

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

## **Pojízdný skládací stůl pro chovatele**

Mobile Folding Table for Breeders

Student:

Jakub Smékal

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph. D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Smékal**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Pojízdný skládací stůl pro chovatele  
Mobile Folding Table for Breeders**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte pojízdný stůl sloužící k převozu a případné manipulaci se zvířaty. Stůl bude skládací. Na desku stolu se bude nasazovat klec. Parametry stolu:

- nosnost do 60 kg,
- rozměry 600 mm x 800 mm,
- zdvih do výšky 700 mm.

Nakreslete sestavu stolu a výrobní výkres vybrané části.

### Seznam doporučené odborné literatury:

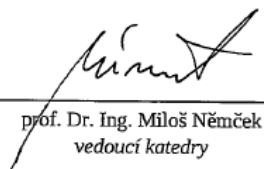
- Bolek,A.; Kochman,J. Části strojů I. Praha: SNTL, 1989. 775s. ISBN 80-03-00046-7  
Bolek,A.; Kochman,J. Části strojů II. Praha: SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8  
Dejl,Z. Konstrukce strojů a zařízení I. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3  
Kaláb,K. Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8  
Kaláb,K. Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3  
Leinveber,J.; Vávra,P. Strojnické tabulky. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7  
Normy, katalogy, prospekty a www-stránky k dané problematice

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



---

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



## **Místopřísežné prohlášení studenta**

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

V Ostravě:.....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užit (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona § č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis studenta

Jakub Smékal

Slatinice 218, 783 42

## **Anotace**

SMÉKAL, J. *Pojízdný skládací stůl pro chovatele: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra části a mechanismy strojů, 2016, 43 s. Vedoucí práce KUNZOVÁ, I.

V bakalářské práci je na úvod popsána zadaná problematika. Následuje řešení s rozбором všech možných na trhu dostupných stolů, které jsou skládací a s možností zvedání desky stolu. V další fázi se práce zabývá vlastním návrhem pojízdného skládacího stolu a jeho pevnostní kontrolou. Na závěr je celá práce i konstrukce zhodnocena.

## **Annotation**

SMÉKAL, J. *Mobile Folding Table for Breeders: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2016, 43 p. Thesis head: KUNZOVÁ, I.

The bachelor thesis describes specified issues. It is followed by research with the analysis of all possible tables available on the market with the possibility of folding and lifting the table top. The following part of the thesis deals with design of the mobile folding table itself together with its strength check. The conclusion evaluates the entire work and construction.

## Obsah

Seznam použitého značení, symbolů a zkratk .....	2
Úvod .....	6
1. Rešerše .....	7
1.1. Rozdělení podle pohonu .....	7
1.2. Rozdělení podle uspořádání nůžkového mechanismu .....	9
1.3. Rozdělení podle konstrukce .....	10
2. Konstrukce a popis zvedacího, skládacího stolu .....	10
2.1. Základní rám .....	11
2.2. Deska .....	11
2.3. Nohy .....	12
2.4. Řešení skládání nohou .....	13
2.5. Domek pro uložení nohou .....	15
2.6. Tyč (oj) .....	15
2.7. Kolečka .....	16
3. Výpočet .....	17
3.1. Pevnostní analýza .....	17
3.2. Praktická výpočetní část .....	19
3.2.1. Hmotnost desky .....	20
3.2.2. Hmotnost rámu .....	20
3.2.3. Celková hmotnost .....	20
3.2.4. Tíhová síla .....	20
3.2.5. Síla v jedné noze .....	21
3.2.6. Únosnost jedné nohy .....	21
3.2.7. Kontrola čepu v kolečku .....	22
3.2.8. Kontrola nohy na vzpěr .....	24
3.2.9. Kontrola svaru .....	25
3.2.10. Kontrola plechu k táhlu na tah .....	27
3.2.11. Rozklad sil u tažné tyče (oje) .....	29
3.2.12. Kontrola čepu u tažné tyče a plechu k táhlu .....	33
3.2.13. Utahovací moment šroubu v úchyty .....	35
4. Závěr .....	39
Seznam použité literatury .....	41
Seznam příloh .....	43

## Seznam použitého značení, symbolů a zkratek

$A = S_{NOHY}$	Plocha průřezu nohy	[mm <sup>2</sup> ]
D	Vnější průměr trubky	[mm]
E	Modul pružnosti materiálu	[MPa]
F	Celková působící síla	[N]
$F_R$	Síla působící na jednu nohu (kolečko)	[N]
$F_{KR}$	Kritická síla u vzpěru	[N]
$F_{\check{C}L}$	Síla v ruce člověka	[N]
$F_X$	Síla v ose X u plechu k táhlu	[N]
$F_Y$	Síla v ose Y u plechu k táhlu	[N]
$F_{Ya}$	Síla odchýlená od klopného bodu	[N]
$F_{\check{S}1}, F_{\check{S}2}$	Síly ve šroubech bez bezpečnosti	[N]
$F_{N1}, F_{N2}$	Síly ve šroubech s bezpečností (20%)	[N]
$F_T$	Třecí síla vůči síle $F_X$	[N]
$F_{O1}, F_{O2}$	Osové síly ve šroubech	[N]
$F_1$	Obvodová síla	[N]
$G_{Pp}$	Tíha pracovní plochy	[N]
G	Tíha provozního zatížení	[N]
H	Vzdálenost od klopného bodu vzhledem k působišti sil ( $F_Y, F_X, F_{\check{C}L}$ )	[mm]
$J_{MIN}$	Minimální kvadratický moment průřezu nohy	[mm <sup>4</sup> ]
$L_{RED}$	Redukovaná délka nohy	[mm]
L	Skutečná délka nohy	[mm]
$L_1$	Vzdálenost síly ve šroubu $F_{N1}$ od klopného bodu	[mm]
$L_2$	Vzdálenost síly ve šroubu $F_{N2}$ od klopného bodu	[mm]
$M_{OKOL}$	Ohybový moment čepu v kolečku	[N·m]
$M_{TZ1}, M_{TZ2}$	Momenty tření v závitech	[N·m]
$M_O$	Ohybový moment na čepu	[N·m]
$M_{UT}$	Utahovací moment	[N·m]
$P_D$	Maximální dovolený tlak	[MPa]



$P_{\text{KOLEČ.}}$	Tlak působící na čep pod kolečkem	[MPa]
$P_{\text{RÁM}}$	Tlak od rámu kolečka	[MPa]
$P$	Velikost rozteče (stoupání) závitu	[mm]
$P_1, P_2$	Měrné tlaky působící na čep	[MPa]
$P_{D1}, P_{D2}$	Maximální dovolené tlaky mezi otáčející se částí a čepem	[MPa]
$R_e$	Mez kluzu materiálu	[MPa]
$S_{\text{KOLEČ.}}$	Plocha čepu u kolečka	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{\text{PLECH}}$	Plocha plechu k táhlu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{\text{SR}}$	Plocha šroubu	[mm <sup>2</sup> ]
$W_{\text{OKOL}}$	Kvadratický moment průřezu čepu u kolečka	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{\text{KZ}}$	Modul průřezu závitu šroubu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_{\text{O}}$	Kvadratický moment průřezu čepu	[mm <sup>3</sup> ]
$a_s$	Velikost (výška) svaru	[mm]
$a_{\text{ČEPU}}$	Šířka otláčované části čepu	[mm]
$a$	Vzdálenost klopného bodu od působíště síly $F_Y$	[mm]
$b_1, b_2$	Šířka profilu plechu k táhlu	[mm]
$b_{\text{PLECHU}}$	Šířka profilu působící na čep	[mm]
$d_{\text{ČEPU}}$	Průměr čepu v kolečku	[mm]
$d$	Vnitřní průměr trubky	[mm]
$d_{\text{PLECHU}}$	Průměr otvoru v profilu plechu k táhlu	[mm]
$d_2$	Střední průměr závitu	[mm]
$d_3$	Malý průměr závitu	[mm]
$d_{M6}$	Velikost šroubu M	[mm]
$d_d$	Šířka desky	[mm]
$f_z$	Součinitel tření na závitu	[ - ]
$g$	Gravitační (tíhové) zrychlení	[m · s <sup>-2</sup> ]
$h_d$	Výška desky	[mm]
$h_1$	Rozměr profilu plechu k táhlu	[mm]
$j_{\text{MIN}}$	Minimální poloměr setrvačnosti	[mm]
$k_{\text{O}}$	Bezpečnost v ohybu	[ - ]

$k_S$	Bezpečnost ve smyku	[ - ]
$k_E$	Bezpečnost u vzpěru	[ - ]
$k_{SV1}$	Výsledná bezpečnost dle teorie	[ - ]
$k_{SV2}$	Výsledná bezpečnost dle praxe	[ - ]
$k_{SPLECHU}$	Bezpečnost plechu k táhlu	[ - ]
$k_{S1}, k_{S2}$	Bezpečnost ve šroubech	[ - ]
$l_d$	Délka desky	[mm]
$l_{ČEPU}$	Délka čepu pod kolečkem	[mm]
$l_{KONST.}$	Délka čepu pod konstrukcí profilu	[mm]
$l_{S1}$	Délka svaru dle teorie	[mm]
$l_{S2}$	Délka svaru dle praxe	[mm]
$m_{DESKY}$	Hmotnost desky	[kg]
$m_{RÁMU}$	Hmotnost rámu	[kg]
$m_{INVENTOR}$	Odměřená hmotnost rámu pomocí programu (Autodesk Inventor Professional 2016)	[kg]
$m_C$	Celková hmotnost konstrukce	[kg]
$m_{PSA}$	Hmotnost zvířete (psa) max. nosnost dle zadání	[kg]
$m_{KLECE}$	Hmotnost klece	[kg]
$m_{KOLEČ.}$	Hmotnost koleček	[kg]
$m_{NOHY}$	Únosnost jedné nohy	[kg]
$n$	Číselná konstanta charakterizující působení síly u vzpěru	[ - ]
$W_O$	Kvadratický moment průřezu čepu	[mm <sup>3</sup> ]
$\rho_{OCEL}$	Hustota oceli	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\rho_{ABS}$	Hustota ABS plastu	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\sigma_{O KOL}$	Ohybové napětí v čepu kolečka	[MPa]
$\sigma_{DO}$	Maximální dovolené ohybové napětí v čepu kolečka	[MPa]
$\sigma_{DOV}$	Maximální dovolené tahové napětí	[MPa]
$\sigma_{KR}$	Kritické napětí	[MPa]
$\sigma_T$	Tahové napětí u plechu k táhlu	[MPa]
$\sigma_{DT}$	Maximální dovolené tahové napětí u plechu k táhlu	[MPa]

$\sigma_{T1}, \sigma_{T2}$	Tahové namáhání na šrouby u plechu k táhlu	[MPa]
$\sigma_{RED1}, \sigma_{RED2}$	Redukované napětí ve šroubech u plechu k táhlu	[MPa]
$\sigma_{RED}$	Redukované napětí šroubu v úchytu	[MPa]
$\tau$	Smykové napětí v čepu kolečka	[MPa]
$\tau_D$	Maximální dovolené smykové napětí	[MPa]
$\tau_{\perp 1}^{FR}$	Napětí od zatěžující síly $F_R$ dle teorie	[MPa]
$\tau_{\perp 2}^{FR}$	Napětí od zatěžující síly $F_R$ dle praxe	[MPa]
$\tau_{K1}, \tau_{K2}$	Namáhání v krutu pro šroub	[MPa]
$\tau_{MAX}$	Maximální smykové napětí v čepu	[MPa]
$\pi$	Matematická konstanta	[ - ]
$\lambda_{SK}$	Skutečná štíhlost	[ - ]
$\lambda_{MEZ}$	Mezní štíhlost	[ - ]
$\beta$	Korekční faktor	[ - ]
$\mu$	Součinitel smykového tření	[ - ]
$\psi$	Úhel stoupání závitu	[ ° ]
$\varphi'$	Redukovaný třecí úhel	[ ° ]
$\alpha$	Úhel metrického závitu	[ ° ]

## Úvod

V dnešní době existuje velké množství skládacích stolů od mnoha různých výrobců. Mezi tyto různé druhy zvedacích, skládacích a jinak řešených stolů, patří taktéž např. zdvihací plošiny, které se používají v různých oborech, při výrobě, montáži, skladování nebo při manipulaci s materiálem. Tyto stoly mohou být stabilní nebo pohyblivé, se zdvihem do výšky od několika milimetrů až po několik metrů a nosností až do několika tun. U těchto zdvihacích mechanismů je zvedací plošina řešena pomocí nůžkového mechanismu, pro větší zdvižnou výšku je potřeba dvou či vícenůžkového mechanismu.

