



## **Středoškolská technika 2015**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **PŘÍPRAVEK NA MĚŘENÍ SIL OD UTAHOVACÍHO MOMENTU**

**Adam Hanzálek**

**Filip Vrba**

**Střední průmyslová škola**

**Tachov, Světce 1**

## Maturitní práce: Přípravek na měření sil od utahovacího momentu

1 Obsah .....	2
2 Zadání .....	3
3 Hodnotící list .....	4
4 Čestné prohlášení .....	5
5 Anotace .....	6
6 Anotation .....	6
7 Analýza .....	7
7.1 Popis úkolu .....	7
7.2 Popis stávajícího stavu .....	7
7.3 Popis výběru prostředků vhodných pro řešení problému .....	7
7.4 Popis výběru varianty a řešení výstupů .....	7
8 Popis vlastního řešení .....	7
8.1 Přípravné práce .....	7
8.2 Nákup součástek .....	8
8.3 Funkční vzorek přípravku .....	8
8.4 Výroba tělesa .....	8
8.5 Výroba závitů .....	8
8.6 Výroba šroubů .....	8
8.7 Kompletace a povrchová úprava .....	8
8.8 Vytvoření algoritmů v programu Wolfram Mathematica .....	8
9 Závěr .....	8
10 Bibliografie .....	9
11 Seznam příloh .....	9
12 Přílohy .....	10

## Zadání

---

### PŘÍPRAVEK NA MĚŘENÍ SIL OD UTAHOVACÍHO MOMENTU

Školní rok 2014/15

Garant projektu: Ing. Stanislav Jílek  
Konzultanti: Ing. Jaroslav Benedikt,  
Ing. Karel Zeman, Petr Orthacker  
Téma navrhnul: Ing. Stanislav Jílek

#### **Zadání:**

Navrhněte a zkonstruujte zařízení, které bude indikovat síly od utahovacího momentu. Vytvořte technickou dokumentaci, návod a vysvětlení principu funkce. Vytvořte algoritmus výpočtu.

#### **Účel projektu:**

Demonstrační pomůcka do hodin stavba a provoz strojů, strojírenská technologie

#### **Výstup (výstupy) projektu:**

Zkonstruované zařízení, návod k zařízení, technická dokumentace a prezentace vysvětlující princip funkce.

Obsah: (rozepsané úkoly)

1. Proved'te analýzu problému a navrhněte postupy pro splnění zadání
2. Sestavte harmonogram prací a hodnotící list s bodovými úkoly
3. Proved'te vlastní řešení projektu dle schváleného harmonogramu
4. Proved'te závěrečné zhodnocení projektu
5. Odevzdejte závěrečnou práci ve formě dokumentu v programu WORD
6. Proved'te prezentaci projektu v programu Power Point
7. Proved'te veřejnou prezentaci svého projektu

Maturitní projekt bude mít teoretickou a praktickou část. V teoretické práci odevzdáte vytištěnou závěrečnou zprávu a případné další výstupy, plynoucí z Vašeho projektu. Závěrečná zpráva, podklady pro prezentaci a případně další výstupy budou na připojeném nosiči CD. Součástí projektu je závěrečná veřejná prezentace projektu před třídou a dalšími návštěvníky prezentace.

V praktické části budete svůj projekt obhajovat před maturitní komisí.

