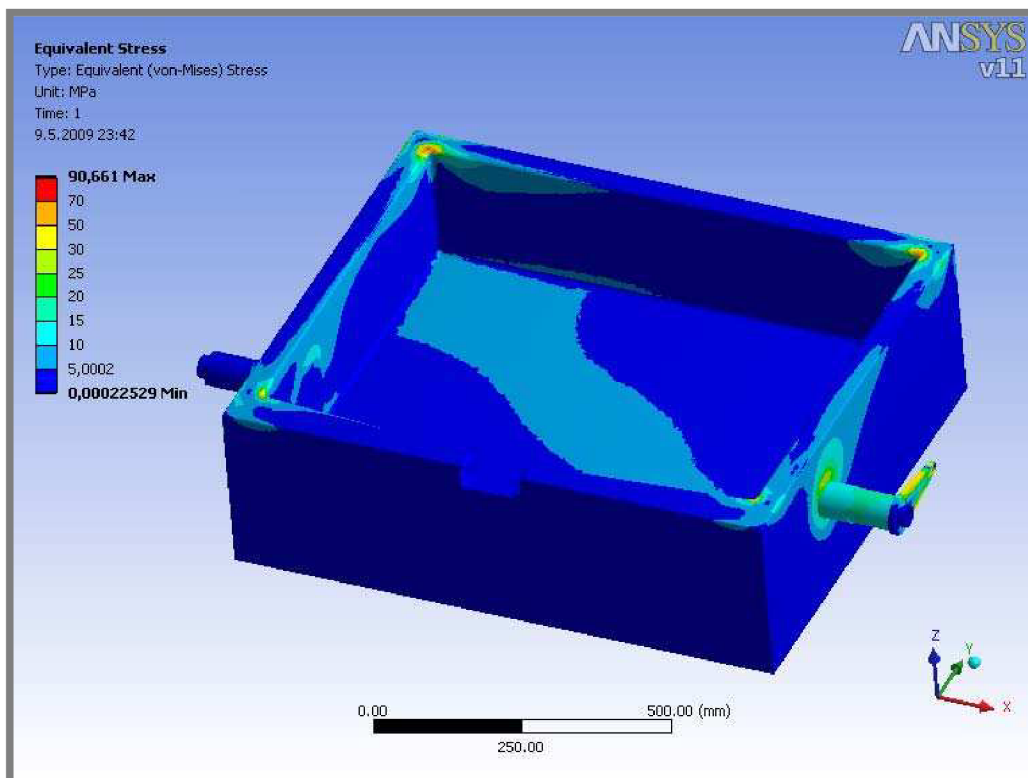
Obr. 6-16 Vana – okrajové podmínky

**Síť konečných prvků**

Velikost prvků na tělese vany je 10 mm. Zjemnění sítě na 2 mm je provedeno v místě uchycení ramene aktuátoru a na jeho povrchu. Vytvořenou síť konečných prvků tvoří 153460 elementů (Obr. 6-17).



Obr. 6-17 Vana – síť konečných prvků

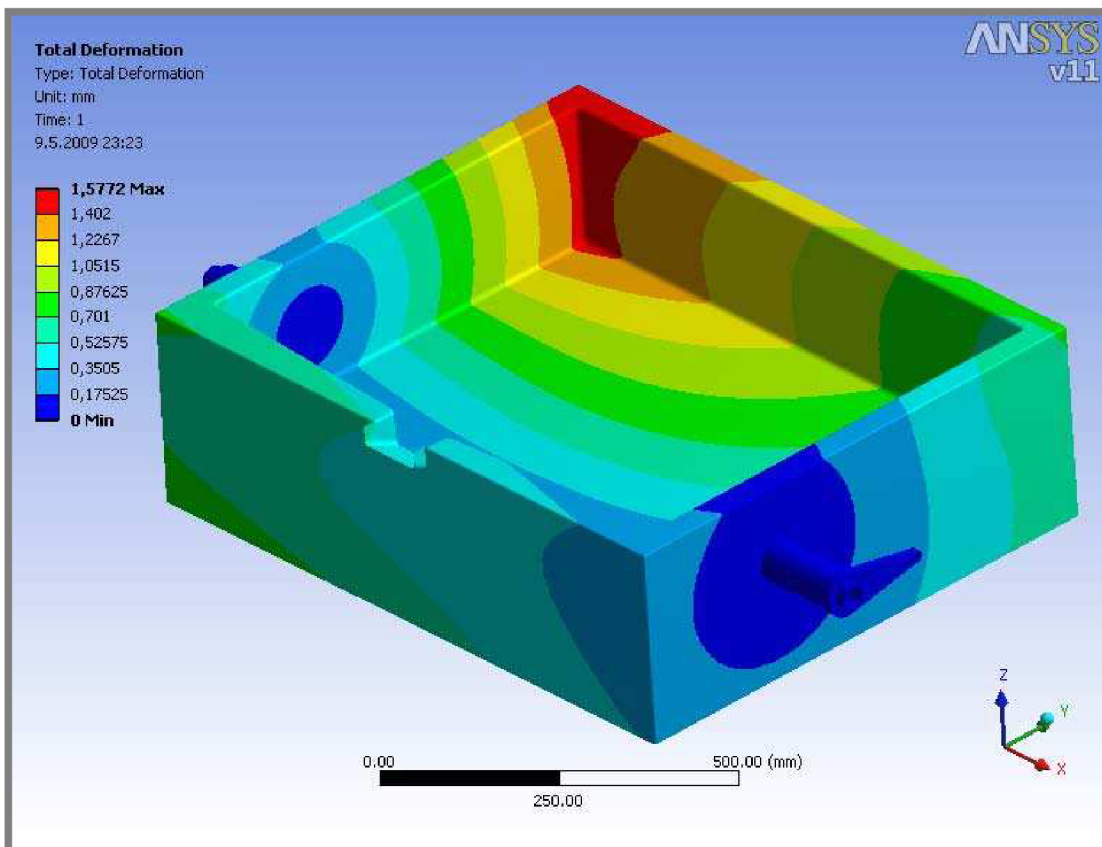


Obr. 6-18 Vana – redukované napětí Von-Mises

## Výsledky

Maximální napětí o velikosti 90,66 MPa se objevuje na rameni aktuátoru, dále se zvýšené hodnoty napětí objevují v rozích varné nádoby (Obr. 6-18).

Maximální deformace má velikost 1,58 mm (Obr. 6-19).



Obr. 6-19 Vana – deformace

## Vyhodnocení

Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti:

$$k = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{red}} = \frac{220 \text{ MPa}}{90,66 \text{ MPa}} = 2,43$$

kde:

$k$  [1]

-bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti

$R_{p0,2}$  [MPa]

-mez kluzu materiálu

$\sigma_{red}$  [MPa]

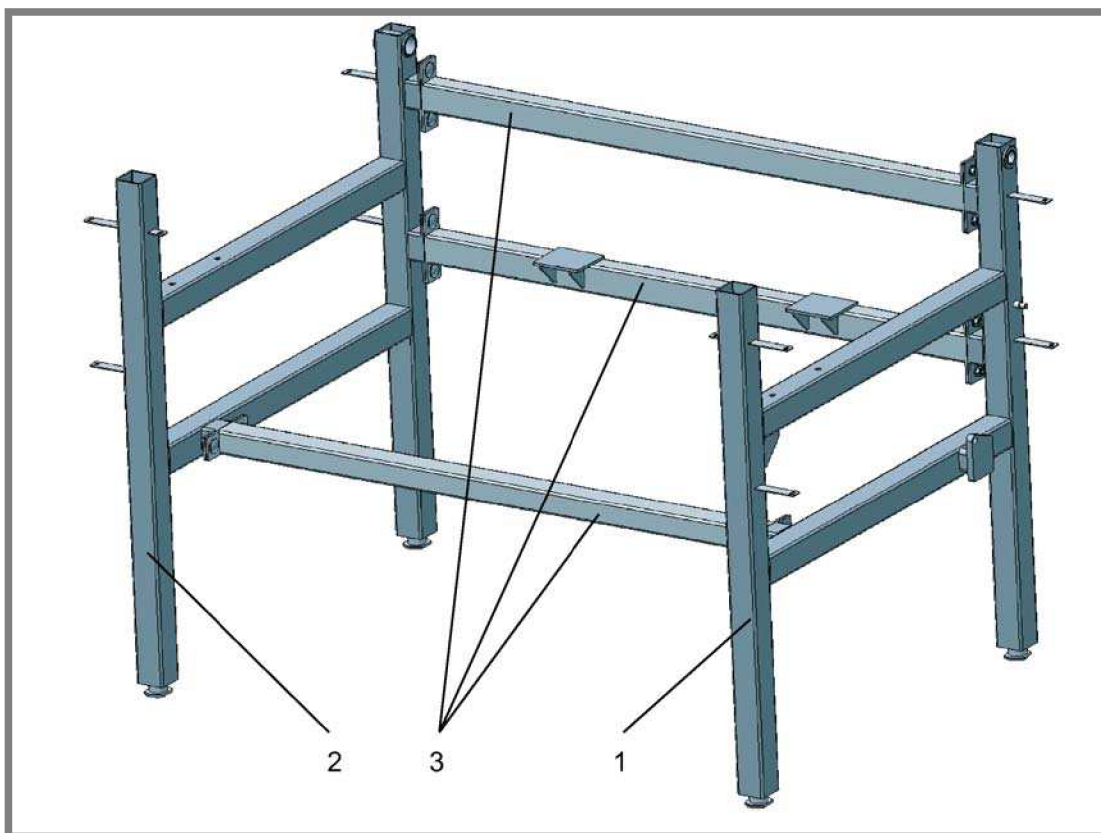
-maximální redukované napětí

Konstrukce varné nádoby při svém plném zaplnění vykazuje bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti  $k=2,43$ . Tuto hodnotu považují za vyhovující.



### 6.5 Nosný rám pánve

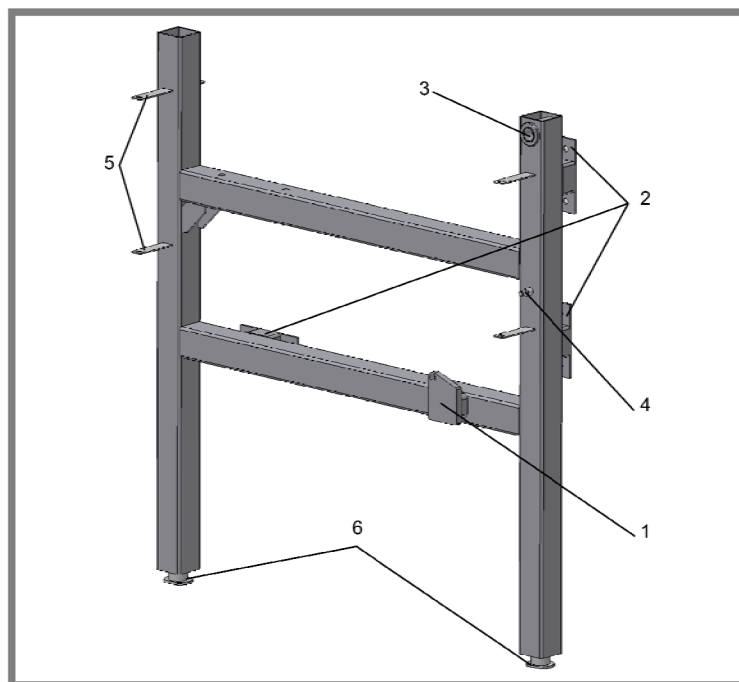
Rám pánve se skládá ze dvou bočních konstrukcí, které jsou propojeny třemi spojovacími díly (Obr. 6-20).