V úvodu bych chtěl také zmínit, že malé mechanické plošiny a hydraulické stoly jsou využity především jako manipulační prostředky pro přesun materiálu ve vertikálním i horizontálním směru. Hydraulické plošiny je též možné využít i pro ruční skládání nebo pro zdvih desky či plošiny v požadovaném zdvihu.

Cílem práce je navrhnout pojízdný skládací stůl pro chovatele, který se zvedne bez jakéhokoliv pohonu do výšky cca 700 mm a únosností břemene o hmotnosti 60 kg. K desce stolu bude možnost připnutí klece pro dané zvíře. Stůl je opatřen pojízdnými kolečky pro snadnou manipulaci a následné přesunutí stolku.



Obrázek 1 - Pojízdný zvedací stůl (1)

## 1. Rešerše

Zvedací plošiny nebo jinak řečeno desky stolů jsou kromě pomoci k efektivnější a především bezpečnější práci také nástrojem ke snížení rizika pracovních nehod a úrazů. Zvedací desky stolů mohou sloužit velmi dlouhou dobu po dobu i několika let za případu, že je správně specifikován druh práce, kterou musejí vykonávat a odolávat jí. Plošiny neboli desky jsou využívány při mnoha různých činnostech jako jsou např.: při elektroinstalaci, kovoobrábění, svařování, lakování, při stavebních pracích, v opravárenství, údržbě, součástí výrobních linek. Dále se využívají v nemocničním odvětví jako: zvedací nemocniční lůžko, pojízdná skládací a zvedací sanitární vozítka, apod.

Dalším využitím je tedy v oboru, co se týká veterinárních a vystavovacích stolů, kde se též musí nějakým způsobem zvedat deska stolu s mazlíčkem, který bude vystavován nebo naopak ošetřován.

Bezpečnost osoby, která jakkoliv manipuluje se zvedací plošinou je prioritou. Všechny plošiny by měly odpovídat a jsou zahrnuty v souladu s českými i evropskými normami. Obzvlášť by měly odpovídat evropským bezpečnostním a strojním standardům, strojním direktivám a pravidlům kvůli prevenci průmyslových poranění.

**Zvedací plošiny můžeme rozdělit podle několik kritérií:**

### 1.1. Rozdělení podle pohonu

- zvedací plošiny s ručním pohonem



Obrázek 2 - Zvedací stůl s ručním pohonem (2)

- zvedací plošiny s hydraulickým pohonem



Obrázek 3 - Zvedací stůl s hydraulickým pohonem (3)

- zvedací plošiny s elektrickým pohonem



Obrázek 4 - Zvedací stůl s el. pohonem (4)

- zvedací plošiny s pneumatickým pohonem



Obrázek 5 - Zvedací stůl s pneu. pohonem (5)

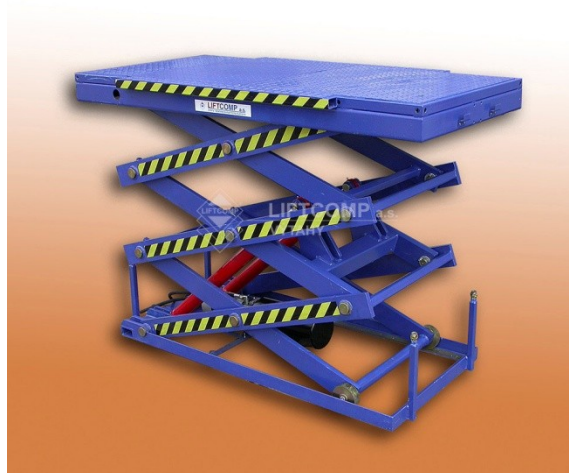
- zvedací plošiny se spalovacím motorem
  - u zvedací plošiny je přidán spalovací motor, je to mechanický tepelný stroj, který vnějším nebo vnitřním spálením paliva přeměňuje jeho chemickou energii na energii tepelnou a na mechanickou energii působením na píst. Mechanická práce je předávána na pohon daného strojního zařízení.

## 1.2. Rozdělení podle uspořádání nůžkového mechanismu

- zvedací plošiny s jednolůžkovým mechanismem (Obrázek 2)
- zvedací plošiny s dvounůžkovým mechanismem nad sebou (Obrázek 3)
- zvedací plošiny s dvounůžkovým mechanismem vedle sebe (Obrázek 6)
- zvedací plošiny s vícenůžkovým mechanismem (Obrázek 7)



Obrázek 6 – Zvedací plošina s dvounůžkovým mechanismem (6)



Obrázek 7 - Zvedací plošina s vícenůžkovým mechanismem (7)

### 1.3. Rozdělení podle konstrukce

- statické zdvižné plošiny
  - mají velkou pracovní zdvižnou plochu a svou konstrukcí jsou statické
  - zdvihací plošina je ideální k zabudování do terénu a dokonce se často stává přímo součástí podlahy
- mobilní zdvižné plošiny –
  - tzn. má obvykle čtyři polyuretanová kolečka, která jsou namontovaná a regulovatelná, v mnoha případech jsou opatřena brzdou
  - mobilní zdvižné stoly se mohou nejen zdvihát, ale také jednoduše převážet a manipulovat s nimi

## 2. Konstrukce a popis zvedacího, skládacího stolu

Jako konstrukci pojízdného zvedacího stolu pro chovatele, jsem si vybral pojízdný skládací stůl s kolečky. Tento stůl může sloužit jako jednoduše řešený skládací stůl, který je i zároveň pojízdný. Využit ho mohou vystavovatele svých zvířat např. psů a koček na výstavách, nebo také jako stříhací nebo odborně řečeno trimovací pojízdný stůl. K takovému stolu je mnoho příslušenství např. konzole pro připnutí obojku, odnímatelná klec, oj (slouží k tahání stolu).



Obrázek 8 - Stůl pro chovatele ve složeném stavu





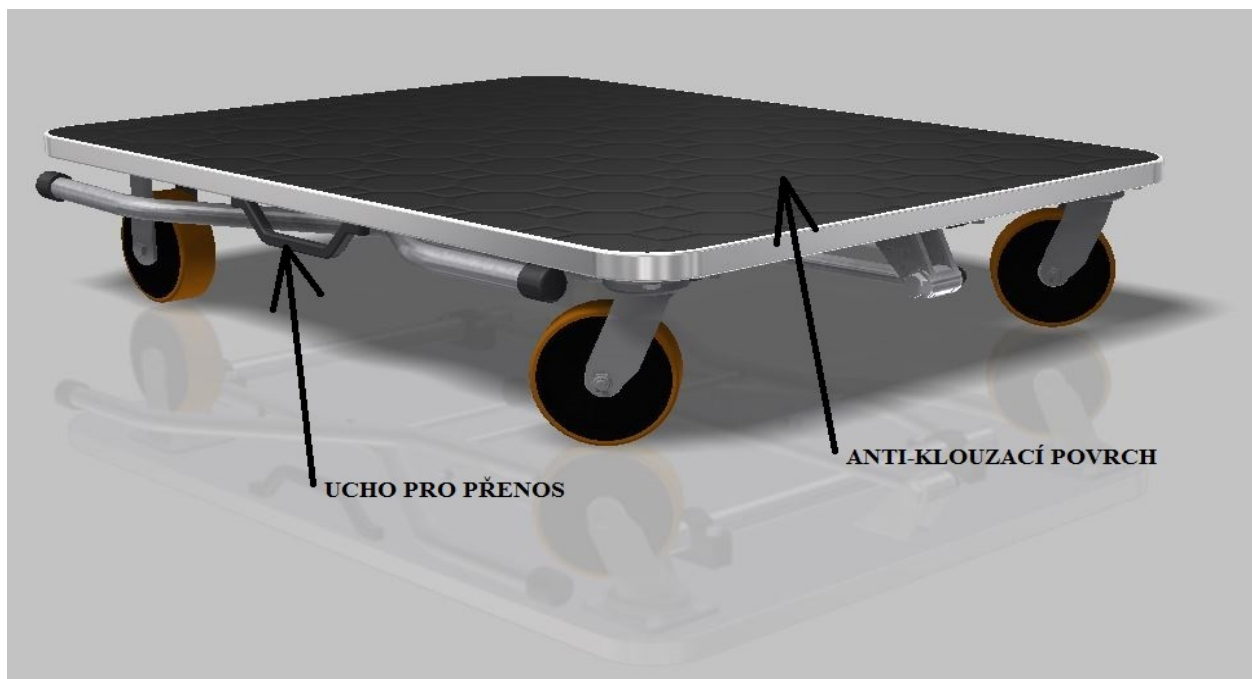
Obrázek 9 - Stůl pro chovatele v rozloženém stavu

## **2.1. Základní rám**

Celý stůl je složen z několika základních částí a to, z desky a předních a zadních noh, které jsou k desce stolu přichyceny pomocí 16 šroubů s označením ISO 4017 M4 x 16. (8) Dále jsou k desce přišroubovány i jiné komponenty, které rozepíši v následujících bodech.

## **2.2. Deska**

Deska stolu, nebo tedy rám desky je vyroben z oceli 11 600 (8) s rozměry 600 x 800 mm. Tloušťka desky činí 20 mm a je opatřena vyvrtanými otvory do hloubky 17 mm s velikostí závitu M6 x 1,5 o délce 10 mm. Výplň desky tvoří ABS plast. K desce stolu se bude nasazovat příslušná odnímatelná klec podle 3D modelu v Inventoru. Povrch desky je černé barvy a po celé ploše desky je pevně přichycen gumový anti-klouzací povrch. Většina desek je opatřena velmi pohodlným uchem pro přenášení, které je pohodlně uchopitelné pro jakoukoliv manipulující osobu.



Obrázek 10 - Složený stav

### 2.3. Nohy

Stůl je složen ze dvou noh a to předních noh a zadních noh. Sestava předních a zadních noh se skládá z tyče zadní, ze dvou zadních noh, vzpěry a neodymového magnetu.

Tyč zadní: TR  $\varnothing 25 \times 4$  – ČSN 42 5715.01 – 11 353.0 = 1 ks (8)

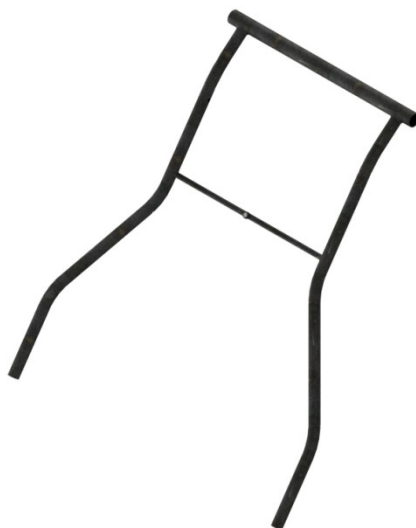
Zadní noha: TR  $\varnothing 20 \times 4$  – ČSN 42 5715.01 – 11 353.0 = 2 ks (8)

Zadní vzpěra: TR  $\varnothing 10 \times 3,2$  – ČSN 42 5715.01 – 11 353.0 = 1 ks (8)

Šroub k neodymovému magnetu: ČSN 02 1151 – M3,5x10 (9)

Obě sestavy noh (přední i zadní) tvoří sestavy svařovaných konstrukcí. Trubky jsou k sobě vzájemně svařeny o specifikaci svaru: koutový svar o výšce  $a=2mm$ .

Na konci tyče u zadních noh je patka, která slouží pro zakrytí uřezané tyče a pro bezpečné držení celé konstrukce noh i celého stolu.