#### **Datum a podpis garanta:**

Maturitní práce: Přípravek na měření sil od utahovacího momentu

HODNOCENÍ MATURITNÍ PRÁCE					
Název maturitní práce: Přípravek na měření sil od utahovacího momentu	Jméno:	Třída:	Školní rok:		
	Hanzálek, Vrba	ITS2.	2014/15		
	Termín: školní týden	Datum:	Maximální zisk bodů	Hodnocení počet bodů	Poznámka:
Analýza		6.10.	5 bodů	5 bodů	
Harmonogram		20.10.			
Funkční vzorek přípravku		1.12.	20 bodů	20 bodů	
Kompletace přípravku		19.1.	25 bodů	25 bodů	
Příprava prezentace		10.3.	25 bodů	25 bodů	
Představení přípravku		10.4.	5 bodů	5 bodů	
Odevzdání projektu a závěrečné zprávy včetně anotace v AJ		15.5.	5 bodů	5 bodů	
Celkem bodů za průběžnou práci:			100 bodů		
Celkové hodnocení:	94 - 100 bodů		výborný		
	85 - 93 bodů		chvalitebný		
	71 - 84 bodů		dobrý		
	51-70 bodů		dostatečný		
	0-50 bodů		nedostatečný		
Pokud žák neřeší libovolný bod, je práce hodnocena jako nedostatečná					
Hodnocení 2/IV:		Hodnocení 3/IV:			
Hodnocení 4/IV:		podpis vedoucího práce:			

#### 4 Čestné prohlášení

---

Prohlašuji, že jsem maturitní práci vykonal samostatně pod vedením vedoucího práce Ing. Stanislava Jílka. V práci jsem využil informační zdroje uvedené v seznamu použité literatury a internetových stránek.

Tachov 15.5.2015

.....

## 5 Anotace

---

Cílem maturitní práce je návrh a výroba přípravku na měření sil od utahovacího momentu. Po dokončení bude přípravek sloužit jako demonstrační pomůcka v hodinách stavba a provoz strojů při výuce témat šroubový spoj a pružina a strojírenská technologie na Střední průmyslové škole, Tachov, Světce 1. To poslouží ke zvýšení názornosti výuky a možnosti provádět některé zajímavé experimenty. Tato práce byla financována projektem Regiopopulár.

## 6 Anotation

---

The aim of the graduation work is the design and manufacture of the preparation for measuring the forces from torque. When completed, the product is used as a demonstration tool in lessons of Construction and operation of machinery during the teaching topics screw connection and spring and engineering technology at the Secondary school, Tachov, Světce 1. This one will serve to increase the clarity of teaching and the ability to perform some interesting experiments. This work was funded by the project Regiopopular.

## 7 Analýza

---

### 7.1 Popis úkolu

Cílem projektu je vyrobení přípravku na měření sil od utahovacího momentu, tedy přípravku, který měří utahovací moment a pomocí programu Wolfram Mathematica se vypočítá síla v ose šroubu a síla stlačení pružiny. Přípravek bude sloužit učitelům strojírenství na Střední průmyslové škole v Tachově jako demonstrační pomůcka do hodin při výuce teorie šroubů a pružin.

### 7.2 Popis stávajícího stavu

Tento typ přípravku není na trhu k dostání. Nenašli jsme řešitele podobného přípravku.

### 7.3 Popis výběru prostředků vhodných pro řešení projektu

Pro vypracování veškerých textových dokumentů i prezentaci je použita sada Microsoft office 2010 a to konkrétně aplikace Word. Pro výpočty a stanovení algoritmu je použit program Wolfram Mathematica. Přípravek byl vyroben v zámečnické dílně školy pomocí dostupných technologií a materiálů.

### 7.4 Popis výběru varianty a řešení výstupů

Hlavním výstupem bude vlastní přípravek. Dalšími výstupy bude návod k zařízení, technická dokumentace, prezentace vysvětlující princip funkce, fotodokumentace, závěrečná zpráva.

Stanovení dílčích úkolů je studium problematiky, výběr součástek, osazení součástek, kompletace přípravku, výpočty, sestavení algoritmu, textové dokumenty, prezentace a další.

## 8 Popis vlastního řešení

---

### 8.1 Přípravné práce

Seznámení se s problematikou teorie šroubů a pružin, znalosti aplikace programu Wolfram Mathematica, používání základní operací strojírenské technologie a teorie stavby a provoz strojů.