Obr. 6-20 Rám pánve – celek: 1-pravý bok rámu, 2-levý bok rámu, 3-propojovací tyče

#### 6.5.1 Pravý bok rámu

Základ rámu je svařen ze čtvercových trubek 50x50x2 mm. Celková výška rámu je 880 mm. Osová rozteč nohou rámu je 770 mm. Nohy rámu jsou opatřeny stavitelnými šroubovacími koncovkami pro lepší ustavení pánve. Na spodním vodorovném profilu je navařena konzolka z profilu 50x50x3 mm o délce 40 mm na níž je navařen držák pro uchycení spodního oka lineárního aktuátoru. Na zadní noze rámu je v horní části umístěno pouzdro kluzného ložiska pro uložení hřídele víka. Dále je na této noze přivařen čep pro uchycení spodního oka plynové vzpěry. Z opačné strany konstrukce jsou navařeny tři konzolky umožňující spojení obou bočních konstrukcí rámu pomocí propojovacích tyčí. Konzolky jsou svařeny z profilu 50x40x3 mm a ploché tyče 40x4 mm o délce 120 mm s dvěma otvory. Dále jsou na rámu ještě navařeny konzolky z plechu o tloušťce 2mm umožňující na rám přichytit krycí plechování (viz. kapitola 6.7).



**Obr. 6-21** Pravý bok rámu:  
1-držák aktuátoru, 2-konzole pro propojení bočních dílů rámu, 3-pouzdro kluzného ložiska, 4-čep pro uchycení plynové vzpěry, 5-úchyty oplechování, 6- stavitelné nohy

### 6.5.2 Levý bok rámu

Levá strana rámu je konstrukčně řešena stejně jako pravá strana. Jediným výrazným rozdílem je nepřítomnost držáku pro uchycení aktuátoru.

6.5.2

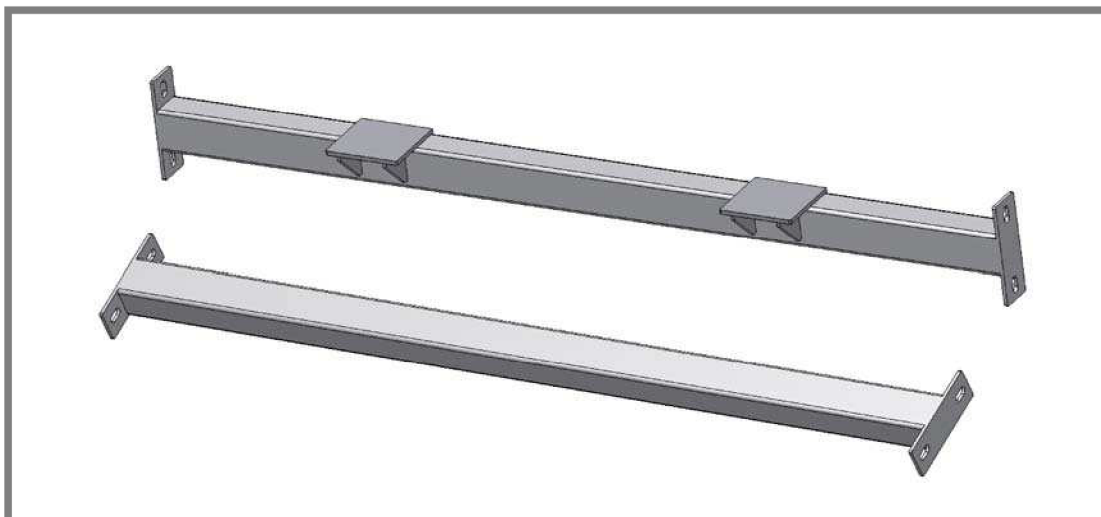
---



**Obr. 6-22** Levý bok rámu

### 6.5.3 Propojovací prvky

Aby bylo dosaženo větší boční tuhosti rámu jsou pravý a levý bok spojeni propojovacími tyčemi. Tyče jsou s boky rámu propojeny pomocí vratových šroubů M10x20 mm. Boky rámu jsou propojeny celkem třemi tyčemi. Jedna propojovací tyč umístěná za varnou nádobou je opatřena dvěma konzolami, na které vana při sklopení do pracovní pozice dosedá.



Obr. 6-23 Propojovací tyče

### 6.5.4 Pevnostní analýza rámu

6.5.4

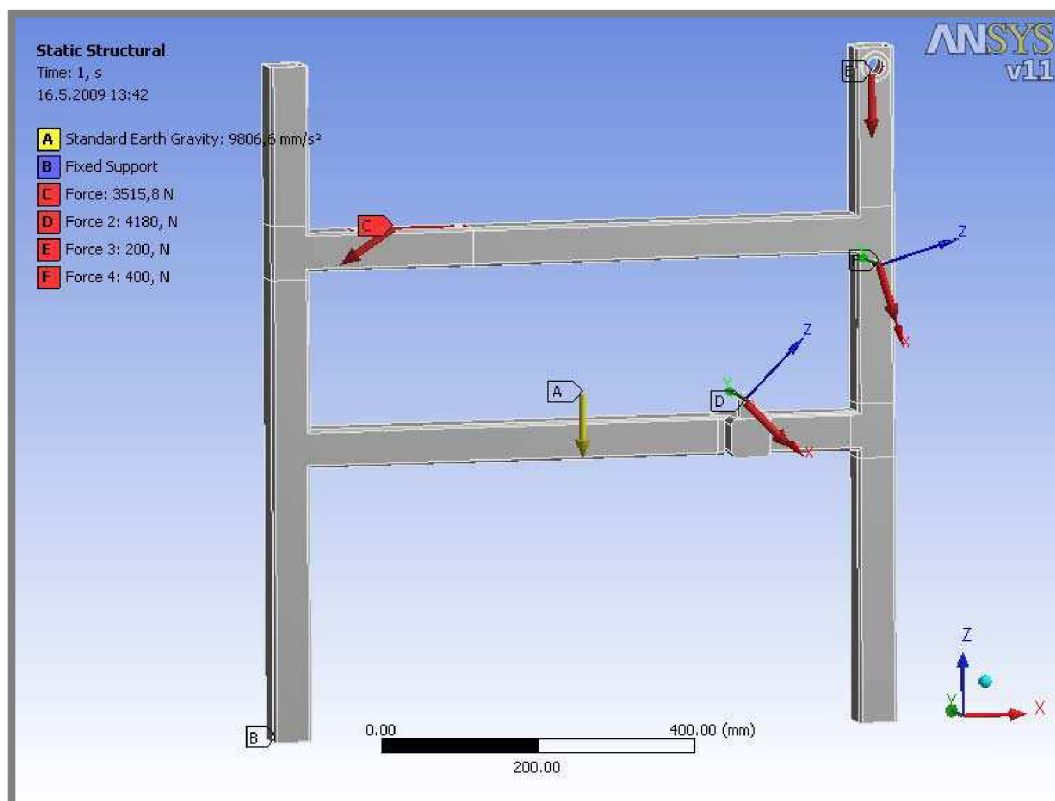
Pro analýzu rámu byla použita pouze jedna jeho část a to sice pravý bok konstrukce, který je více zatížen. Rám je nejvíce namáhán silou, kterou na rám působí lineární aktuátor.

Okrajové podmínky

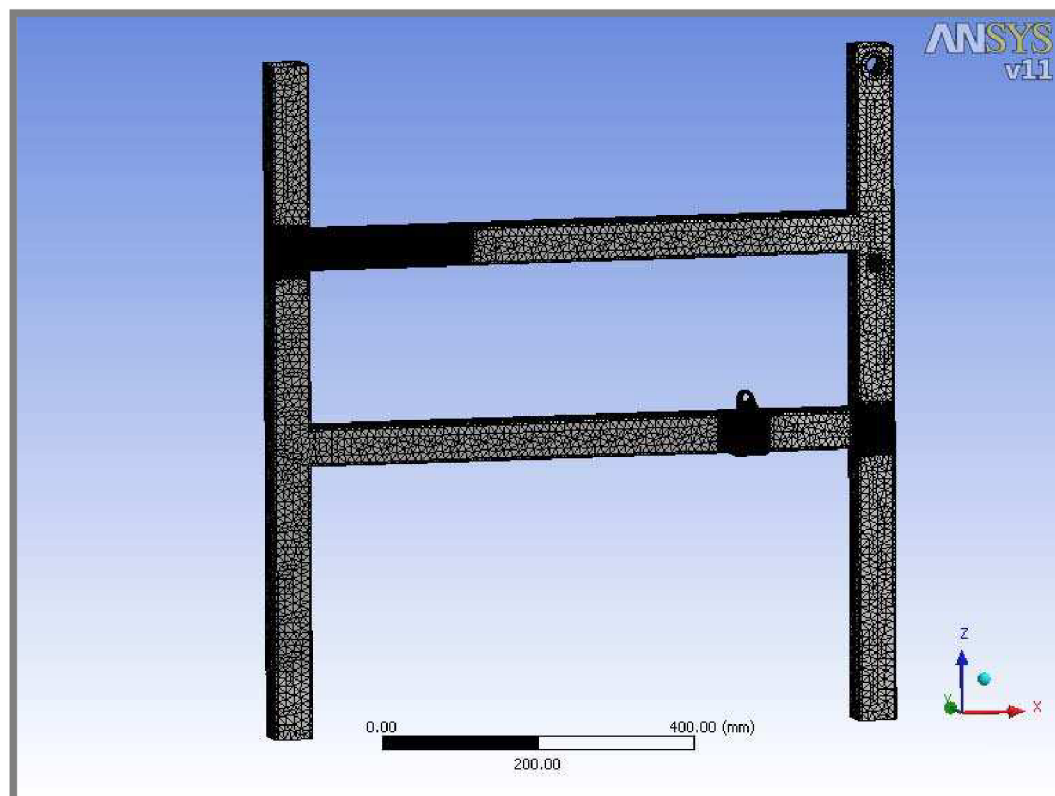
- Vazby -Rám je vetknut na koncích nohou (Obr.6-24,B).
- Zatížení -Největší síla působící na rám je od lineárního aktuátoru (4180 N viz. Obr.6-24,D).
- Zatížení rámu v místě kloubového ložiska (3516 N viz. Obr. 6-24,B).
- Zatížení čepu od plynové vzpěry (400 N viz. Obr.6-24,F).
- Zatížení kluzného ložiska od hmotnosti víka (200 N viz. Obr.6-24,E).
- Zatížení od vlastní hmotnosti rámu (Obr.6-24,A).