Obrázek 11 - Přední (zadní) nohy

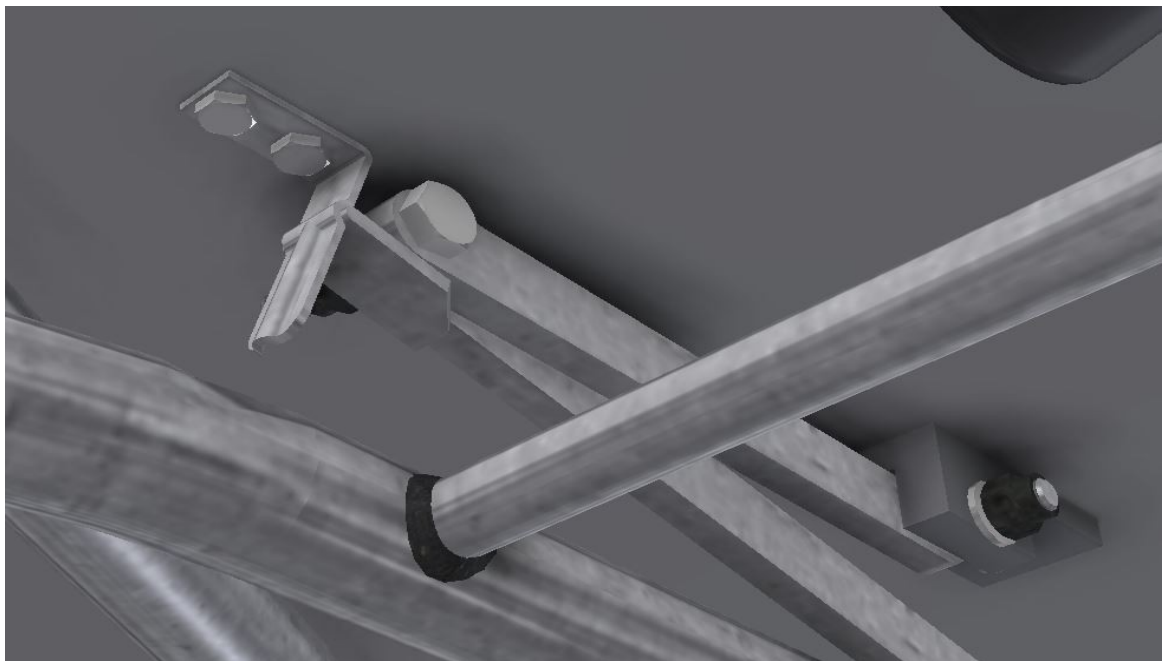
## 2.4. Řešení skládání nohou

Nohy se skládají směrem dovnitř pod desku stolu. Konzoli lze teleskopicky vysunovat. Systém skládání je ruční a jednoduchý. Komponenty, ze kterých je vyřešeno skládání nohou pod desku stolu jsou popsány následně. K desce stolu je přišroubován držák pomocí dvou šroubů ISO 4017 – M4 x 16, k držáku je přišroubován záchyt č. 2, který je pomocí závitové tyče přišroubován k záchytu č. 1. Záchyt č. 1 je následně přišroubován k sestavě předních a i zadních nohou. Díky závitové tyče se oba tzv. záchyty jednoduše složí. Záchyt č. 1 se po složení nohou bezpečně uchytne do tzv. plechového držáku, který je také přišroubován pomocí dvou šroubů k desce stolu. Plechový držák slouží, proti samovolnému rozložení nohou. Pro představu, jak to celé funguje a je vymyšleno, viz. Obrázek 11 a Obrázek12.

Materiály komponentu jsou: ocel - 11 500,11 373. (1) (8)



Obrázek 12 - Detail řešení skládání

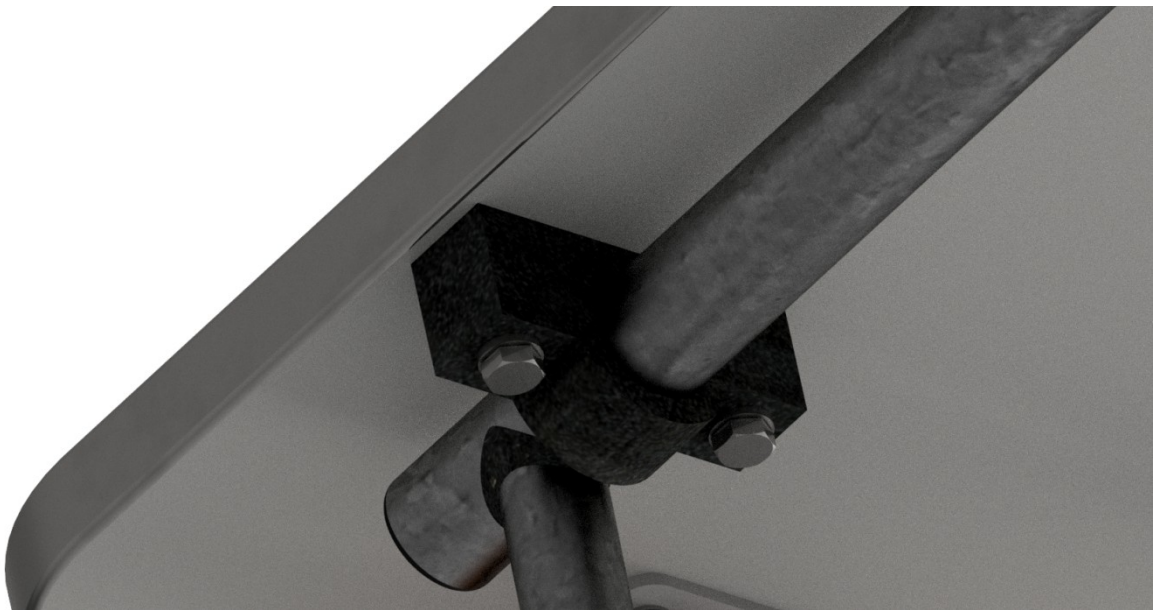


Obrázek 13 - Detail složení a záchytu

Tímto řešením jsem se inspiroval, díky online komunikování s výrobcí pojízdných skládacích stolů stejného nebo podobného řešení, kteří mi poskytli online katalogy k nahlédnutí. V nich jsem zhlédl různá řešení těchto skládacích stolů.

## 2.5. Domek pro uložení nohou

Domek je přišroubován dvěma šrouby k desce stolu a skládá se ze dvou částí: úchyt vrchní díl a úchyt spodní díl + 2 ks šroubů (ISO 4017 – M6 x 40) (8). Slouží k uložení předních i zadních nohou, nohy jsou uloženy v domku s vůlí, tudíž se mohou bez komplikací protáčet a díky tomuto domku se nohy vpředu i vzadu perfektně složí. Domek může na vysvětlenou sloužit jako kluzné ložisko. Materiál volím z oceli třídy 11, tedy 11 500. (8)



Obrázek 14 - Domek pro uložení nohou

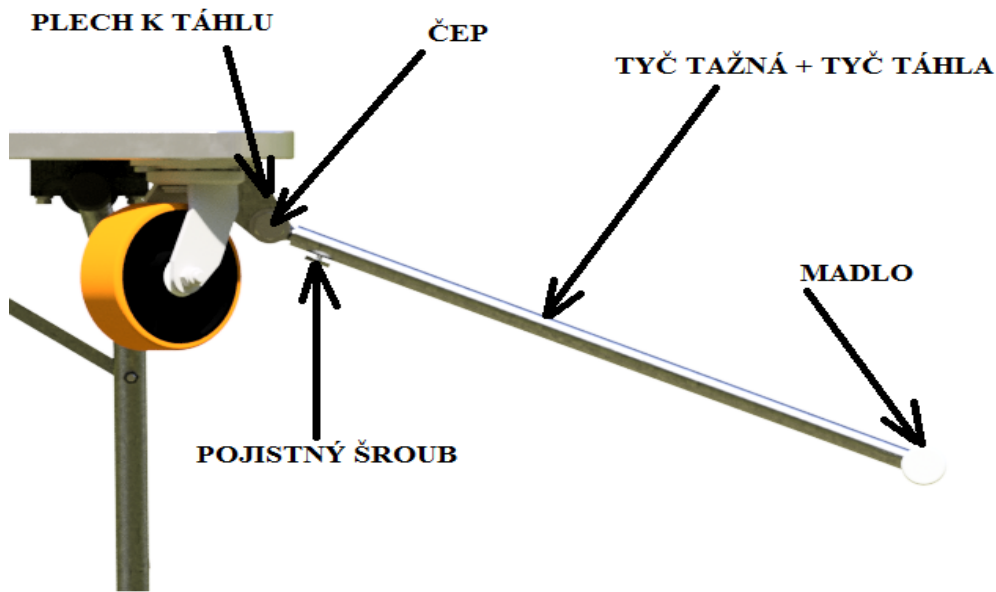
## 2.6. Tyč (oj)

Tažná tyč je určená především k manipulaci se stolem, většinou když je stůl ve složené poloze a kolečka uvádějí stůl do požadovaného pohybu.

Tažná tyč je složena hned z několika částí:

- 1) Plech k táhlu – přichycen šrouby k desce
- 2) Tyč táhla tvoří svařenec čepu a tyče, která je složená z více částí. Tyč z polotovaru  $\varnothing$  10-300 ČSN 42 5510, má po celé délce tyče vyvrtané otvory o  $\varnothing$  4,5 mm. Tyč táhla je pomocí šroubového spojení přichycena k plechu od táhla. (8)

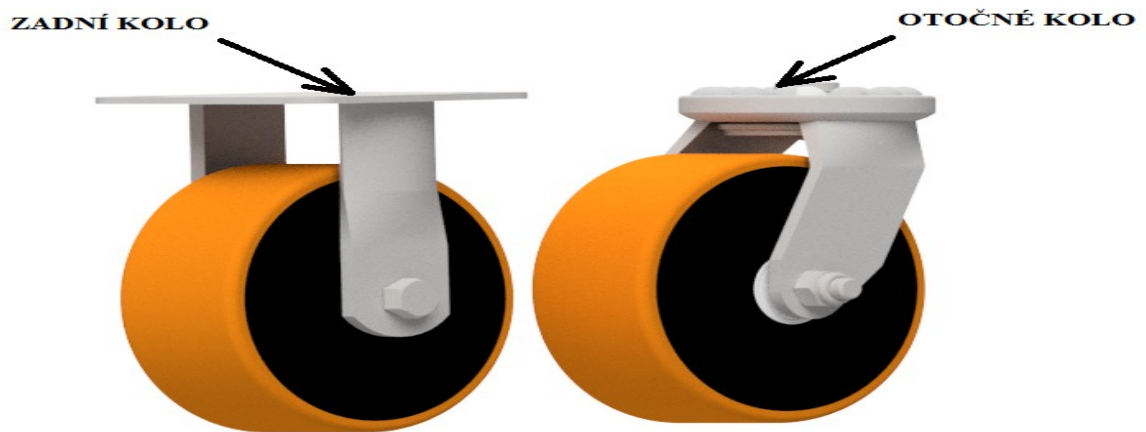
- 3) Tyč tažná – tažnou tyč tvoří polotovary TR  $\varnothing$  15 – 400 ČSN 42 5715 k ní je navařeno madlo z polotovaru TR  $\varnothing$  20 – 120 ČSN 42 5715. U tažné tyče je našroubován pojistný šroub (Screw A GOST M4x5), který slouží k posouvání tažné tyče na tyči táhla a tím jeho zachycení zvolené polohy, viz. Obrázek č. 14. (8)



Obrázek 15 - Sestava tyče (oje)

## 2.7. Kolečka

V mé sestavě jsou dvě kolečka otočná a dvě kolečka zadní, která nemění směr. Všechna kolečka jsou pevně nalisována do úchytu kola, což je deska o rozměrech 76 x 68 mm, která je přišroubována čtyřmi šrouby k desce stolu. Kolečko jsem zvolil 3370UFR100P62 ze serveru Tente.cz s nosností až 100 kg. Minimální požadovaná nosnost kolečka je 80 kg. Obě kolečka jsem si v Inventoru upravil. Obě kolečka jak otočná, tak zadní mají  $\varnothing$  100 mm. Uchycení kola je řešeno pomocí šroubu a matky. (10)



Obrázek 16 - Kolečka

### 3. Výpočet

Musíme provést statické výpočty, což je kontrola svarů, kontrola čepů, aj.