## 8.2 Nákup součástí

Momentový klíč a zařízení na závity byly zakoupeny v odborné prodejně.

## 8.3 Funkční vzorek zařízení

Prototyp přípravku byl zhotoven z domácích zdrojů.

## 8.4 Výroba tělesa

## 8.5 Výroba závitů

## 8.6 Výroba šroubů

## 8.7 Kompletace a povrchová úprava

## 8.8 Vytvoření algoritmů v programu Wolfram Mathematica

## 9 Závěr

---

Tento přípravek má sloužit jako demonstrační pomůcka v hodinách strojírenství na Střední průmyslové škole v Tachově a stát se tak přínosem pro výuku. Přístroj umožní provádění některých experimentů, které by měly studentům pomoci snáze pochopit učivo týkající se teorie šroubů a pružin a vytváření výpočtů a algoritmů v programu Wolfram Mathematica.



## 10 Bibliografie

---

- Stavba strojů, Jiří Zelený, Computer Press, Brno, 2007, ISBN 80-7226-311-0
- Program Wolfram Mathematica

## 11 Seznam příloh

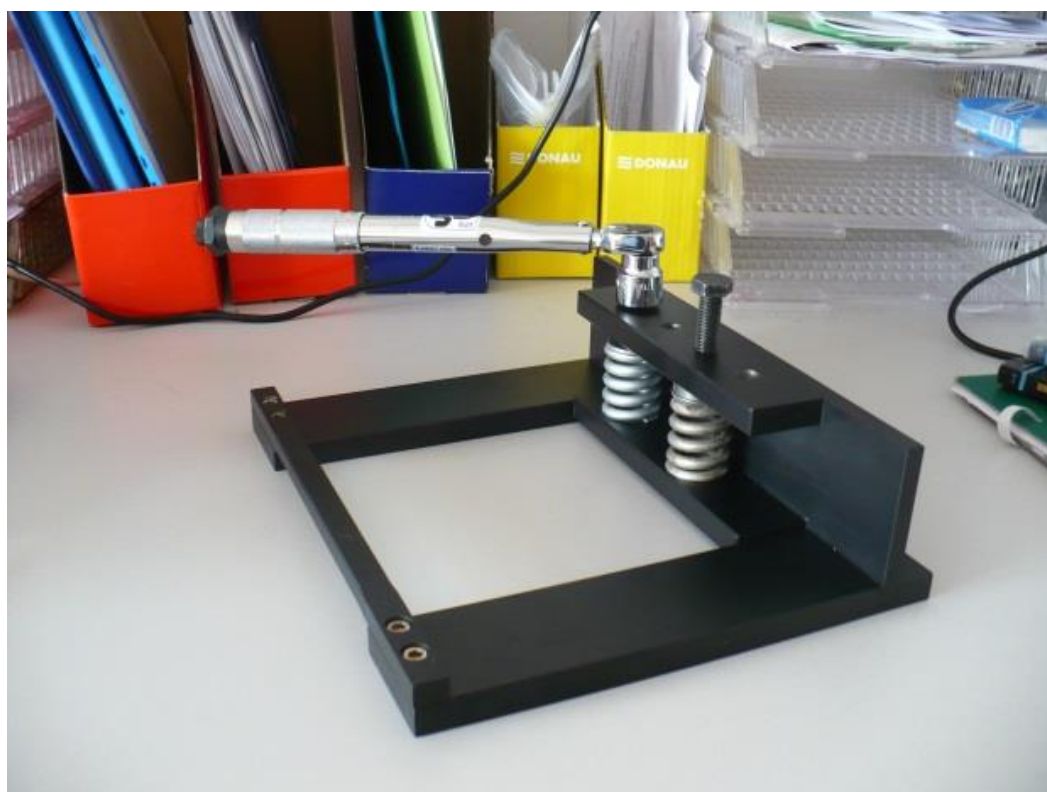
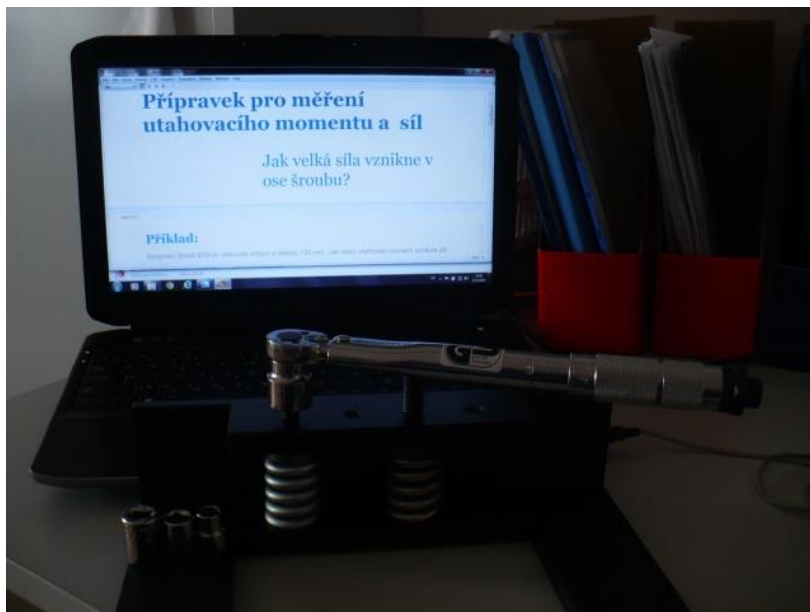
---