Síť konečných prvků

Hlavní velikost prvků je 10 mm a v místech předpokládaných maxim napětí bylo provedeno její zjemnění na 2 a 1 mm (Obr. 6-25). Vygenerovaná síť obsahuje 166967 elementů.



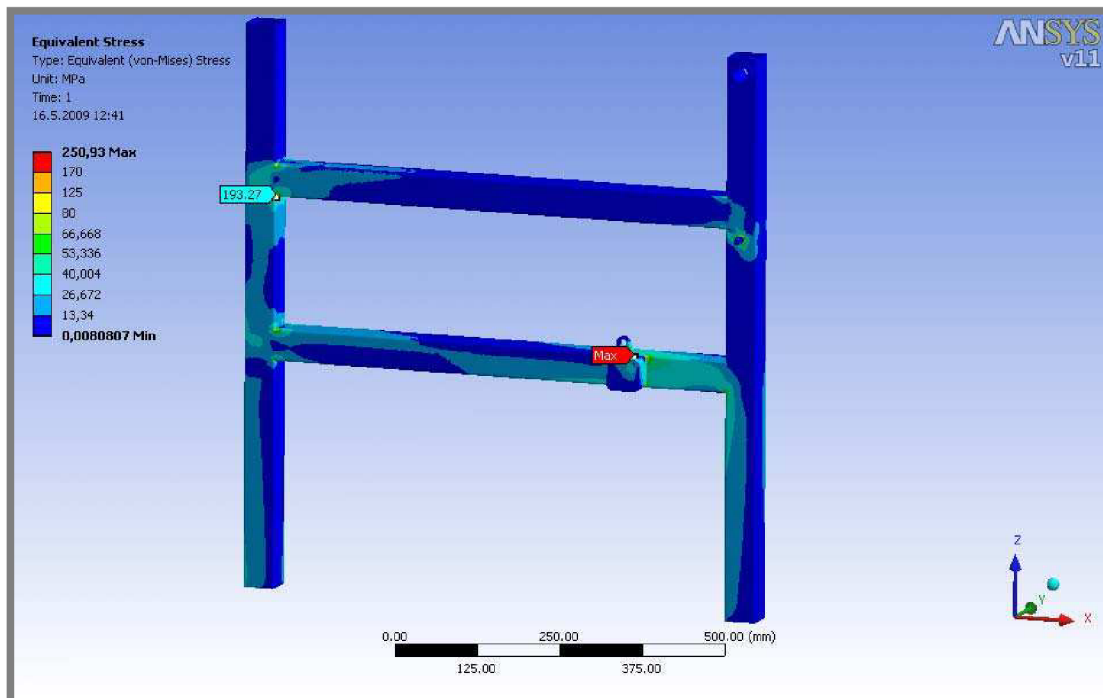
Obr. 6-24 Rám – okrajové podmínky



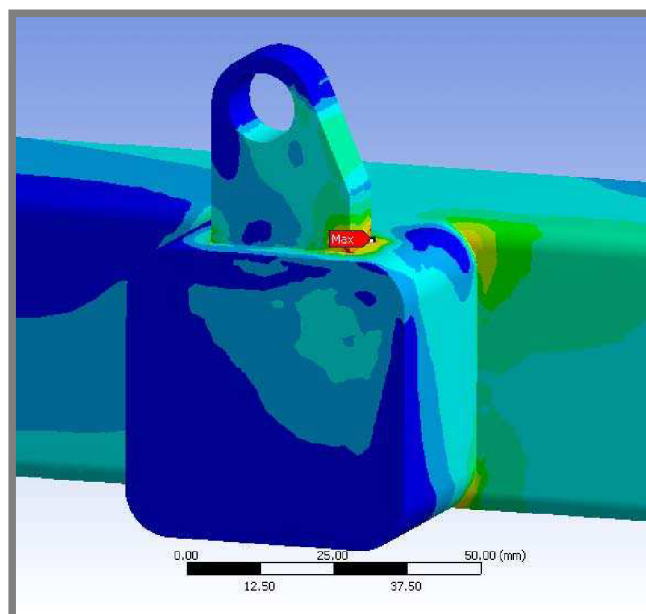
Obr. 6-25 Rám – síť konečných prvků

## Výsledky

Maximální redukované napětí Von-Mises dosahuje hodnoty 250,93 MPa a to v místě napojení držáku aktuátoru na čtvercový profil (Obr. 6-27,Max). Další maximum napětí se vyskytuje v místě styku přední nohy rámu a vodorovné horní tyče (Obr. 6-26).



Obr. 6-26 Rám – redukované napětí Von-Mises



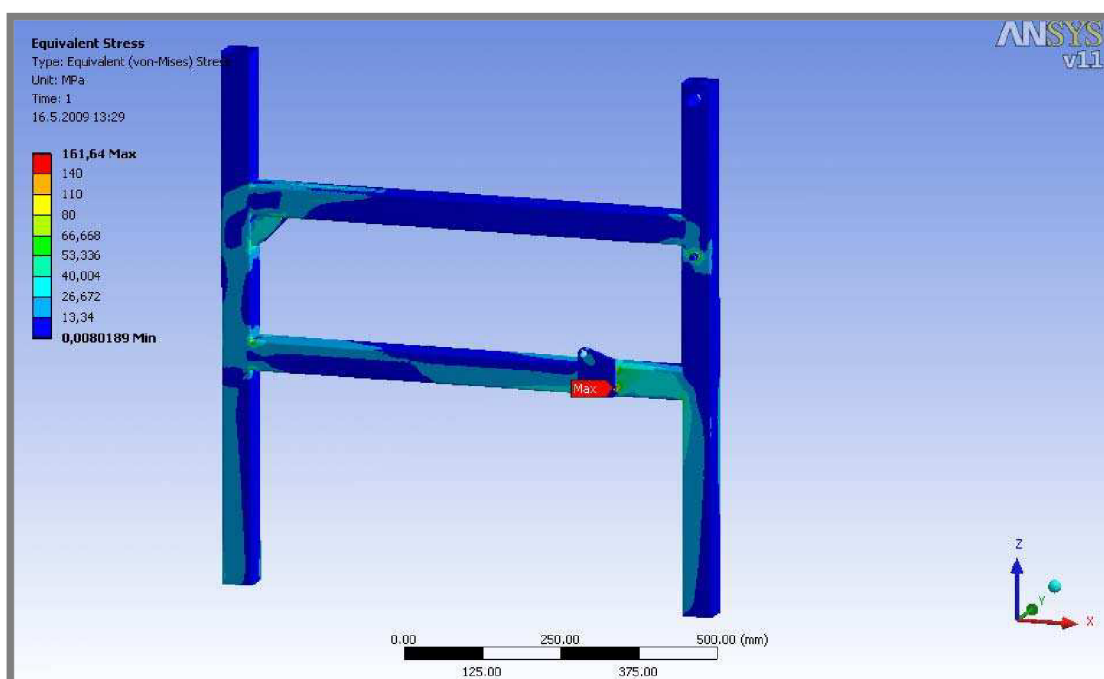
Obr. 6-27 Rám – redukované napětí Von-Mises detail

## Zhodnocení

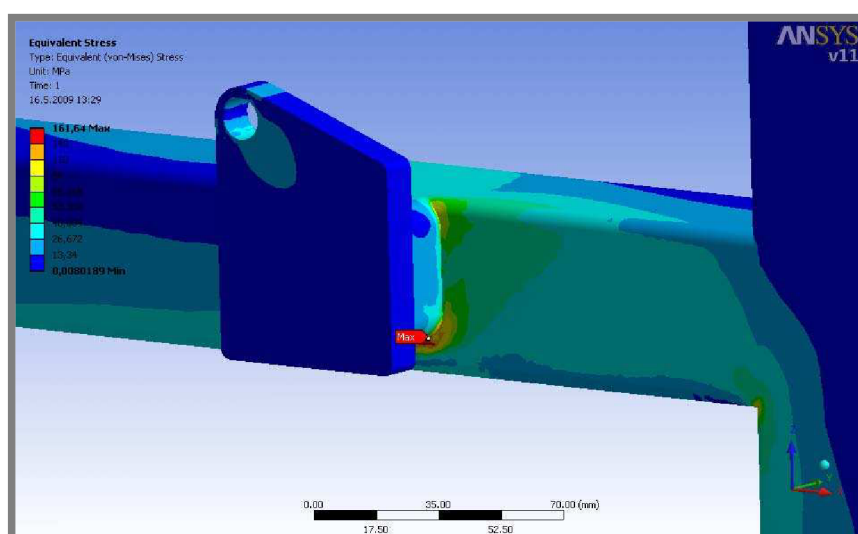
Jelikož maxima redukovaného napětí, které se na konstrukci vyskytují převyšují hodnotu meze kluzu  $R_{p0,2}=220$  MPa je nutné konstrukci rámu upravit tak, aby bylo dosaženo snížení těchto špiček napětí.

## Kontrola rámu s konstrukčními úpravami

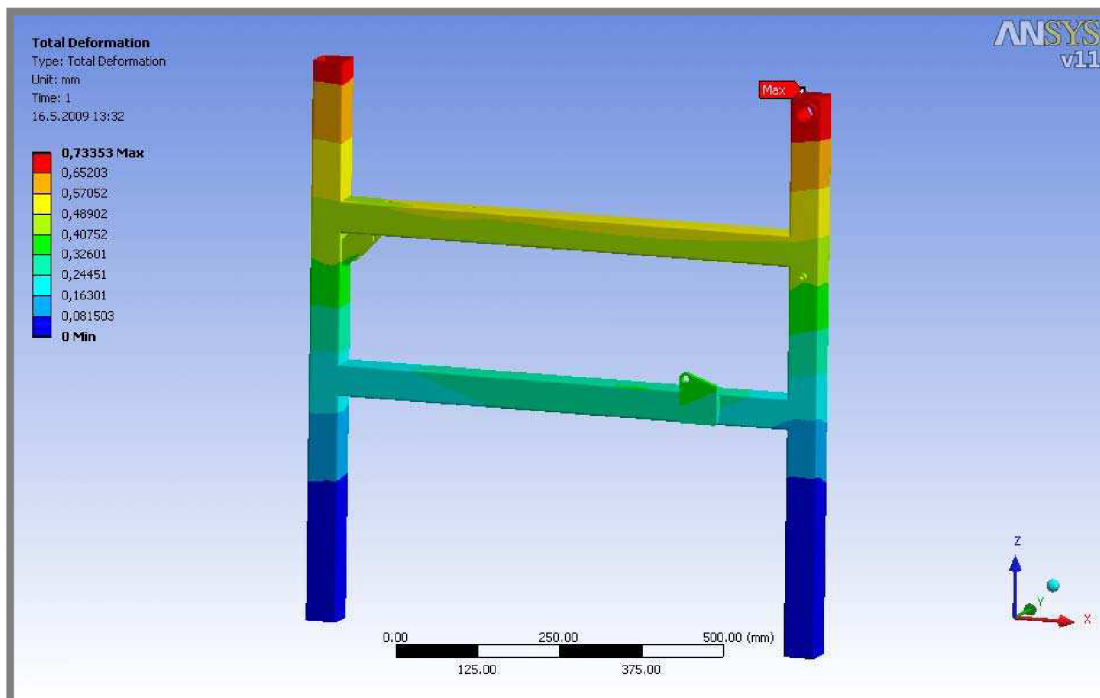
Aby bylo dosaženo snížení napětí byl upraven tvar držáku aktuátoru a v místě napojení přední nohy a vodorovného profilu byla umístěna dvě žebra z plechu o tloušťce 4 mm.