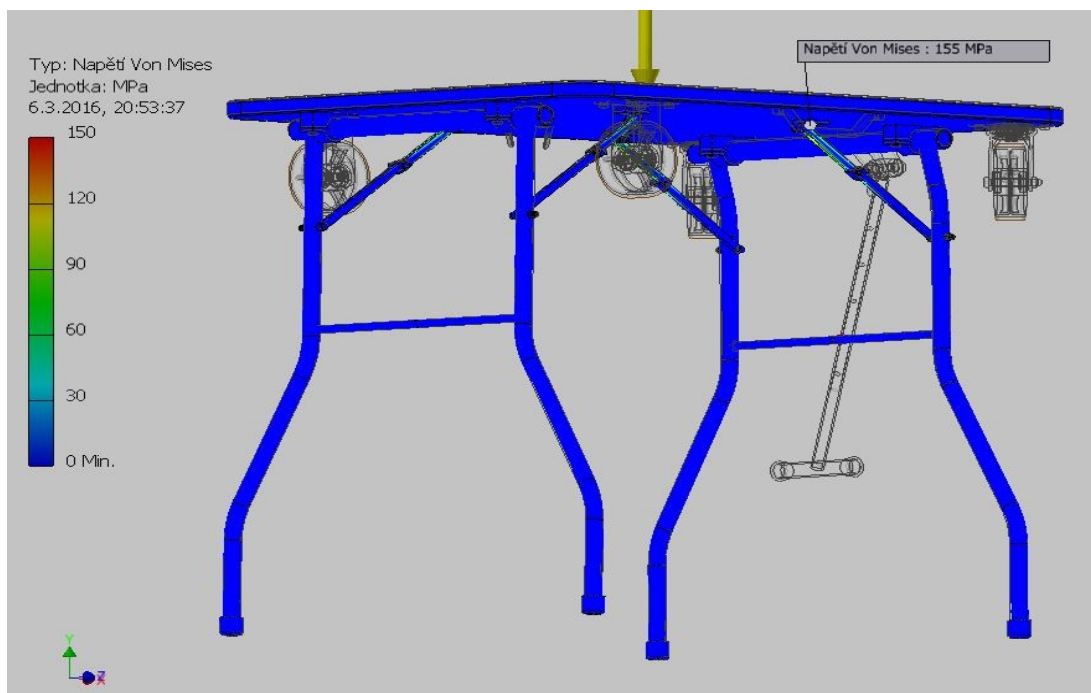
V Inventoru pomocí MKP jsem nasimuloval orientační pevnostní analýzu sestavy pro představu výdrže stolu.

#### 3.1. Pevnostní analýza

Tuto analýzu jsem navrhl, protože jsem si chtěl ověřit, zda stůl pevnostně vyhovuje, i když jsem nasimuloval větší zatížení např. na desku stolu a jiné části. Zatížení bylo zvoleno uprostřed desky, vlivem rozložení na tzv. průřezy nohou, protože jsou nohy vlivem rozložení daného zatížení zatěžovány.

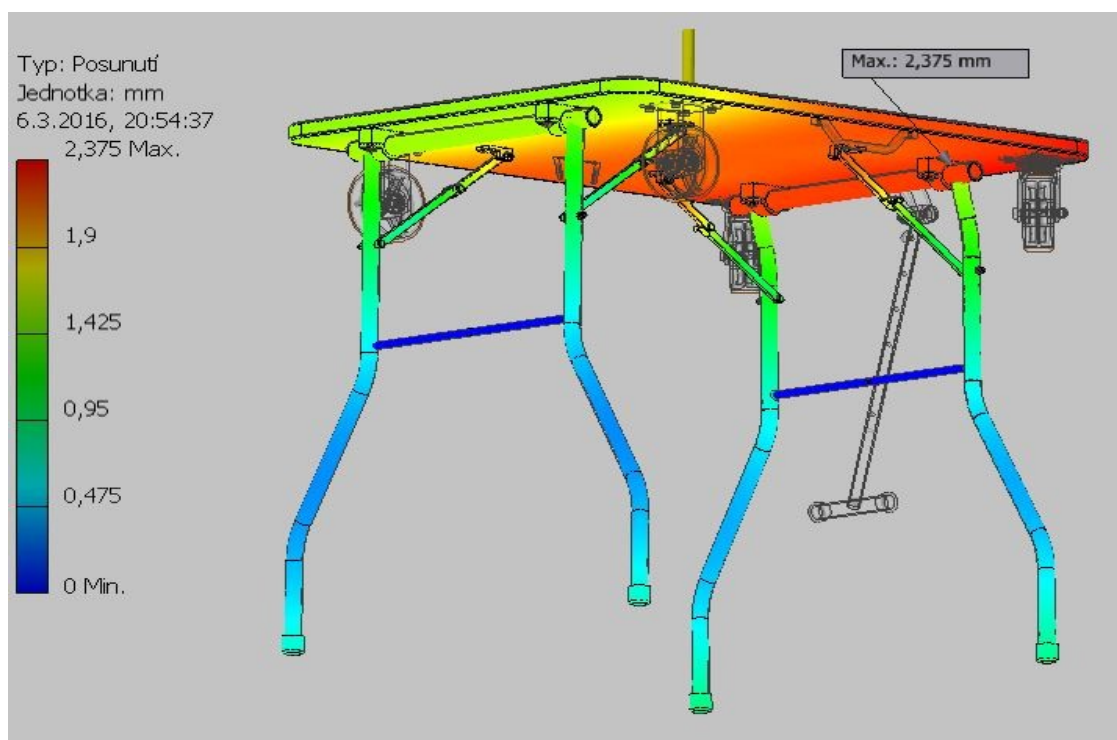
Zatěžující síla je o něco větší, než byla vypočtena, tedy 600 N. Na obrázku č. 16 je výsledná deformace celé konstrukce vlivem zatížení naznačena modře.





Obrázek 17 - MKP celkové

Maximální hodnota redukovaného napětí se nachází při 150 MPa, mnou navolené napětí nepřekračuje maximální hodnotu nikde na sestavě stolu. Stůl plně vyhovuje požadavkům na únosnost konstrukce.

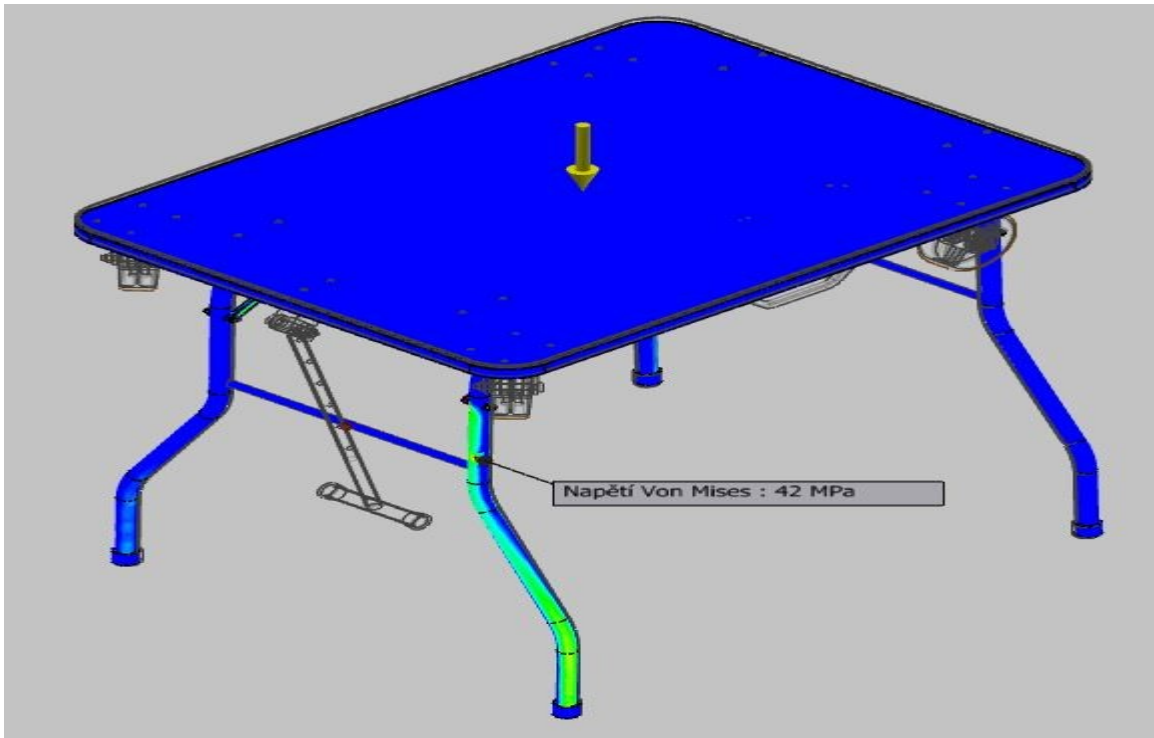


Obrázek 18 - MKP celkové posunutí



Na obrázku č. 17 je znázorněn průběh deformací desky i rámu stolu. Nejvyšší hodnota posunutí je v oblasti předních nohou, konkrétně na tyči, která je navařena ke dvěma nohám.

Maximální posunutí činí 2,375 mm, což je malá hodnota. Tato oblast svědčí o dostatečné tuhosti rámu.



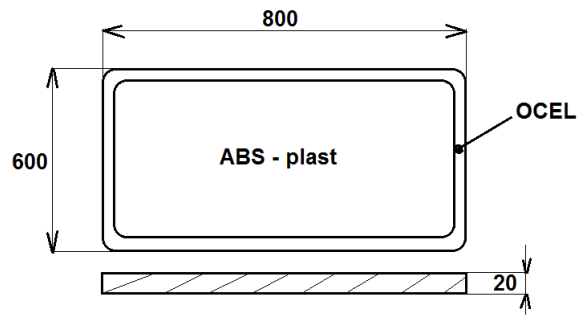
Obrázek 19 - Druhá simulace; maximum na noze

Obrázek č. 18 znázorňuje simulaci na jedné noze. Orientačně mě zajímalo, jak moc bude působit mnou zvolené redukované napětí celkové, když jej rozdělím na zmíněnou jednu nohu sestavy. Napětí na jednu nohu jsem nedefinoval větší, než by bylo potřeba. Deformace se projevila velmi malá, vzhledem k „vybarvení“ zatěžovaného modelu.

### 3.2. Praktická výpočetní část

Musíme provést celkové zatížení desky stolu, které dále působí na namáhané součásti, provést kontrolu čepů, dále provést kontrolu svarů a výpočet šroubů i utahovací moment. V neposlední řadě zkontrolovat nohy na vzpěr.