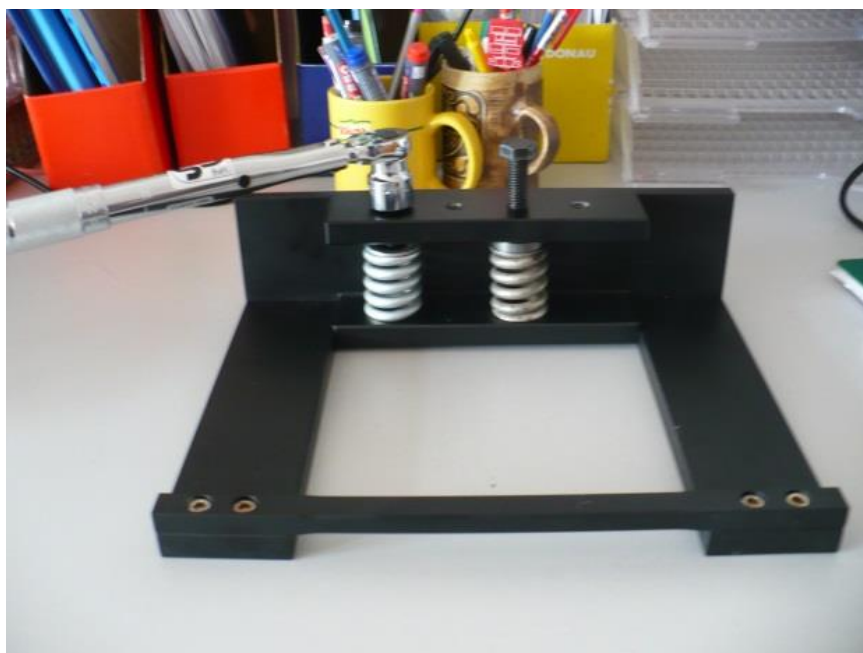
1. **Obrázek 1: Snímek přípravku**
2. **Obrázek 2: Snímky výroby**
3. **Obrázek 3: Algoritmus výpočtů**
4. **Obrázek 4: Grafy**