Obr. 6-28 Rám upravený – redukované napětí Von-Mises



Obr. 6-29 Rám upravený – napětí Von-Mises detail



Obr. 6-30 Rám – deformace

### Výsledky

Po konstrukčních úpravách rámu se maximální napětí snížilo na 161,64 MPa, toto napětí je lokalizováno v místě držáku pro uchycení aktuátoru (Obr. 6-29). Maximální deformace rámu je 0,73 mm (Obr. 6-30).

### Vyhodnocení

Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti:

$$k = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{red}} = \frac{220 \text{ MPa}}{161,64 \text{ MPa}} = 1,36$$

kde:

$k$ [1]	-bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti
$R_{p0,2}$ [MPa]	-mez kluzu materiálu
$\sigma_{red}$ [MPa]	-maximální redukované napětí

Maximální napětí se vyskytuje v ostrém přechodu mezi dvěma profily. U reálné součásti by k sobě byly profily svařeny, čímž by se napětí v tomto přechodu ještě snížilo.

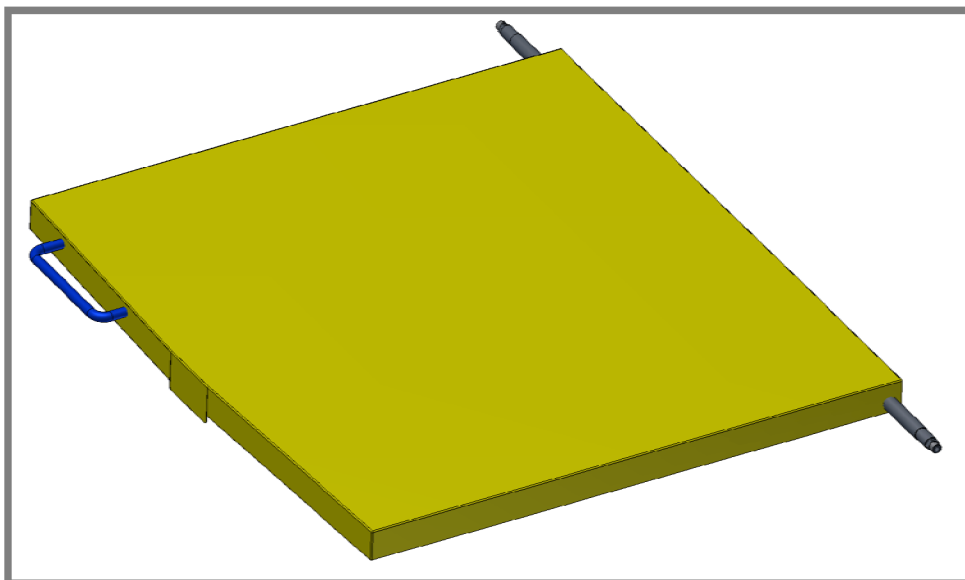
Spočtenou bezpečnost  $k=1,36$  u rámu s provedenými konstrukčními úpravami považuji za vyhovující.



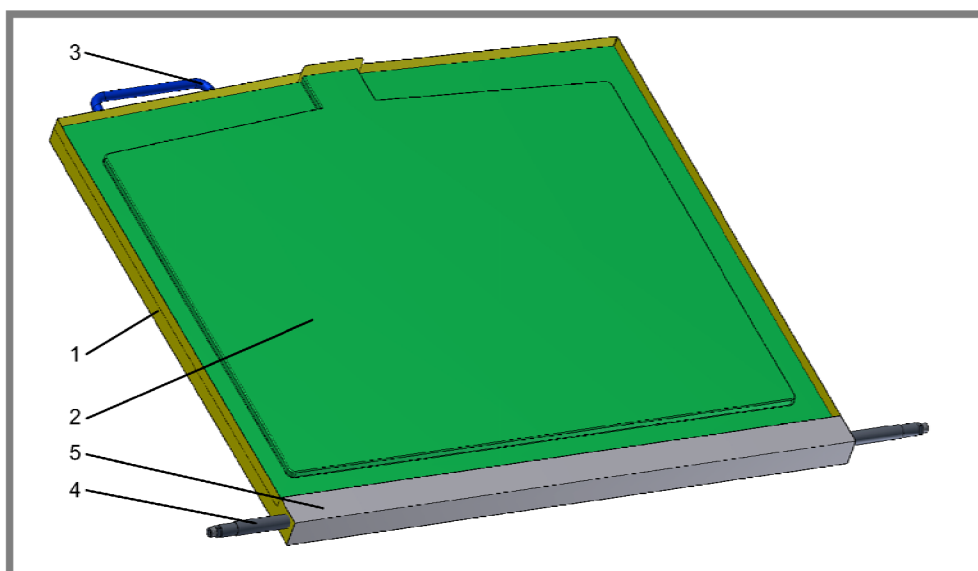
### 6.6 Víko pánve

Tvar víka pánve je odvozen od navrhnutého tvaru varné nádoby. Stejně jako varná nádoba je i víko pánve tepelně izolováno. Tloušťka izolace je stejně jako u varné nádoby 40 mm.

Konstrukčně je víko řešeno jako svařenec z plechových desek o tloušťce 0,8 mm. Vrchní deska (Obr. 6-31, žlutě) je přivařena k spodní desce (Obr. 6-32, zeleně). Spodní deska je vyrobena s prolisem, který kopíruje vnitřní tvar varné nádoby.

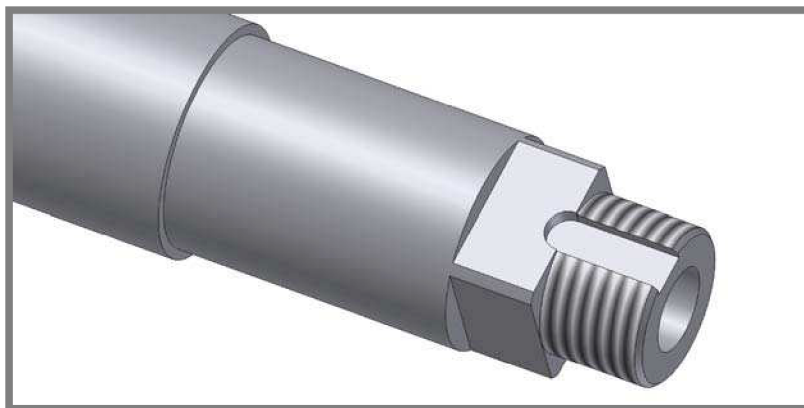


Obr. 6-31 Pohled na víko shora

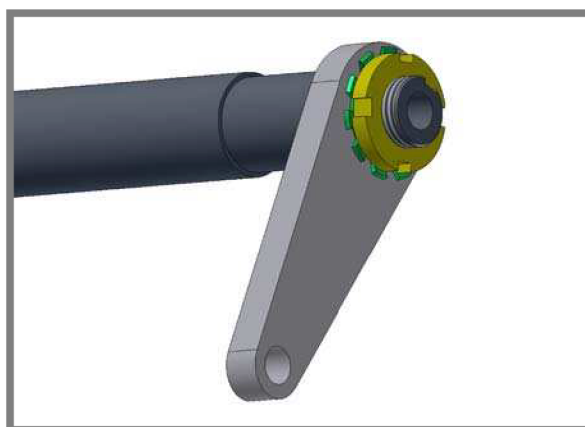


Obr. 6-32 Pohled na spodní část víka: 1-horní plech, 2-spodní plech, 3-držadlo, 4-hřídel, 5-zadní plech

Hřídel pro naklápění víka je vyroben ze silnostěnné trubky průměr 22x6 mm. Oba konce hřídele jsou ukončeny čtyřhranem 15x15 mm, závitem M15 a drážkou pro MB podložku (Obr. 6-33). Na čtyřhranech budou nasazena ramena pro upevnění plynových vzpěr (Obr. 6-34). Plynové vzpěry vytváří na hřídeli kroutící moment usnadňující odklápění víka.



Obr. 6-33 Detail konce hřídele víka



Obr. 6-34 Konec hřídele s ramenem

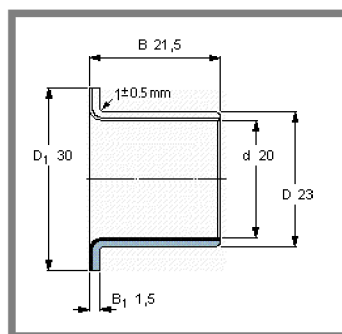
### 6.6.1 Volba uložení

Víko pánve stejně jako varná nádoba nevykonává rotační pohyb, ale pouze pomalý kývavý pohyb. Také u tohoto uložení bylo vybráno ložiska s ohledem na jejich bezúdržbový provoz .

Pro toto uložení byla zvolena kluzná ložiska SKF PCMF 202321.5 E [20]. Jedná se o bezúdržbová kluzná ložiska s výstelkou z PTFE kompozitu.