### 3.2.1. Hmotnost desky



Obrázek 20 – Rozměry desky a materiály desky

Materiál: ocel –  $\rho_{\text{OCEL}} = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (8)

ABS plast –  $\rho_{\text{ABS}} = 1045 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$\begin{aligned} m_{\text{DESKY}} &= \rho_d \cdot l_d \cdot d_d \cdot h_d \\ m_{\text{DESKY}} &= 1045 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,02 \\ m_{\text{DESKY}} &= \underline{\underline{10,032 \text{ kg}}} \end{aligned} \quad (1)$$

### 3.2.2. Hmotnost rámu

Odečteno pomocí hodnot z Inventoru.

$$\begin{aligned} m_{\text{RÁMU}} &= m_{\text{INVENTOR}} - m_{\text{DESKY}} \\ m_{\text{RÁMU}} &= 19,239 - 10,032 \\ m_{\text{RÁMU}} &= \underline{\underline{9,207 \text{ kg}}} \end{aligned} \quad (2)$$

### 3.2.3. Celková hmotnost

Součet hmotností desky a rámu.

$$\begin{aligned} m_C &= m_{\text{DESKY}} + m_{\text{RÁMU}} \\ m_C &= 10,032 + 9,207 \\ m_C &= \underline{\underline{19,239 \text{ kg}}} \end{aligned} \quad (3)$$

### 3.2.4. Tíhová síla

Tíha pracovní plochy:

$$G_{\text{PP}} = m_C \cdot g = 19,239 \cdot 9,81 = \underline{\underline{188,7 \text{ N}}} \quad (4)$$

Tíha provozního zatížení:

$$\begin{aligned}G &= m_{PSA} \cdot m_{DESKY} \cdot m_{KLECE} \cdot m_{KOLEČ.} \cdot g \\G &= 60 \cdot 10,032 \cdot 0,254 \cdot (0,93 + 1,122) \cdot 9,81 \\G &= \underline{\underline{3078 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{5}$$

Hmotnosti: [kg]

- $m_{PSA} = \mathbf{60}$  (max únosnost dle zadání)
- $m_{DESKY} = \mathbf{10,032(1)}$ ,
- $m_{KLECE} = \mathbf{0,254}$  (odměřeno z Inventoru)
- $m_{KOLEČEK} = \mathbf{2 \text{ x } pojzdová \text{ kolečka}} = 2 \cdot 0,465 = \mathbf{0,93}$  (odměřeno z Inventoru) =  $\mathbf{2 \text{ x } otočná \text{ kolečka}} = 2 \cdot 0,561 = \mathbf{1,122}$  (odměřeno z Inventoru)

### 3.2.5. Síla v jedné noze

Celkové zatížení, se rozkládá do 4 nohou, podělil jsem tedy celkové zatížení čtyřmi.

$$\begin{aligned}F &= G = \underline{\underline{3078 \text{ N}}} \\F_R &= \frac{F}{4} = \frac{3078}{4} = \underline{\underline{769,5 \text{ N}}}\end{aligned}\tag{6}$$

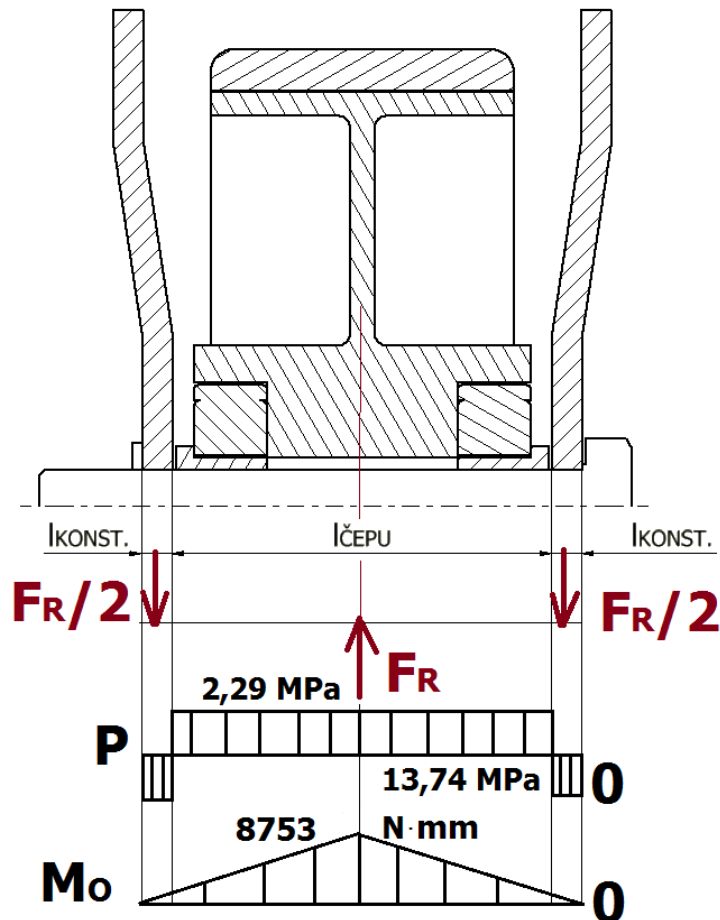
### 3.2.6. Nosnost jedné nohy

Nosnost jedné nohy je rovna nosnosti jednoho kolečka.

$$m_{NOHY} = \frac{F_R}{g} = \frac{769,5}{9,81} = \underline{\underline{80 \text{ kg}}}\tag{7}$$

### 3.2.7. Kontrola čepu v kolečku

- min. únosnost kolečka dle katalogu = 100 kg (10)
- délka čepu pod kolečkem =  $l_{\text{ČEPU}} = 42 \text{ mm}$
- délka čepu pod konstrukcí =  $l_{\text{KONST.}} = 3,5 \text{ mm}$
- $\varnothing$  čepu volím =  $\varnothing d_{\text{ČEPU}} = 8 \text{ mm}$
- materiál čepu: 11 500 (8)



Obrázek 21 - Kontrola čepu v kolečku

Tlak pod kolečkem:  $P_D = \text{volím} = 90 \text{ MPa}$  (11)

$$P_{\text{KOLEČ.}} = \frac{F_R}{l_{\text{ČEPU}} \cdot d_{\text{ČEPU}}} = \frac{769,5}{42 \cdot 8} = \underline{\underline{2,29 \text{ MPa}}}$$

$$P_{\text{KOLEČ.}} < P_D$$

$$\underline{\underline{2,29 < 90 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

(8)

Tlak od rámu kolečka:  $P_D = \text{volím} = 90 \text{ MPa}$  (11)

$$P_{RÁM} = \frac{F_R}{2 \cdot l_{KONST.} \cdot d_{ČEPU}} = \frac{769,5}{2 \cdot 3,5 \cdot 8} = \underline{\underline{13,74 \text{ MPa}}} \quad (9)$$

Ohybové napětí v čepu:  $\sigma_{DO} = \text{volím} = 120 \text{ MPa}$  (8)

$$\sigma_{O_{KOL}} = \frac{M_{O_{KOL}}}{W_{O_{KOL}}} \leq \sigma_{DO}; \sigma_{O_{KOL}} = \frac{F_R \cdot 4 \cdot (2 \cdot l_{KONST.} + l_{ČEPU})}{\pi \cdot d_{ČEPU}^3} = \frac{769,5 \cdot 4 \cdot (2 \cdot 3,5 + 42)}{\pi \cdot 8^3} \quad (10)$$
$$\sigma_O = \underline{\underline{93,76 \text{ MPa}}}$$

Bezpečnost v ohybu:

$$k_O = \frac{\sigma_{DO}}{\sigma_O} = \frac{120}{93,76} = \underline{\underline{1,28[-]}} \Rightarrow \dots \text{JE VĚTŠÍ NEŽ } \mathbf{1,2} \text{ ČEP VYHOVUJE.} \quad (11)$$

Smykové napětí v čepu:

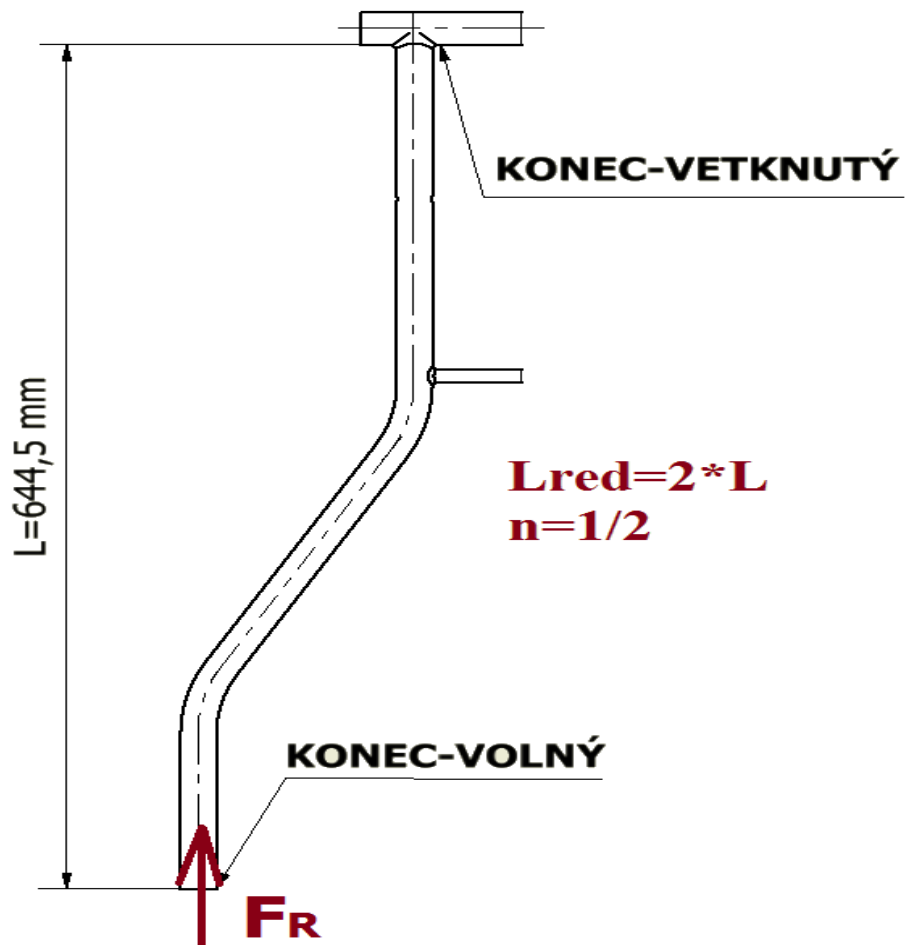
$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S_{KOLEČ.}} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_D; \tau = \frac{2 \cdot F_R}{\pi \cdot d_{ČEPU}^2} = \frac{2 \cdot 769,5}{\pi \cdot 8^2} = \underline{\underline{7,65 \text{ MPa}}} \quad (12)$$

Bezpečnost ve smyku:

$$k_S = \frac{\tau_{DS}}{\tau} = \frac{80}{7,65} = \underline{\underline{10,5[-]}} \quad (13)$$

→ ČEP VYHOVUJE U VŠECH DRUHŮ NAMÁHÁNÍ.

### 3.2.8. Kontrola nohy na vzpěr



Obrázek 22 - Namáhání nohy na vzpěr

Minimální kvadratický moment průřezu nohy:

$$J_{MIN} = I_Y = I_Z; J_{MIN} = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) \quad (14)$$

$$J_{MIN} = \frac{\pi}{64} \cdot (20^4 - 16^4) \Rightarrow J_{MIN} = \underline{\underline{4637 \text{ mm}^4}}$$

Plocha průřezu nohy:

$$A = S_{NOHY} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (20^2 - 16^2) = \underline{\underline{113,10 \text{ mm}^2}} \quad (15)$$

Minimální poloměr setrvačnosti:

$$j_{MIN} = \sqrt{\frac{J_{MIN}}{S_{NOHY}}} = \sqrt{\frac{4637}{113,10}} = \underline{\underline{6,403 \text{ mm}}} \quad (16)$$

Štíhlost skutečná:

$$L_{RED} = 2 \cdot L = 2 \cdot 644,5 = \underline{1289 \text{ mm}}$$
$$\lambda_{SK} = \frac{L_{RED}}{j_{MIN}} = \frac{1289}{6,403} = \underline{201,31[-]} \quad (17)$$

→ ŠTÍHLOST VYŠLA VĚTŠÍ NEŽ **100** , POČÍTÁ SE DÁLE DLE EULERA.

Mezní štíhlost:

$$\lambda_{MEZ} = \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{DOV}}} = \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{210}} = \underline{49,7[-]} \quad (18)$$

$$\lambda_{MEZ} < \lambda_{SK} \Rightarrow 49,7 < 201,31 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kritická síla:

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 E \cdot J_{MIN}}{4 \cdot L_{RED}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 4637}{4 \cdot 1289^2} = \underline{1446,07 \text{ N}} \quad (20)$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{KR} = \frac{F_{KR}}{S_{NOHY}} = \frac{1446,07}{113,10} = \underline{12,78 \text{ MPa}} \quad (21)$$

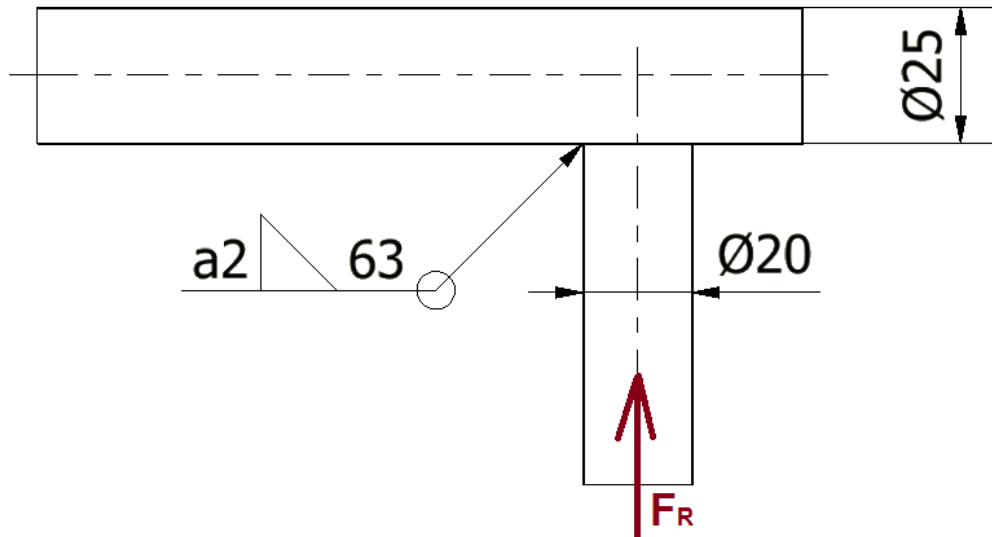
Bezpečnost:

$$k_E = \frac{F_{KR}}{F_R} = \frac{1446,07}{769,5} = \underline{1,88[-]} \quad (22)$$

→ BEZPEČNOST JE VĚTŠÍ NEŽ **1,5**, NOHA NA VZPĚR VYHOVUJE.

### 3.2.9. Kontrola svaru

Přední i zadní nohy mají stejnou specifikaci svaru, proto kontrolu provádím pouze jednou. Dále tento svar u předních a zadních nohou kontroluji pouze na smyk, protože další kontroly namáhání svaru pro tuto konstrukci nejsou nutné.



Obrázek 23 - Kontrola svaru u nohy

Délka svaru:

$$l_{S1} = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot D = \pi \cdot 20 = 62,83 \approx \underline{\underline{63}} \text{ mm} \dots \text{TEORIE} \quad (23)$$

$$l_{S2} = \text{ODMĚŘENO V PRAXI} = \underline{\underline{84}} \text{ mm} \dots \text{PRAXE} \quad (24)$$



Obrázek 24 - Měření obvodu svaru v praxi



Napětí od zatěžující síly  $F_R$ :

$$\tau_{\perp 1}^{FR} = \frac{F_R}{a_S \cdot l_{S1}} = \frac{769,5}{2 \cdot 63} = \underline{\underline{6,1 \text{ MPa}}} \dots \text{TEORIE} \quad (25)$$

$$\tau_{\perp 2}^{FR} = \frac{F_R}{a_S \cdot l_{S2}} = \frac{769,5}{2 \cdot 84} = \underline{\underline{4,58 \text{ MPa}}} \dots \text{PRAXE} \quad (26)$$

Korekční faktor:

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot a_S \cdot \sqrt{2} = 1,3 - 0,03 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = \underline{\underline{1,215[-]}} \quad (27)$$

Výsledná bezpečnost:

Materiál svařovaných trubek: 11 373, Re = 186 MPa (12)

Norma: TR  $\emptyset$  25 x 2 ČSN - 42 5715, TR  $\emptyset$  20 x 2 - ČSN 42 5715 (8)

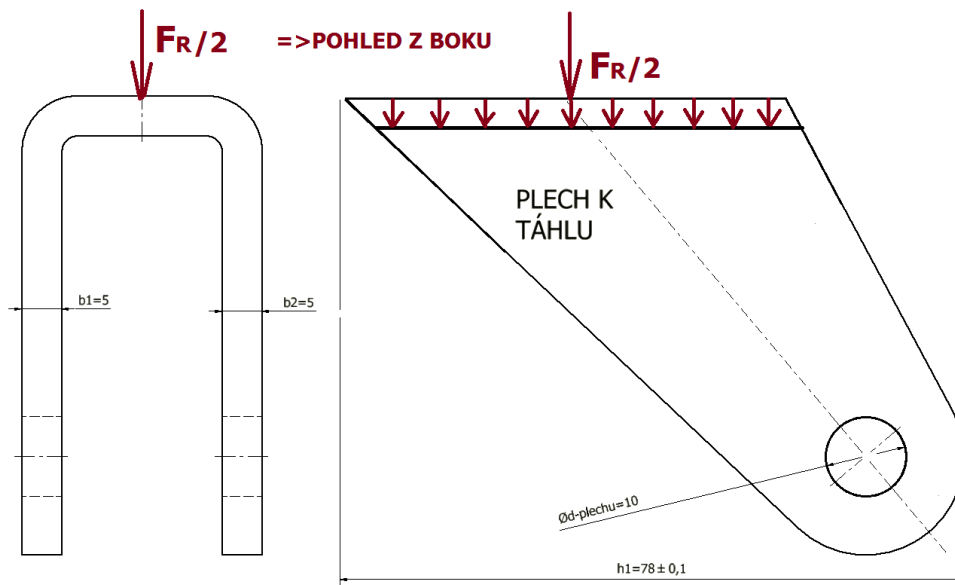
$$k_{SV1} = \beta \cdot \frac{Re}{\tau_{\perp 1}^{FR}} = 1,215 \cdot \frac{186}{6,1} = \underline{\underline{37[-]}} \dots \text{TEORIE} \quad (28)$$

$$k_{SV2} = \beta \cdot \frac{Re}{\tau_{\perp 2}^{FR}} = 1,215 \cdot \frac{186}{4,58} = \underline{\underline{50[-]}} \dots \text{PRAXE} \quad (29)$$

### 3.2.10. Kontrola plechu k táhlu na tah

Plech k táhlu způsobuje tahové napětí, které jsem orientačně spočítal pomocí vzorečku použitého u téměř totožného příkladu a prokonzultován s online odborníkem na webové stránce ([www.mitcalc.cz](http://www.mitcalc.cz)). Podobné řešení kontroly plechu na tah, jsem díky mé praxi, viděl ve firmě KOVO OBRÁBĚNÍ VRAŠTIL viz. webová stránka ([www.kovojv.cz](http://www.kovojv.cz)). Výpočet podobný k nahlédnutí nebyl poskytnut díky firemnímu know how. Materiál plechu 11 373. (8)

Plocha, která je namáhána tahem, je zatěžována celkovou silou  $F_R$ . Tato síla se pŕlí dvěma, díky umístění plechu na desce stolu. Vše je následně znázorněno na obrázku č. 25.



Obrázek 25 - Plech k táhlu

Tahové napětí:  $\sigma_{DT} = \text{volím} = 90 \text{ MPa}$  (8)

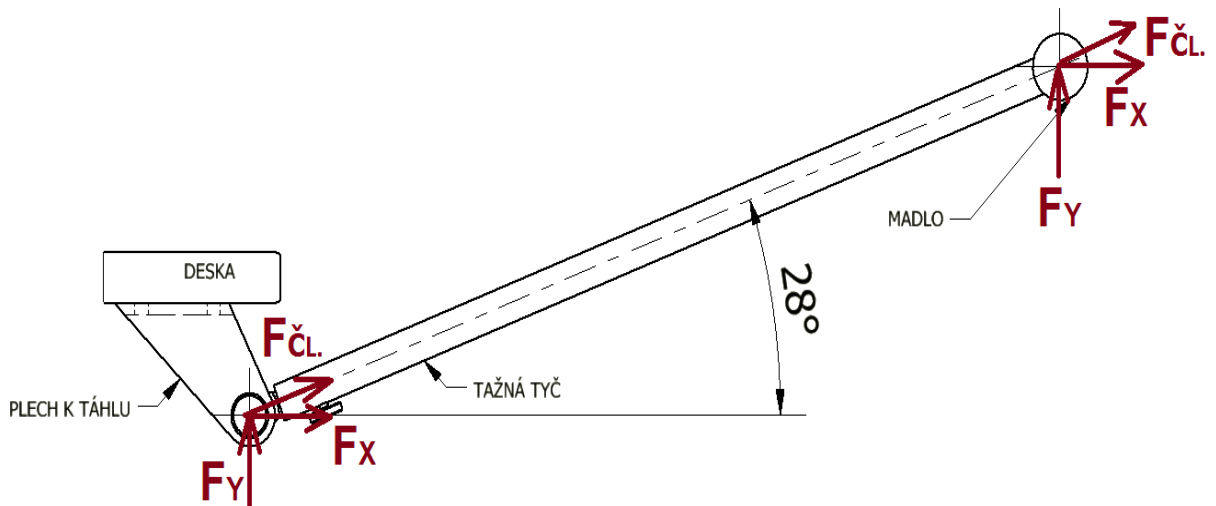
$$\sigma_T = \frac{F}{S_{PLECH}} \leq \sigma_{DT} \quad (30)$$

$$\sigma_T = \frac{\frac{F_R}{2}}{S_{PLECH}} = \frac{\frac{F_R}{2}}{b_1 + b_2 \cdot (h_1 - d_{PLECHU})} = \frac{\frac{769,5}{2}}{5 + 5 \cdot (78 - 10)} = \underline{\underline{1,11 \text{ MPa}}}$$

Bezpečnost:  $Re = \text{volím} = 205 \text{ MPa}$  (8)

$$k_{SPLECHU} = \frac{Re}{\sigma_T} = \frac{205}{1,11} = \underline{\underline{184,68[-]}} \quad (31)$$

### 3.2.11. Rozklad sil u tažné tyče (oje)



Obrázek 26 - Rozklad sil u tažné tyče

Síla v ruce člověka neboli osoby manipulující s tažnou tyčí se vyskytuje v rozmezí (150 až 300 N). Dle uvážení volím:  $F_{\check{C}L.} = \underline{200 \text{ N}}$

Rozklad sil:

- **Síla  $F_X$**

$$\cos \alpha = \frac{F_X}{F_{\check{C}L.}} \Rightarrow F_X = F_{\check{C}L.} \cdot \cos \alpha \quad (32)$$

$$F_X = 200 \cdot \cos 28^\circ \Rightarrow F_X = \underline{\underline{176,6 \text{ N}}}$$

- **Síla  $F_Y$**

$$\sin \alpha = \frac{F_Y}{F_{\check{C}L.}} \Rightarrow F_Y = F_{\check{C}L.} \cdot \sin \alpha \quad (33)$$

$$F_Y = 200 \cdot \sin 28^\circ \Rightarrow F_Y = \underline{\underline{94 \text{ N}}}$$

- **Vzdálenost klopného bodu od síly  $F_Y$**

Vzdálenost  $a$  určuje tzv. odchylku, kde působí síla  $F_Y$  o délce na rameni  $H$  vzhledem ke klopnému bodu. Vynásobením již zmíněné vzdálenosti  $a$  a síly  $F_Y$ , získáme sílu pro splnění rovnice  $F_T$ . viz. výpočet níže.