*Technické parametry ložiska:*

Průměr hřídele $d$	-20 mm
Vnější průměr ložiska $D$	-23 mm
Vnější průměr osazení ložiska $D_1$	-30 mm
Šířka vnitřního kroužku $B$	-21,5 mm
Statická únosnost $C_0$	-90 kN
Dynamická únosnost $C$	-30,5 kN
Hmotnost $m$	-0,021 kg



Obr. 6-35 Geometrie kluzného ložiska [20]

### 6.6.2 Naklápění víka

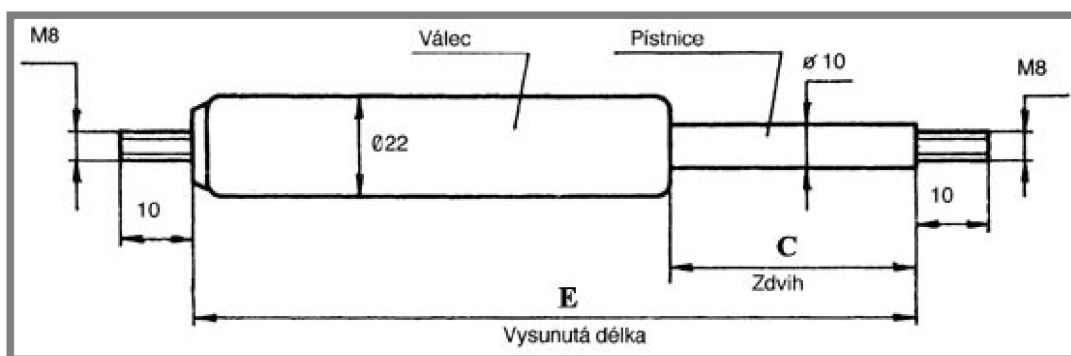
6.6.2

Z důvodu usnadnění naklápění víka a jeho zajištění ve vyklopené pozici jsem se rozhodl na obou koncích hřídele umístit plynové vzpěry. Vzpěry budou víko při zvedání nadlehčovat a při úplném vyklopení víka budou zajišťovat, aby se samovolně nesklopilo. Plynové vzpěry jsou navrženy tak, aby přibližně po naklopení víka o  $50^\circ$  již dokázaly bez dalšího působení obsluhy víko otevřít na plných  $80^\circ$ , což je maximální úhel naklopení víka.

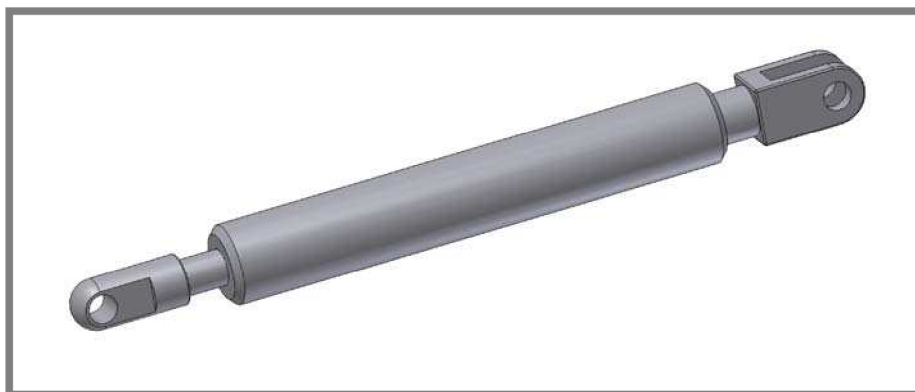
Zvolil jsem dvě plynové vzpěry GF 8/19 - 280.218 [21].

*Technické parametry plynových vzpěr:*

Síla vzpěry $F_p$	-400 N
Zdvih C	-100 mm
Vysunutá délka E	-260 mm



Obr. 6-36 Plynová vzpěra - rozměry [21]



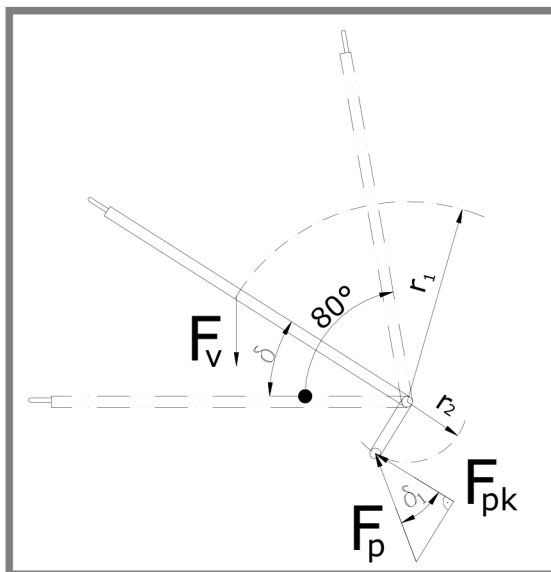
Obr. 6-37 Model plynové vzpěry

V tabulce 6-1 jsou uvedeny momenty působící od vlastní tíhy víka  $M_V$  a proti němu působící moment od plynových vzpěr  $M_P$ . Hodnoty jsou uvedeny pro úhel odklopení víka v rozmezí od  $0^\circ$  do  $80^\circ$ . V posledním sloupci je uveden rozdíl obou momentů.

Tab. 6-1 Momenty působící na hřídeli víka

natočení [ $^\circ$ ]	$M_V$ [N.m]	$M_P$ [N.m]	$M_V - M_P$ [N.m]
0	80,26	31,18	49,08
5	79,95	35,24	44,71
10	79,04	38,86	40,17
15	77,52	42,02	35,51
20	75,42	44,70	30,72
25	72,74	46,90	25,84
30	69,51	48,63	20,88
35	65,74	49,90	15,84
40	61,48	50,74	10,74
45	56,75	51,15	5,60
50	51,59	51,16	0,43
55	46,03	50,79	-4,75
60	40,13	50,06	-9,93
65	33,92	49,00	-15,08
70	27,45	47,63	-20,18
75	20,77	45,97	-25,20
80	13,94	44,05	-30,11

Z tabulky vyplývá, že mezi  $50^\circ$  a  $55^\circ$  naklonění je víko již zvedáno pouze silou působících vzpěr. To je okamžik, kdy kroutící moment od plynových vzpěr převyší hodnotu momentu od vlastní tíhy víka.



Obr. 6-38 Síly působící na víko pánve

Vztahy použité pro výpočet momentů v tabulce 6-1:

$$M_v = F_v \cdot \cos \delta \cdot r_1$$

kde:

$M_v$  [N.m] -moment od vlastní tíhy víka

$F_v$  [N] -síla od vlastní tíhy víka

$\delta$  [°] -úhel naklopení víka

$r_1$  [m] -vzdálenost těžiště víka

$$M_p = F_p \cdot \cos \delta_1 \cdot r_2 = F_{pk} \cdot r_2$$

kde:

$M_p$  [N.m] -moment od plynové vzpěry

$F_p$  [N] -síla plynové vzpěry

$F_{pk}$  [N] -složka síly plynové vzpěry působící kolmo na rameno

$\delta_1$  [°] -úhel odklonění plynové vzpěry od směru kolmého na rameno

$r_2$  [m] -poloměr ramena

## 6.7 Oplechování rámu

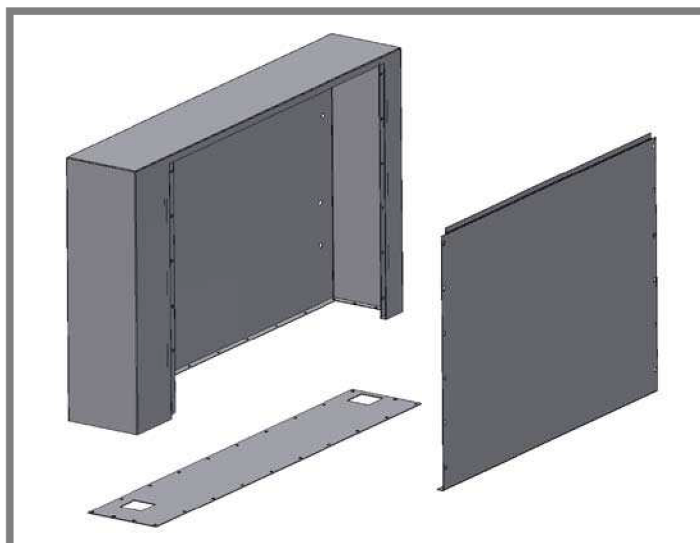
6.7

Obě boční části rámu jsou osazeny plechovým krytem, který překrývá prvky upevněné na konstrukci (lineární aktuátor, plynové vzpěry, ložiska).

### 6.7.1 Plechování pravé strany rámu

6.7.1

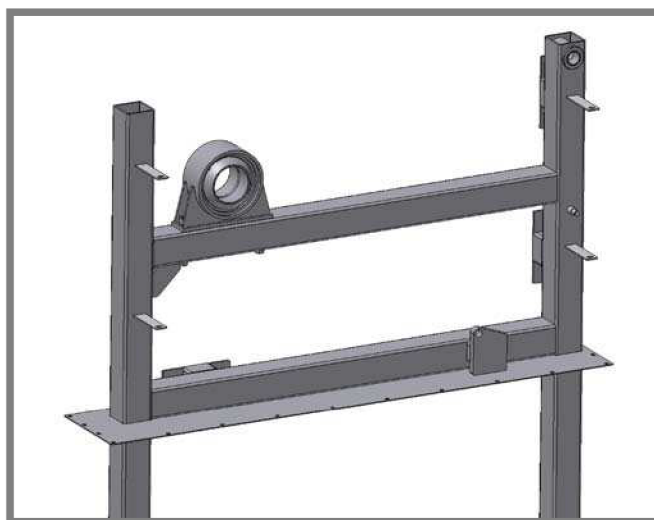
Krytování rámu je vyrobeno z plechu o tloušťce 1 mm. Jak je vidět na obrázku 6-39 kryt se skládá ze tří samostatných dílů. Jednotlivé díly jsou mezi sebou spojeny ozdobnými šrouby s půlkulatou hlavou a límcem M6x10 mm, které se šroubují do nýtovacích matic upevněných vždy na jednom z dílů.



Obr. 6-39 Díly krytu

#### Spodní díl

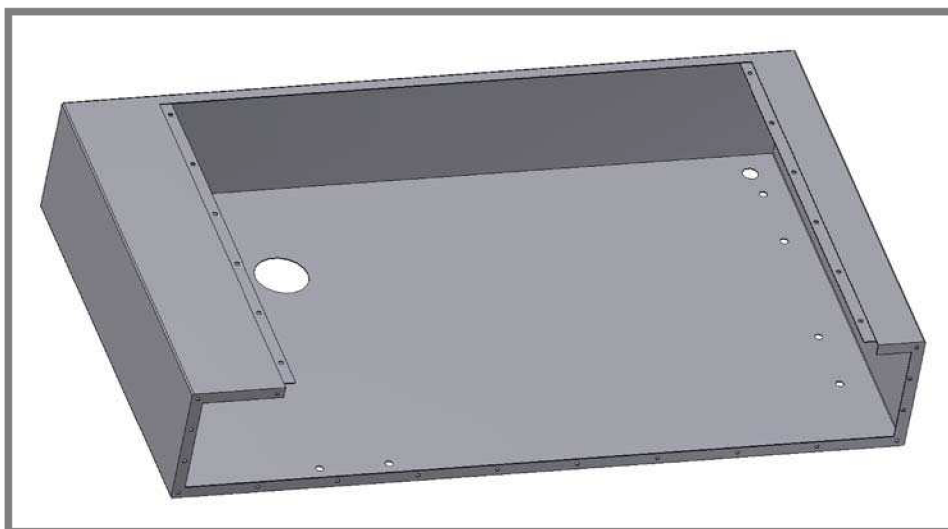
Na spodním dílu jsou pomocí šroubů připevněny oba zbývající díly konstrukce. Tento díl je navlečen na boční konstrukci rámu a je k ní přivařen (Obr. 6-40).