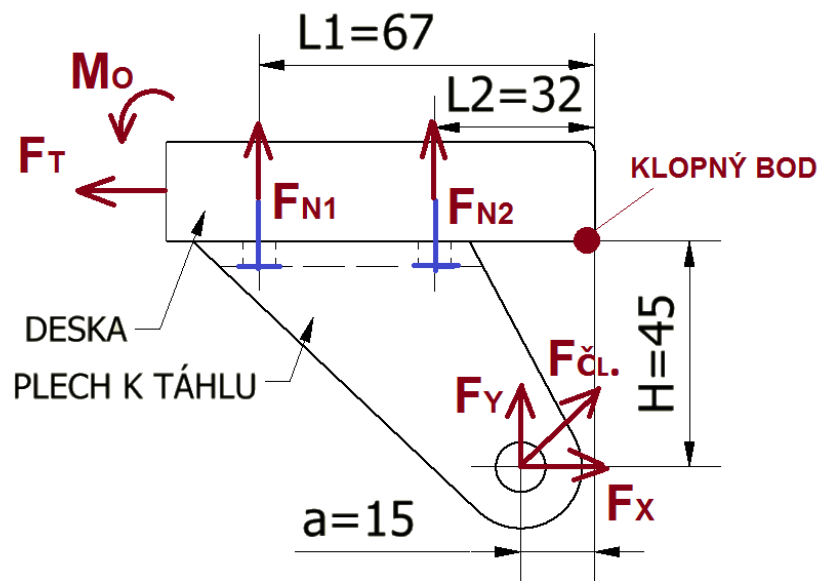
$$F_Y a = F_Y \cdot a = 94 \cdot 15 = \underline{\underline{1408,4 \text{ N}}} \quad (34)$$

- Výpočet sil ve šroubech

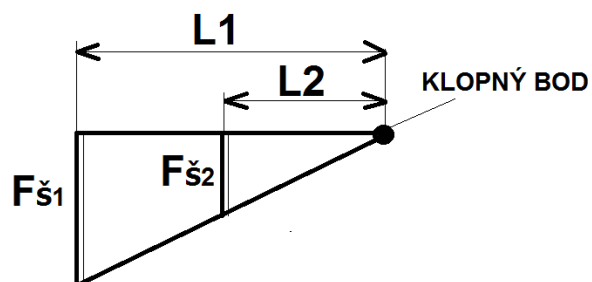
Vzdálenosti: [mm]

$$L_1 = 67, L_2 = 32, H = 45, a = 15$$

Nejdříve vypočteme klopný moment  $M_o$ , díky němuž zjistíme potřebný údaj pro nadcházející výpočty. (13)



Obrázek 27 - Znázornění sil a rozměrů u plechu



Obrázek 28 - Síly ve šroubech a jejich vzdálenosti

Klopný moment:

$$M_o = F_x \cdot H = 176,6 \cdot 45 = \underline{\underline{7646,5 \text{ Nmm}}} \quad (35)$$

Síly ve šroubech  $F_{\dot{s}1}$  a  $F_{\dot{s}2}$ :

$$\frac{F_{\dot{s}1}}{L_1} = \frac{F_{\dot{s}2}}{L_2} \Rightarrow F_{\dot{s}2} = \underline{\underline{F_{\dot{s}1} \cdot \frac{L_2}{L_1}}} \quad (36)$$

$$M_O = F_{\dot{s}1} \cdot L_1 + F_{\dot{s}2} \cdot L_2$$
$$M_O = F_{\dot{s}1} \cdot L_1 + F_{\dot{s}1} \cdot \frac{L_2}{L_1} \quad (37)$$

$$\Rightarrow F_{\dot{s}1} = \frac{M_O}{L_1 \cdot \frac{L_2}{L_1}} = \frac{7646,5}{67 \cdot \frac{32}{67}} = \underline{\underline{117,8 \text{ N}}}$$

$$\Rightarrow F_{\dot{s}2} = 117,8 \cdot \frac{32}{67} = \underline{\underline{56,2 \text{ N}}} \quad (36)$$

Síly ve šroubech  $F_{N1}$  a  $F_{N2}$  s bezpečností 1,2 (20%): (13)

$$F_{N1} = 1,2 \cdot F_{\dot{s}1} = 1,2 \cdot 117,8 = \underline{\underline{141,3 \text{ N}}}$$
$$F_{N2} = 1,2 \cdot F_{\dot{s}2} = 1,2 \cdot 56,2 = \underline{\underline{67,5 \text{ N}}} \quad (38)$$

Podmínka: (13)

$$F_T > F_X$$
$$(F_{N1} + F_{N2}) \cdot \mu > F_X$$
$$(F_{N1} + F_{N2} + F_Y) \cdot \mu > F_X$$
$$F_Y \Rightarrow F_Y a \Rightarrow \underline{\underline{1408,4 \text{ N}}} (34) \quad (39)$$
$$(141,3 + 67,5 + 1408,4) \cdot 0,20 > 176,6$$
$$\underline{\underline{323,4}} > 176,6 \rightarrow \underline{\underline{VYHOVUJE!}}$$

- Součinitel smykového tření:  $\mu$  (ocel – ocel) – suché  $\rightarrow$  **0,20** (8)

• **Pevnostní kontrola šroubů (14)**

Spojení desky s plechem k táhlu 2 šrouby M6 – 5.6;  $Re = 5 \cdot 6 \cdot 10 = 300 \text{ MPa}$ ;  $f_z = 0,12$  (12). Dle tabulek:  $d_2 = 5,350 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 4,773 \text{ mm}$  (8)

Pevnostní kontrolu provádím pro dvě síly  $F_{N1}$  a  $F_{N2}$ :

$$\underline{\underline{F_{O1} = F_{N1} = 141,3 \text{ N}}} ; \underline{\underline{F_{O2} = F_{N2} = 67,5 \text{ N}}}$$
$$\psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \left(\frac{1}{\pi \cdot 5,350}\right) = \underline{\underline{3,40^\circ}} \quad (40)$$

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos\alpha/2}\right) = \left(\frac{0,12}{\cos 60^\circ / 2}\right) = \underline{\underline{7,88^\circ}} \quad (41)$$

Moment tření v závitě: (12)

$$M_{TZ1} = F_{O1} \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 141,3 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ + 7,88^\circ) \cdot \frac{5,350}{2} = \underline{\underline{75,390 \text{ Nm}}} \quad (42)$$

$$M_{TZ2} = F_{O2} \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 67,5 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ + 7,88^\circ) \cdot \frac{5,350}{2} = \underline{\underline{36,014 \text{ Nm}}}$$

Tah:

$$\sigma_{T1} = \frac{F_{O1}}{S_{SR}} = \frac{F_{O1}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{141,3}{\frac{\pi \cdot 4,773^2}{4}} = \underline{\underline{7,89 \text{ MPa}}} \quad (43)$$

$$\sigma_{T2} = \frac{F_{O2}}{S_{SR}} = \frac{F_{O2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{67,5}{\frac{\pi \cdot 4,773^2}{4}} = \underline{\underline{3,77 \text{ MPa}}}$$

Krut:

$$\tau_{K1} = \frac{M_{TZ1}}{W_{KZ}} = \frac{M_{TZ1}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{75,390}{\frac{\pi \cdot 4,773^3}{16}} = \underline{\underline{3,53 \text{ MPa}}} \quad (44)$$

$$\tau_{K2} = \frac{M_{TZ2}}{W_{KZ}} = \frac{M_{TZ2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{36,014}{\frac{\pi \cdot 4,773^3}{16}} = \underline{\underline{1,68 \text{ MPa}}}$$

Redukované napětí: (dle GUESTA)

$$\sigma_{RED1} = \sqrt{\sigma_{T1}^2 + 4 \cdot \tau_{K1}^2} = \sqrt{7,89^2 + 4 \cdot 3,53^2} = \underline{\underline{10,58 \text{ MPa}}} \quad (45)$$

$$\sigma_{RED2} = \sqrt{\sigma_{T2}^2 + 4 \cdot \tau_{K2}^2} = \sqrt{3,77^2 + 4 \cdot 1,68^2} = \underline{\underline{5,05 \text{ MPa}}}$$

Bezpečnost:

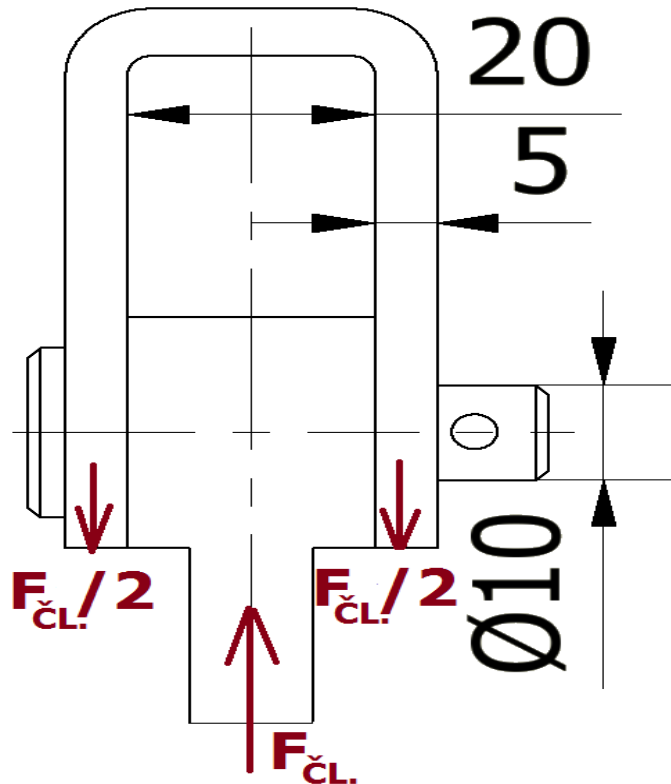
$$k_{S1} = \frac{Re}{\sigma_{RED1}} = \frac{300}{10,58} = \underline{\underline{28,36[-]}} \quad (46)$$

$$k_{S2} = \frac{Re}{\sigma_{RED2}} = \frac{300}{5,05} = \underline{\underline{59,40[-]}}$$

### 3.2.12. Kontrola čepu u tažné tyče a plechu k táhlu

Hodnoty:  $F_{\check{C}L.} = 250$  [N];  $a_{\check{C}EPU} = 20$  [mm];  $b_{PLECHU} = 5$  [mm];  $d_{\check{C}EPU} = 10$  [mm]. Hodnoty pro mat. 11 500 a jednotlivá dovolená namáhání viz. tabulka níže.

- Kontrola čepu se silou  $= F_{\check{C}L.}$ .



Obrázek 28 - Namáhání čepu se silou člověka

Smyk (střih):

$$\tau_{MAX} = \frac{4}{3} \cdot \frac{F_{\check{C}L.}}{\pi \cdot d_{\check{C}EPU}^2} = \frac{8 \cdot F_{\check{C}L.}}{3 \cdot \pi \cdot d_{\check{C}EPU}^2} \leq \tau_D$$

$$\frac{8 \cdot 250}{3 \cdot \pi \cdot 10^2} \leq 70$$

$$2,12 \leq 70 \Rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

(47)

Otlačení:

$$P_1 = \frac{F_{\check{C}L.}}{d_{\check{C}EPU} \cdot a_{\check{C}EPU}} \leq P_{D1}$$
$$P_1 = \frac{250}{20 \cdot 10} \leq 30 \quad (48)$$

$$1,25 \leq 30 \Rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

$$P_2 = \frac{\frac{F_{\check{C}L.}}{2}}{d_{\check{C}EPU} \cdot b_{PLECHU}} \leq P_{D2}$$
$$P_2 = \frac{\frac{250}{2}}{5 \cdot 10} \leq 120 \quad (49)$$

$$2,5 \leq 120 \Rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

V mém případě kontroluji čep pouze na stříh a otlačení a to díky nulové nebo velmi malé vůli. Jestliže zvolíme konstrukci, ve které bude čep s vůlí, tak je tento čep kontrolován na ohyb, což uvádím pouze pro názornost a objasnění si informací o namáhání čepů.

Ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{\check{C}L.} \cdot \left( \frac{b_{PLECHU}}{2} + \frac{a_{\check{C}EPU}}{4} \right)}{\frac{\pi \cdot d_{\check{C}EPU}^3}{32}} \leq \sigma_{DO}$$
$$\frac{250}{2} \cdot \left( \frac{5}{2} + \frac{20}{4} \right) \leq 100 \quad (50)$$
$$\frac{\pi \cdot 10^3}{32}$$

$$9,55 \leq 100 \Rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

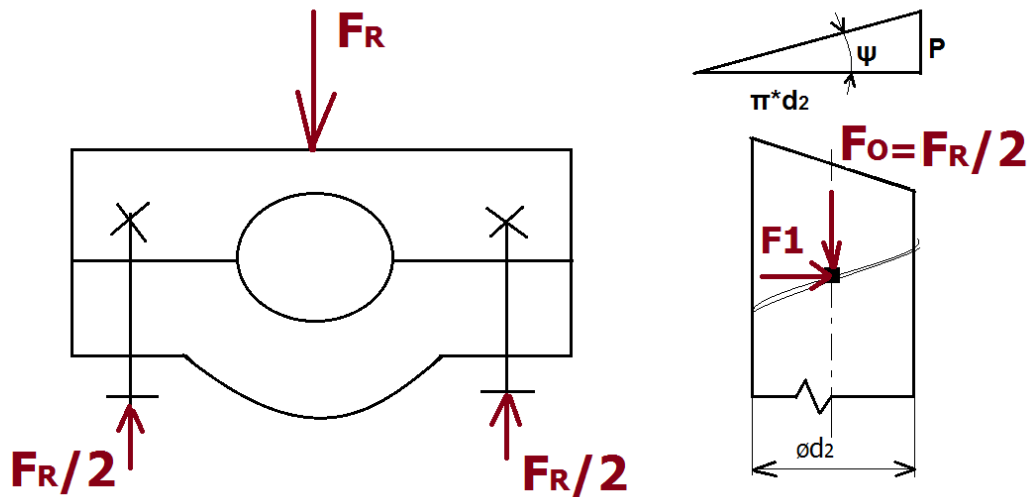


Materiál	$\sigma_{D0}$ [MPa]	$\tau_D$ [MPa]	$\rho_{D1}$ [MPa]	$\rho_{D2}$ [MPa]
11 373	70	50	20	100
11 423	80	60	20	110
11 500	100	70	30	120
11 600	120	80	30	140
Ocel na odlitky	-	-	30	80
Šedá litina	-	-	40	70

Pozn.: Čepy se dimenzují na stříh jen při velmi malých vůlích, kdy ohybové namáhání je zanedbatelně velmi malé.

Obrázek 29 - Tabulka hodnot pro max. namáhání (14)

### 3.2.13. Utahovací moment šroubu v úchytu



Obrázek 30 - Působení sil na úchyt a šroub

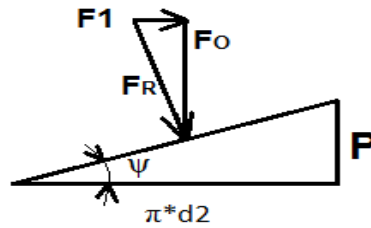
$F_O$ ...osová síla  $\Rightarrow F_R/2$  [N]

$F_1$ ...obvodová síla [N]

$\Psi$ ...úhel stoupání závitu

Rozložení sil v závitu: (15)

• **Rovnováha bez tření**

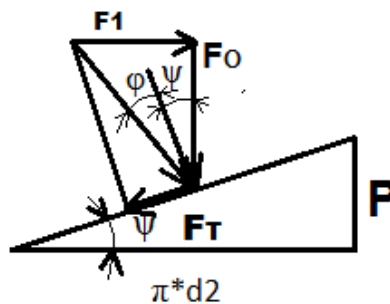


Obrázek 31 - Rovnováha bez tření

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{1}{\pi \cdot 5,350} = \underline{\underline{3,40^\circ}} \quad (40)$$

$$F_1 = F_0 \cdot \operatorname{tg} \psi = 769,5 \cdot \operatorname{tg} 3,40^\circ = \underline{\underline{45,72 \text{ N}}} \quad (52)$$

• **Utahování s třením**



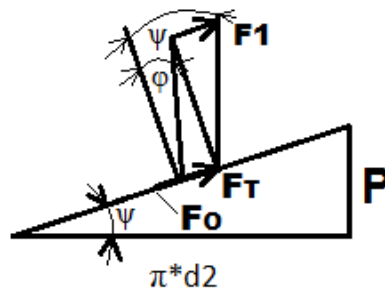
Obrázek 32 - Utahování s třením

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_z}{\cos \alpha / 2} = \frac{0,2}{\cos 30^\circ} = \underline{\underline{13^\circ}} \quad (41)$$

-  $f_z = \text{volím} = 0,2$  (tření na závitu)

$$F_1 = F_0 \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') = 769,5 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ + 13^\circ) = \underline{\underline{226,47 \text{ N}}} \quad (54)$$

- **Uvolňování s třením**



Obrázek 33 - Uvolňování s třením

$$F_1 = F_0 \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi - \varphi') = 769,5 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ - 13^\circ) = \underline{\underline{-130,15 \text{ N}}} \quad (55)$$

- **Utahovací moment**

$$M_{UT} = F_0 \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$M_{UT} = 769,5 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ + 13^\circ) \cdot \frac{5,350}{2} \quad (56)$$

$$M_{UT} = \underline{\underline{605,82 \text{ Nmm}}}$$

→ Pro běžné spojovací šrouby platí zjednodušená forma vzorce:

$$M_{UT} = 0,18 \cdot F_0 \cdot d_{M6} = 0,18 \cdot 769,5 \cdot 6 = \underline{\underline{831,06 \text{ Nm}}} \quad (57)$$

- kde  $d_{M6}$  je velikost šroubu = M6 = 6 mm

Tah:

$$\sigma_T = \frac{F_0}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{769,5}{\frac{\pi \cdot 4,773^2}{4}} = \underline{\underline{43,006 \text{ MPa}}} \quad (43)$$

Krut:

$$\tau_K = \frac{F_o \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{W_{KZ}} = \frac{F_o \cdot \operatorname{tg} \cdot (\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad (44)$$
$$\tau_K = \frac{769,5 \cdot \operatorname{tg} \cdot (3,40^\circ + 13^\circ) \cdot \frac{5,350}{2}}{\frac{\pi \cdot 4,773^3}{16}} = \underline{\underline{28,37 \text{ MPa}}}$$

Redukované napětí: (dle GUESTA)

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_T^2 + 4 \cdot \tau_K^2} = \sqrt{43,006^2 + 4 \cdot 28,37^2} = \underline{\underline{71,19 \text{ MPa}}} \quad (45)$$

Bezpečnost k mezi kluzu: mat. 11 500; Re = 320 MPa

$$k_S = \frac{\operatorname{Re}}{\sigma_{RED}} = \frac{320}{71,19} = \underline{\underline{4,49[-]}} \quad (46)$$

#### 4. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout pojízdný skládací stůl pro chovatele. Součástí zadání bylo, vytvořit konstrukci odnímatelné klece, kterou lze na desku stolu nasadit. Nejprve jsem se v práci zabýval základním rozdělením zvedacích desek a plošin u stolů.

Po odborné konzultaci jsem zvolil uchycení tažné tyče pomocí čepu, který je v konstrukci uchycen pomocí plechu k táhlu a zajištěn závlačkou. Když byl stůl téměř zhotoven a poupraven konstrukčně, zhotovil jsem základní zatížení celé konstrukce včetně všech souvisejících komponentů. Dále jsem vypočítal namáhání nohy na vzpěr. U nohou jsem provedl kontrolu na svar. Mezi další výpočty jsem zařadil např. výpočet šroubů v úchytu, výpočet šroubu u plechu k táhlu, rozložení sil u tažné tyče.

Tato zrealizovaná koncepce stolu je velmi jednoduchá, jak pro manipulaci se samotným stolem, tak i pro osobu, která bude stůl obsluhovat. Složení stolu je primitivní a podobnými způsoby je vyrábí téměř všichni dodavatelé a výrobci. Konstrukce stolu se odlišuje od komerčně vyráběných stolů podobného charakteru tím, že na desku stolu lze připnout klec, kterou výrobci neposkytují. Tažná tyč je zrekonstruována jako posuvná.

Mezi hlavní nakupované komponenty patří kolečka, která jsou otočná a pojezdová a která vyhovují dané únosnosti stolu. V případě vylepšení této koncepce bych zvolil kolečka s brzdou a to kvůli pohyblivosti stolu na místě.

Všechny předem stanovené cíle mé bakalářské práce byly splněny, včetně maximálního zdvihu desky stolu do 700 mm.



Obrázek 34 - Finální verze stolu s klecí

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí bakalářské práce Ing. Ivaně Kunzové, Ph. D. za odborné rady, vedení a konzultace během studia.

## Seznam použité literatury

1. Heureka. [Online] Heureka Shopping s. r. o., 2000-2016. [Citace: 20. Únor 2016.] <http://kosmetika-a-uprava-psa.heureka.cz/vivog-stul-na-strihani-psu-trimovaci-france-s-kolecky/>.
2. Deltalift. [Online] KONSTRUKTIS DELTA, spol. s r.o. [Citace: 20. Únor 2016.] <http://www.deltalift.cz/zdvihaci-plosiny-a-stoly/>.
3. Platform EQUIPMENT. [Online] [Citace: 22. Únor 2016.] <http://plosiny-zvedaci.cz/16-zdvihaci-stul-ltd680.html>.
4. **Turek, Ing. Jan.** ING. JAN TUREK - ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA. [Online] Ing. Jan Turek, 1993-2016. [Citace: 2. Březen 2016.] <http://www.janturek.cz/produkt/univerzalni-veterinari-stul>.
5. belet MANIPULAČNÍ TECHNIKA. [Online] Belet a. s. [Citace: 2. Březen 2016.] <http://obchod.belet.cz/x18800/mobilni-zdvizne-plosiny-hf-s-noznim-cerpadlem>.
6. ZDVIH servis s. r. o. [Online] ZDVIH servis s. r. o., 2013. [Citace: 9. Březen 2016.] <http://www.zdvihservis.cz/nase-reseni/nuzkove-plosiny/>.
7. LIFTCOMP VÝTAHY. [Online] LIFTCOMP a. s., 2009. [Citace: 9. Březen 2016.] <http://www.liftcomp.cz/produkty/plosiny/nuzkove-zdvihaci-plosiny>.
8. **LEINVEBER Jiří, VÁVRA Pavel.** *Strojnické tabulky*. Úvaly : ALBRA, 2008. stránky 2-914. ISBN 978-80-7361-051-7.
9. [www.obchodproremesla.cz](http://www.obchodproremesla.cz). [Online] Obchod pro řemesla, s. r. o., 2013. [Citace: 16. Březen 2016.] <http://www.obchodproremesla.cz/srouby-se-zapustnou-hlavou-csn-02-1151-din-963-p6225/>.
10. TENTE Better Mobility. Better life. [Online] TENTE s. r. o. [Citace: 16. Březen 2016.] <https://www.tente.com/cz-cz/prumyslova/prumyslova-kolecka.html>.
11. **DEJL, Zdeněk.** *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava : Montanex, 2000. str. 225. ISBN 80-7225-018-3.
12. **KALÁB, Květoslav.** Části a mechanismy strojů - teorie + projekty. [Online] 10. Duben 2015. [Citace: 12. Březen 2016.] [http://347.vsb.cz/files/kal01/kompletni\\_studijni\\_material.pdf](http://347.vsb.cz/files/kal01/kompletni_studijni_material.pdf).
13. **NĚMČEK, Miloš.** *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spoje*. [Skriptum] Ostrava : Skriptum VŠB-TU Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0050-0.
14. **KALÁB, Květoslav.** *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1860-3.
15. **BOLEK, Alfred a KOCHMAN, Josef.** *Části strojů II*. Praha : SNTL, 1990. str. 707. ISBN 80-03-00426-8.
16. **HAVLÍK, Jiří a MARŠÁLEK, Petr.** Výpočty a konstrukce strojních dílů - cvičení. [Online] 2014. [Citace: 27. Duben 2016.] [http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/hav35/Cviceni\\_VaKSD.pdf](http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/hav35/Cviceni_VaKSD.pdf).

17. **BOLEK, Alfred a KOCHMAN, Josef.** *Části strojů I.* Praha : SNTL, 1989. str. 775.  
ISBN 80-03-00046-7.

18. **HAVLÍK, Jiří.** www.fs.vsb.cz. [Online] 2007. [Citace: 13. Duben 2016.]  
[http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/hav35/Prednasky\\_VaKSD.pdf](http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/hav35/Prednasky_VaKSD.pdf).



## Seznam příloh

Příloha A – Výkres sestavy stolu v rozloženém stavu	BP-SME0074-00-0	A1
Příloha B – Výkres sestavy stolu ve složeném stavu	BP-SME0074-00-0	A1
Příloha C – Výkres podsestavy svarku předních nohou	BP-SME0074-00-1	A3
Příloha D – Výkres podsestavy svarku zadních nohou	BP-SME0074-00-2	A3
Příloha E – Výrobní výkres čepu u tažné tyče	BP-SME0074-00-3	A4
Příloha F – Výrobní výkres plechu k táhlu	BP-SME0074-00-4	A3
Příloha G – Kusovník sestavy stolu 1/2	BP-SME0074-00-K	A4
Příloha H – Kusovník sestavy stolu 2/2	BP-SME0074-00-K	A4