Obr. 6-40 Spodní díl krytu

#### Hlavní díl

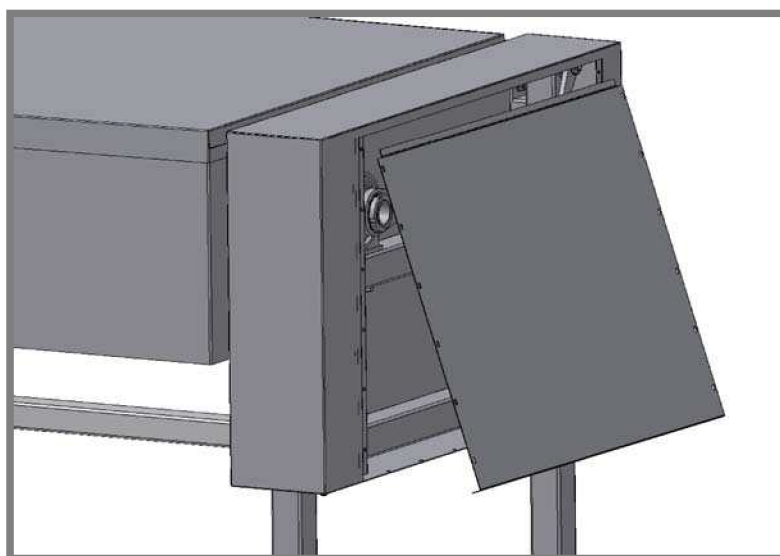
Hlavní díl plechování (Obr. 6-41) je vyroben z jednoho dílu plechu ohýbáním a následným svařováním. Z zadní stěně jsou otvory pro hřídel vany, víka a otvory pro šrouby spojující rám s propojovacími tyčemi. Tento díl má na lemu ve své spodní a boční části umístěny otvory pro upevnění nýtovacích matic umožňujících spojení s ostatními díly plechování. Dále je tento díl ještě spojen šroubovými spoji přímo s konstrukcí rámu na níž jsou pro tento účel navařeny příslušné držáky (viz. kapitola 6.5.1).



Obr. 6-41 Hlavní díl krytu

### Odnímatelný kryt

Odnímatelný kryt umožňuje přístup ke komponentám umístěným pod krytem zařízení. Kryt je připevněn k hlavnímu i spodnímu krytu šrouby. Při nasazování se kryt nejdříve zavlékne za lem v horní části hlavního plechování a poté se k němu přiklopí a přišroubuje (Obr. 6-42).



Obr. 6-42 Odnímatelný kryt

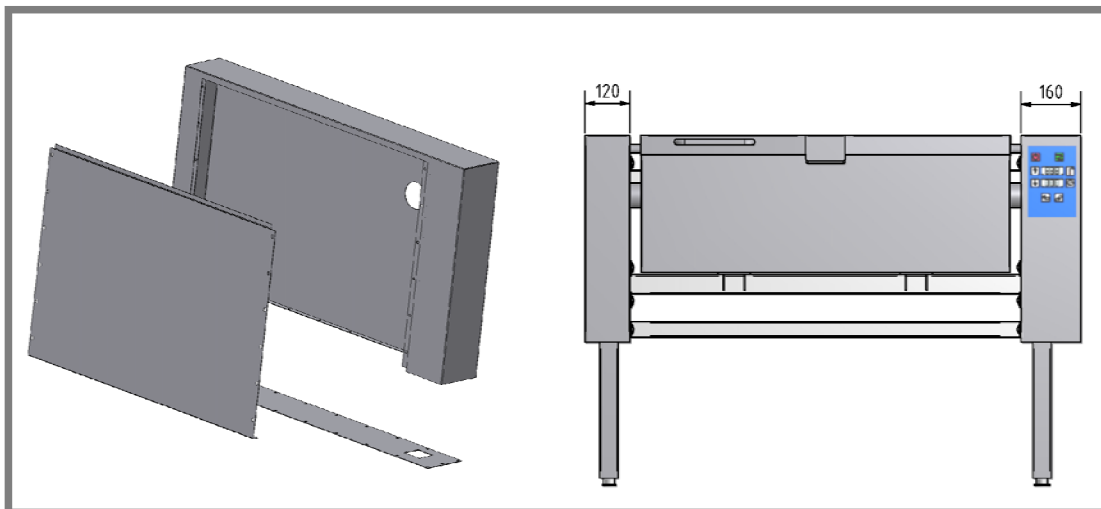
### 6.7.2 Plechování levé strany rámu

Plechování levé strany rámu je řešeno totožným způsobem jako plechování na straně pravé (viz. předchozí kapitola). Jediným rozdílem je menší šířka plechování (Obr.6-43), ta je na pravé straně 160 mm a na straně levé jen 120 mm. Toto zmenšení je umožněno nepřítomností aktuátoru na této straně rámu.

6.7.2

---

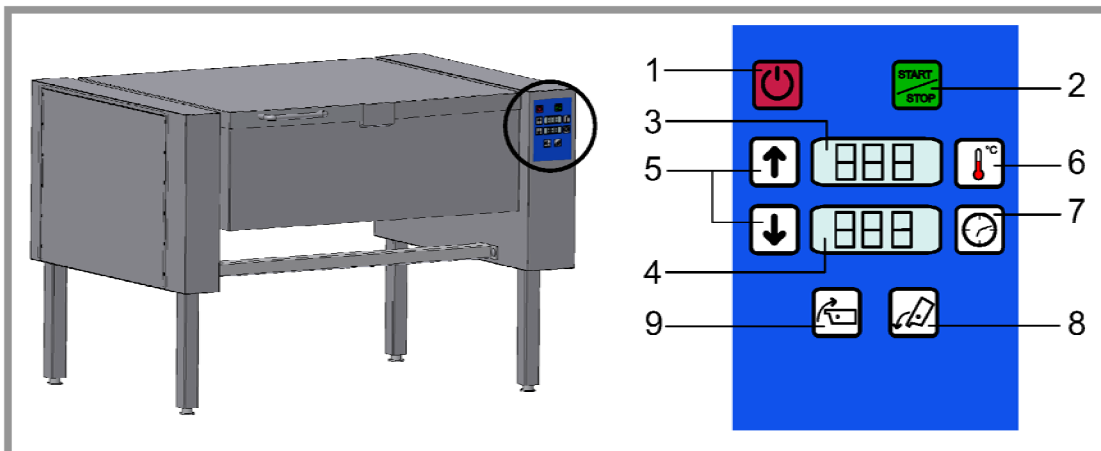




Obr. 6-43 Plechování levé strany

## 6.8 Ovládací panel

Jedním z úkolů v zadání této práce byl také návrh vzhledu ovládacího panelu pánve. Panel slouží k nastavování různých parametrů pánve. Pro návrh designu ovládacího panelu byl použit program Adobe Illustrator 10.



Obr. 6-44 Design ovládacího panelu

Popis ovládacího panelu (Obr. 6-44):

- 1-hlavní vypínač ON/OFF
- 2-vypínač pro zahájení ohřevu START/STOP
- 3-display zobrazující nastavenou teplotu
- 4-display zobrazující nastavený čas vaření
- 5-tlačítka pro změnu hodnot teploty a času
- 6-nastavení teploty ohřevu
- 7-nastavení doby ohřevu
- 8-sklopení pánve
- 9-naklopení pánve zpět do pracovní polohy

## 7 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ

Stanovený cíl diplomové práce, kterým byl konstrukční návrh multifunkční naklápěcí pánve byl splněn. Byla navržena konstrukce pánve o objemu varné nádoby 100 l, kterou je možno pomocí zvoleného pohonu naklápět v rozmezí 0°-90°. Z důvodu snížení teploty na vnějším povrchu zařízení byla varná nádoba izolována. Zde došlo k úpravě parametrů oproti zadání, kde byla stanovená maximální teplota povrchu 50°C. Tato hodnota byla v průběhu návrhu zařízení změněna tak, aby šířka zvolená tepelné izolace nepřesahovala 40 mm. Při této tloušťce izolace byla vypočtena maximální teplota povrchu 68,4°C.

Víko pánve bylo stejně jako varná nádoba navrženo jako dvouplášťové a tepelně izolované. Z důvodu usnadnění odklápění víka byla na oba konce hřídele víka umístěna plynová vzpěra usnadňující jeho odklápění.

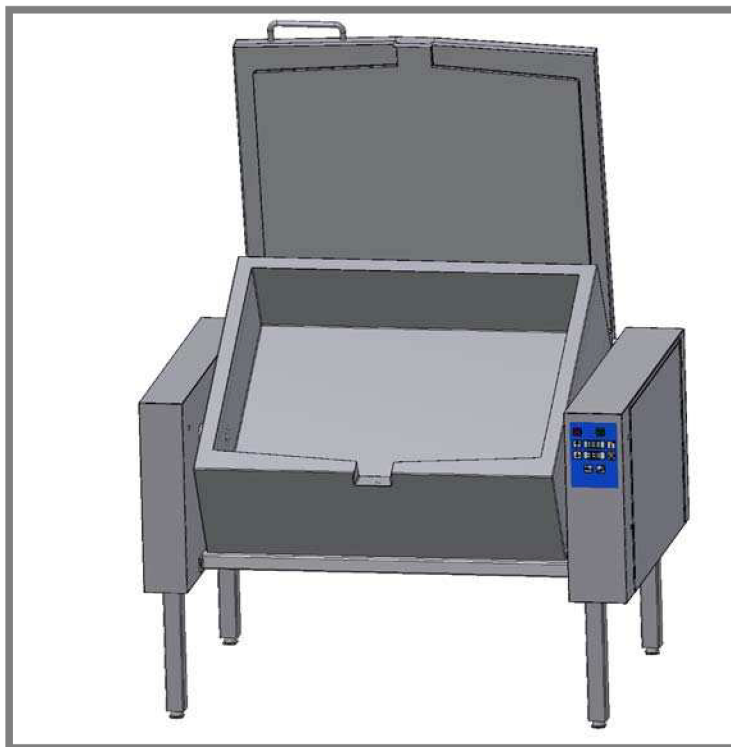
Rám pánve je rozdělen na dvě boční části, které jsou spolu spojeny třemi propojovacími tyčemi.

Součástí konstrukčního návrhu byla tvorba 3D modelu. Model a výkresová dokumentace byli vytvořeny v programu Autodesk Inventor 2008 a AutoCAD 2007. Navržená konstrukce byla podrobena pevnostní analýze v programu Ansys Workbench 11.

Dílčím úkolem bylo také navržení vzhledu ovládacího panelu pánve. Design ovládacího panelu byl vytvořen v programu Adobe Illustrator 10.

V závěru práce je také uvedeno ekonomické zhodnocení (viz. kapitola 7.1).

V této práci nebyla řešena otázka elektrické instalace. Elektrické prvky by bylo vhodné umístit na pravou boční část rámu, kde je umístěn lineární aktuátor a ovládací panel.



Obr. 6-44 Multifunkční naklápěcí pánev

## 7.1 Ekonomický rozbor

V ekonomickém rozboru jsou uvažovány pouze ceny nakupovaných dílů. Cena práce není v rozboru zahrnuta. Ceny jsou převzaty z internetových stránek prodejců nebo z poptávek. Jednotliví dodavatelé jsou uvedeni u každé tabulky.

Veškeré uvedené ceny jsou včetně DPH. U některých materiálů bylo nutné převést cenu z cizí měny, pro tyto případy byl uvažován kurz 1 EURO=26,780 Kč ze dne 12.5.2009.

Celková cena komponent uvedených v tomto ekonomickém rozboru je 37946,59 Kč.

Tab. 7-1 Hutní materiál

Název polotovaru	Rozměr	Norma	ks	Cena Kč/ks	Cena Kč/Σks
Tyč čtvercová	50x50x2-6000	DIN 2395	1,08	899,8	971,8
Tyč obdelníková	50x40x2-6000	DIN 2395	0,56	626,7	351
Trubka tlustostěnná	Ø63x16-6000	DIN 17 456	0,064	15269	977,2
Trubka tlustostěnná	Ø40x10-6000	DIN 17 456	0,02	6893,2	137,9
Trubka tlustostěnná	Ø112x11-6000	DIN 17 456	0,0184	23994	441,5
Trubka bezešvá	Ø22x6-6000	DIN 17458	0,221	1365,8	301,8
Trubka bezešvá	Ø15x2-6000	DIN 17458	0,045	1277,4	283,31
Tyč kruhová	Ø12-3000	DIN 671	0,014	178,8	2,5
Tyč kruhová	Ø14-3000	DIN 671	0,0187	243	4,5
Tyč plochá	25x12-4000	DIN 1017	0,01	752	7,5
Tyč plochá	40x4-4000	DIN 1017	0,227	330,9	75,1
Tyč plochá	40x6-4000	DIN 1017	0,054	441,16	23,82
Tyč plochá	40x8-4000	DIN 1017	0,027	588,2	15,9
Tyč plochá	80x5-4000	DIN 1017	0,0294	735,3	21,6
Tyč plochá	70x12-4000	DIN 1017	0,027	1544,1	41,69
Plech 0,8 mm	1250x2500		1	1130	1130
Plech 1 mm	1259x2500		2	1390	2780
Plech 1,5 mm	1000x2000	ČSN EN 485-4	0,5	569,89	284,9
Plech 2 mm	1250x2500		1	2775	2775
Plech 8 mm	1000x2000		1	6604,8	6604,8
					17231,8

Jako dodavatele nerezového hutního materiálu volím firmu EH NEREZ Edelmetall s.r.o. [22], hliníkového plechu Ferona a.s [23].

Tab. 7-2 Spojovací materiál

Název	Norma	ks	Cena Kč/ks	Cena Kč/Σks
Vratový šroub M10x20 [24]	DIN 603	12	6,24	74,88
Šroub M10x70 [24]	DIN 912	4	10,02	40,08
Závitová tyč M6 [24]	DIN 975	1,36m	130/2m	88,4
Šroub M6x15 [24]	DIN 967	105	0,3	31,5
Matice M6 [24]	DIN 934	40	0,34	13,6
Matice M6 [24]	DIN 985	20	0,45	9
Nýtovací matice M6 [24]		115	3,7	425,5
Matice M10 [24]	DIN 934	16	1,72	27,52
Podložka 6 [24]	DIN 125	60	0,19	11,4
Podložka 10 [24]	DIN 125	20	0,61	12,2
Podložka 6 [24]	DIN 127B	40	0,24	9,6
Podložka 10 [24]	DIN 127B	16	0,6	9,6
Matice KM2 [25]	DIN 981	2	30	60
Matice KM8 [25]	DIN 981	1	48,14	48,14
Podložka MB 2 [25]	DIN 5406	2	19,92	39,84
Podložka MB 8 [25]	DIN 5406	1	7,47	7,47
Pojistný kroužek 8 [25]	DIN 6799	4	1,9	7,6
Pojistný kroužek 12 [25]	DIN 471	4	2,4	9,6
				925,93

Jako dodavatele spojovacího materiálu volím firmy AKROS spol s.r.o. [24] a Killich s. r. o. [25].

Tab. 7-3 Další prvky

Název	Označení	ks	Cena Kč/ks	Cena Kč/Σks
Plynová vzpěra [18]	GF 10/22	2	461	922
Aktuátor [26]	SKF Matrix M6	1	7485,1	7485,1
Kloubové ložisko [27]	GE 60 TXE-2L	2	2 565,45	5130,9
Kluzné ložisko [27]	PCMF 202321.5 E	2	64,64	129,28
El. topné těleso [28]		5	1 078	5390
Tepelná izolace [29]	Rockwool WM 80	2,9m <sup>2</sup>	252,27/1m <sup>2</sup>	731,58
				19788,86

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] *Fanyinfo* [online].c2006, [cit. 2008-04-03]. Dostupné z:  
<[http://www.fanyinfo.cz/download/FI\\_Special\\_2\\_2005.pdf](http://www.fanyinfo.cz/download/FI_Special_2_2005.pdf) >
- [2] *Elektrolux* [online]. c2008, [cit. 2008-04-10]. Dostupné z:  
<<http://tools.professional.electrolux.com/Mirror/Doc/MAD/ELECTROLUX/Czech/DAGA010.pdf>>
- [3] *Elektrolux – Multifunkční sklopná pánev Thermaline* [online].c2008,  
[cit. 2008-04-10]. Dostupné z:  
<<http://www.electrolux-professional.cz/node578.asp?o=p&l=DAG&c=0>>
- [4] *Fagor-Electric tilting bratt pans*[online].c2008, [cit. 2008-04-11]. Dostupné z:  
<[http://www.fagorboilingandbrattpans.com/900-series/electric-tilting-bratt-pans/cat\\_8.html](http://www.fagorboilingandbrattpans.com/900-series/electric-tilting-bratt-pans/cat_8.html)>
- [5] *Firex-Betterpan* [online].c2008, [cit. 2008-04-11]. Dostupné z:  
<[http://www.firex.it/WEB\\_FIREX/prodotti/brochure/Betterpan.zip](http://www.firex.it/WEB_FIREX/prodotti/brochure/Betterpan.zip)>
- [6] *Elektrolux – Thermaline tlakové pánve* [online].c2008, [cit. 2008-04-10].  
Dostupné z: <[http://tools.professional.electrolux.com/Mirror/Doc/BR/BR\\_BR-9JEDG\\_1\\_5\\_21\\_3\\_9JEDGC.pdf](http://tools.professional.electrolux.com/Mirror/Doc/BR/BR_BR-9JEDG_1_5_21_3_9JEDGC.pdf)>
- [7] *Rosinox – Multi-function pressure bratt pans* [online].c2008, [cit. 2008-04-10].  
Dostupné z: <<http://www.rosinox.com/cuisson/?p=21&lang=en>>
- [8] *Lectrotab-Linear actuator* [online].c2008, [cit. 2008-05-03]. Dostupné z:  
<[http://www.lectrotab.com/Products/Products\\_Act.htm](http://www.lectrotab.com/Products/Products_Act.htm)>
- [9] *Firex* [online].c2008, [cit. 2008-04-13]. Dostupné z:  
<[http://www.firex.it/WEB\\_FIREX/prodotti/brochure/FRYBRATT.zip](http://www.firex.it/WEB_FIREX/prodotti/brochure/FRYBRATT.zip)>
- [10] *Evolution-Kitchen confidence* [online].c2006, [cit. 2008-03-18]. Dostupné z:  
<<http://evolution.skf.com/zino.aspx?articleID=15010>>
- [11] *Rosinox – Bratt pans 900mm* [online].c2008, [cit. 2008-04-10].  
Dostupné z: <<http://www.rosinox.com/cuisson/?p=2&lang=en>>
- [12] Doc. Ing. Milan Pavelek, CSc., Ing. Josef Štětina, *TERMOMECHANIKA Studijní pomůcky (opora) pro kombinovanou formu bakalářského studia* [online].c2008, [cit. 2009-01-09]. Dostupné z:  
< <http://otp.fme.vutbr.cz/skripta/Termomechanika/TEORIE/T10-01.pdf>>
- [13] *Rockwool-technické izolace* [online].c2009, [cit. 2009-03-06]. Dostupné z:  
< [http://www.rockwool.cz/graphics/RW-CZ-implementation/technicke\\_listy/nove/wm\\_65\\_zinc\\_wm\\_80\\_-alu-zzinc.pdf](http://www.rockwool.cz/graphics/RW-CZ-implementation/technicke_listy/nove/wm_65_zinc_wm_80_-alu-zzinc.pdf)>
- [14] *The engineering toolbox-Air Properties* [online].c2005, [cit. 2009-03-06].  
Dostupné z:  
< [http://www.engineeringtoolbox.com/air-properties-d\\_156.html](http://www.engineeringtoolbox.com/air-properties-d_156.html) >
- [15] *Engineering Material Properties* [online].c2004, [cit. 2009-03-06]. Dostupné z:  
< <http://www.sas.org/engineerByMaterial.html> >
- [16] *ETTO-Výroba odporových topných těles* [online].c2007, [cit. 2009-03-12].  
Dostupné z: < <http://www.etto.cz/technicke-parametry> >
- [17] *SKF-Linear actuator MAX6* [online].c2008, [cit. 2008-10-07]. Dostupné z:  
< <http://skf.manager.nu/temp/5459069411.zip>>
- [18] *SKF-* [online].c2009, [cit. 2009-02-24]. Dostupné z:  
<[http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=3\\_1\\_10a&lang=en](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=3_1_10a&lang=en) >

- [19] *Lokres-Prodejce se strojním zařízením* [online].c2008, [cit. 2009-03-16].  
Dostupné z: < [http://www.lokres.cz/sort\\_lo\\_3.html](http://www.lokres.cz/sort_lo_3.html) >
- [20] *SKF- Composite dry sliding flanged bushings* [online].c2008, [cit. 2009-02-24].  
Dostupné z:  
<[http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=en&newlink=3\\_4\\_81](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=en&newlink=3_4_81)>
- [21] *Montako* [online].c2007, [cit. 2009-02-21]. Dostupné z:  
<<http://www.montako.cz/kategorie/plynove-vzpery-gf-1022.aspx>>
- [22] *EH NEREZ - Dodavatel nerezů* [online].c2009, [cit. 2009-05-12]. Dostupné z:  
<<http://www.eh-nerez.cz/?page=003>>
- [23] *Ferona- Velkoobchod hutního materiálu* [online].c2009, [cit. 2009-05-12].  
Dostupné z:  
< <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=9382&material=893>>
- [24] *AKROS Nerezový spojovací materiál* [online].c2007, [cit. 2009-05-12].  
Dostupné z: < <http://www.akros.cz/>>
- [25] *Killich s. r. o. Nerezový spojovací materiál* [online].c2009, [cit. 2009-05-12].  
Dostupné z: < <http://eshop.killich.cz/spojovaci-material-nerezovy> >
- [26] *Exvalos* [online].c2008, [cit. 2009-05-12]. Dostupné z:  
< [www.exvalos.cz/](http://www.exvalos.cz/)>
- [27] *Průmyslové potřeby* [online].c2006, [cit. 2009-05-12]. Dostupné z:  
< <http://www.sortiment.cz/>>
- [28] *Backer elektro* [online].c2009, [cit. 2009-05-12]. Dostupné z:  
<<http://backer.inshop.cz/inshop/scripts/detail.asp?ItemID=590>>
- [29] *Dewitky-technické izolace* [online].c2009, [cit. 2009-05-12]. Dostupné z:  
< <http://www.dewitky.cz/good.php?goodId:1180%7C40mm-WM-80-ZINC-5m2-5m2->>>
- [30] SVOBODA, P.,BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Základy konstruování*.  
2.přepřacované vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 200 s.  
ISBN 80-7204-306-4.



**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<i>ČSN</i>	-česká státní norma
<i>DIN</i>	-německá státní norma
<i>MKP</i>	-metoda konečných prvků
<i>PTFE</i>	-polytetrafluóretylén
$B$ [mm]	-šířka ložiska
$B_1$ [mm]	-šířka vnitřního kroužku ložiska
$B_2$ [mm]	-šířka vnějšího kroužku ložiska
$C$ [mm]	-zdvih
$C$ [kN]	-dynamická únosnost
$C$ [1]	-konstanta závislá na hodnotě součinu <i>Pr.Gr</i>
$C_o$ [kN]	-statická únosnost
$d$ [mm]	-průměr hřídele
$D$ [mm]	-vnější průměr ložiska
$D_1$ [mm]	-vnější průměr osazení ložiska
$E$ [mm]	-vysunutá délka
$F_a$ [N]	-axiální síla od aktuátoru
$F_L$ [N]	-celková síla působící na ložisko
$F_k$ [N]	- síla vyvolaná vlastní tíhou kapaliny
$F_t$ [N]	-reakční síla působící na konci ramena naklápění proti kroutícímu momentu vyvolanému vlastní tíhou pánve
$F_{th}$ [N]	-maximální síla v tahu
$F_{tl}$ [N]	-maximální síla v tlaku
$F_p$ [N]	-síla plynové vzpěry
$F_{pk}$ [N]	-složka síly plynové vzpěry působící kolmo na rameno
$F_v$ [N]	-síla od vlastní tíhy víka
$F_{xa}$ [N]	-složka síly působí od aktuátoru ve směru osy x
$F_{yv}$ [N]	-síla působící ve směru osy y od vlastní tíhy varné nádoby
$g$ [m.s <sup>-2</sup> ]	-tíhové zrychlení
$Gr$ [1]	-Grashofovo číslo
$k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel prostupu tepla
$k$ [1]	-bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti
$L$ [m]	-charakteristický rozměr (výška varné nádoby)
$m$ [kg]	-hmotnost
$M_p$ [N.m]	-moment od plynové vzpěry
$M_v$ [N.m]	-moment od víka
$n$ [1]	-konstanta závislá na hodnotě součinu <i>Pr.Gr</i>
$Nu$ [1]	-Nusseltovo číslo
$p$ [MPa]	-tlak působící na dno nádoby
$Pr$ [1]	-Prandtlovo číslo
$\dot{q}$ [W.m <sup>-2</sup> ]	-hustota tepelného toku
$r_1$ [m]	-vzdálenost těžiště víka
$r_2$ [m]	-poloměr ramena
$R_m$ [MPa]	-mez pevnosti materiálu
$R_{p0,2}$ [MPa]	-mez kluzu materiálu
$S_v$ [mm <sup>2</sup> ]	-plocha dna vany
$t_1$ [K]	-teplota vnitřní stěny



---

$t_4$ [K]	-teplota vnější stěny
$t_5$ [K]	-teplota okolního vzduchu
$T_p$ [°C]	-maximální provozní teplota tepelné izolace
$t_u$ [K]	-určující teplota
$\Delta t$ [K]	-teplotní diference stěny a okolního vzduchu
$\Delta t_i$ [K]	-teplotní diference mezi vnitřní stěnou a okolním vzduchem
$v_{max1}$ [m.s <sup>-1</sup> ]	-maximální rychlost bez zatížení
$v_{max2}$ [m.s <sup>-1</sup> ]	-maximální rychlost při plném zatížení
$Z$ [mm]	-zdvih aktuátoru
$\alpha$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel přestupu tepla
$\beta$ [°]	-úhel sklopení aktuátoru od svislé roviny
$\delta$ [°]	-úhel naklopení víka
$\delta_1$ [°]	-úhel odklonění plynové vzpěry od směru kolmého na rameno
$\delta_1$ [m]	-tloušťka vnitřní stěny varné nádoby
$\delta_2$ [m]	-tloušťka vnější stěny varné nádoby
$\delta_i$ [m]	-tloušťka tepelné izolace
$\lambda_v$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel tepelné vodivosti vzduchu
$\lambda_o$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel tepelné vodivosti nerezové oceli
$\lambda_i$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	-součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace
$\sigma_{red}$ [MPa]	-maximální redukované napětí
$\nu$ [m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	-kinematická viskozita vzduchu

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obr. 1-1</b> Multifunkční naklápěcí pánev Elektrolux [3]	14
<b>Obr. 1-2</b> Multifunkční naklápěcí pánev Fagor [4]	15
<b>Obr. 1-3</b> Pánev Firex v provedení pro instalaci na zeď [5]	15
<b>Obr. 1-4</b> Multifunkční tlaková pánev Rosinox [7]	16
<b>Obr. 1-5</b> Srovnání tlakového a normálního vaření [6]	17
<b>Obr. 1-6</b> Detail varné nádoby pánve Firex [5]	18
<b>Obr. 1-7</b> Lineární aktuátor Lectrotab [8]	19
<b>Obr. 1-8</b> Ovládací panel multifunkční pánve Firex [9]	20
<b>Obr. 1-9</b> Multifunkční pánev Rosinox s vodní směšovací baterií [10]	20
<b>Obr. 5-1</b> Multifunkční pánev Rosinox [11]	24
<b>Obr. 5-2</b> Multifunkční pánev Rosinox [10]	25
<b>Obr. 6-1</b> Hlavní části pánve	26
<b>Obr. 6-2</b> Průběh změny teploty ve stěně pánve	27
<b>Obr. 6-3</b> Varná nádoba – pohled na přední část	31
<b>Obr. 6-4</b> Varná nádoba – pohled na zadní část	32
<b>Obr. 6-5</b> Detail hřídělí	32
<b>Obr. 6-6</b> Odporové topné těleso	33
<b>Obr. 6-7</b> Uspořádání topných těles	33
<b>Obr. 6-8</b> Detail uchycení topných těles	34
<b>Obr. 6-9</b> Připevní krytu topných těles	34
<b>Obr. 6-10</b> Instalace desek izolace:	35
<b>Obr. 6-11</b> Umístění aktuátoru v konstrukci	36
<b>Obr. 6-12</b> Síly na rameni aktuátoru	36
<b>Obr. 6-13</b> Model lineárního aktuátoru SKF Matrix MAX6-A	37
<b>Obr. 6-14</b> Kloubové ložisko [19]	38
<b>Obr. 6-15</b> Kloubové ložisko v ložiskovém domečku	38
<b>Obr. 6-16</b> Vana – okrajové podmínky	39
<b>Obr. 6-17</b> Vana – síť konečných prvků	40
<b>Obr. 6-18</b> Vana – redukované napětí Von-Mises	40
<b>Obr. 6-19</b> Vana – deformace	41
<b>Obr. 6-21</b> Pravý bok rámu	43
<b>Obr. 6-22</b> Levý bok rámu	43
<b>Obr. 6-23</b> Propojovací tyče	44
<b>Obr. 6-24</b> Rám – okrajové podmínky	45
<b>Obr. 6-25</b> Rám – síť konečných prvků	45
<b>Obr. 6-26</b> Rám – redukované napětí Von-Mises	46
<b>Obr. 6-27</b> Rám – redukované napětí Von-Mises detail	46
<b>Obr. 6-28</b> Rám upravený – redukované napětí Von-Mises	47
<b>Obr. 6-29</b> Rám upravený – napětí Von-Mises detail	47
<b>Obr. 6-30</b> Rám – deformace	48
<b>Obr. 6-31</b> Pohled na víko shora	49
<b>Obr. 6-32</b> Pohled na spodní část víka	49
<b>Obr. 6-33</b> Detail konce hřídelle víka	50
<b>Obr. 6-34</b> Konec hřídelle s ramenem	50
<b>Obr. 6-35</b> Geometrie kluzného ložiska [20]	51
<b>Obr. 6-36</b> Plynová vzpěra - rozměry [21]	51

<b>Obr. 6-37</b> Model plynové vzpěry	52
<b>Obr. 6-38</b> Síly působící na víko pánve	53
<b>Obr. 6-39</b> Díly krytu	54
<b>Obr. 6-40</b> Spodní díl krytu	54
<b>Obr. 6-41</b> Hlavní díl krytu	55
<b>Obr. 6-42</b> Odnímatelný kryt	55
<b>Obr. 6-43</b> Plechování levé strany	56
<b>Obr. 6-44</b> Design ovládacího panelu	56
<b>Obr. 6-44</b> Multifunkční naklápěcí pánev	57

## **SEZNAM TABULEK**

<b>Tab. 6-1</b> Momenty působící na hřídeli víka	52
<b>Tab. 7-1</b> Hutní materiál	58
<b>Tab. 7-2</b> Spojovací materiál	59
<b>Tab. 7-3</b> Další prvky	59

## SEZNAM PŘÍLOH

Výkres sestavení – Multifunkční pánev  
Výkres sestavení – Varná nádoba

MP – 00/00 – 50/95  
MP – 01/00 – 50/95