## 12 Přílohy

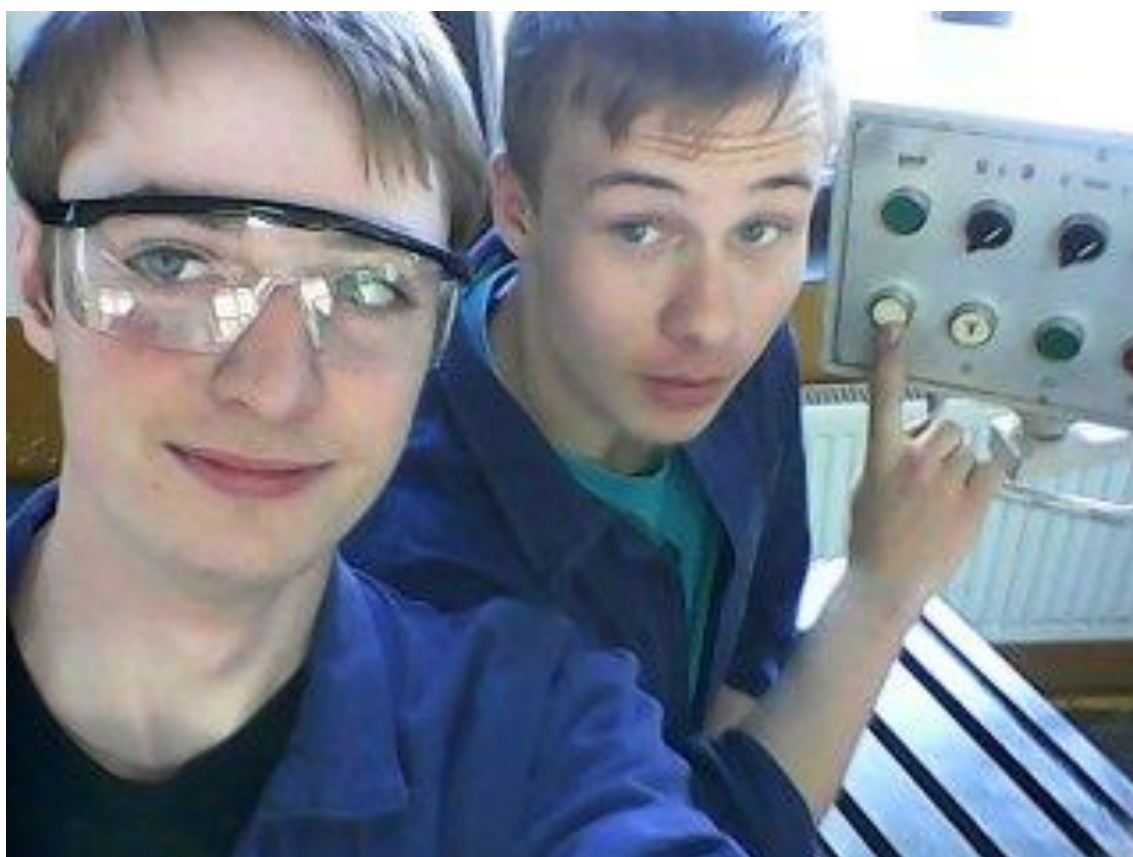
---

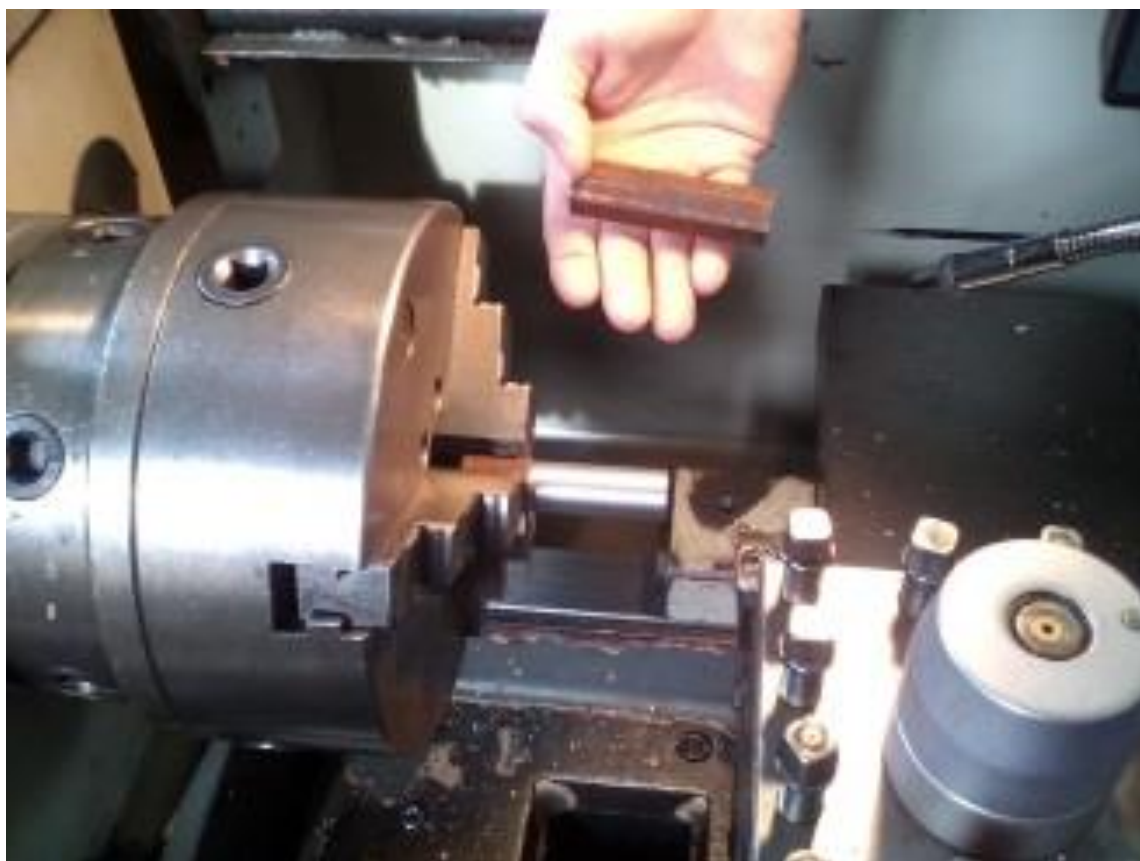
Obrázky 1: Snímek přípravku





Obrázky 2: Snímky výroby





### Obrázek 3: Algoritmus výpočtů

2 | sila v ose šroubu M20.nb

#### Příklad:

Spojovací šroub M10 je utahován klíčem s délkou 130 mm. Jak velký utahovací moment vznikne při síle ruky  $F_1 = 150 \text{ N}$ ? Jak velká síla  $F_g$  vznikne v ose šroubu?

Navrhnete válcovou tlačnou šroubovitou pružinu, nasazenou na trn s průměrem 20mm s pracovním zdvihem  $h=6 \text{ mm}$ , požadované předpružení  $F_1=1000 \text{ N}$ . Zušlechťený materiál 12 090 má podle ST  $\sigma_{Pt} \approx 450 \text{ MPa}$ ,  $G = 7.85 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ . Střední průměr pružiny zvolen  $D=28\text{mm}$

$$\tau_{Dk} = 0,6 \cdot \sigma_{Pt} = 870 \text{ MPa}$$

Vlastní výpočet :  
 $0,6 \times 1450$   
 870.

$$y_1 = 2,5 \cdot h = 15 \text{ mm}$$

Vlastní výpočet :  
 $2,5 \times 6$   
 Vlastní (výpočet : 15.)

$$y_8 = y_1 + h = 21 \text{ mm}$$

Vlastní výpočet :  
 $15 + 6$   
 Vlastní (výpočet : 21)

$$F_8 = F_1 \cdot \frac{y_8}{y_1} = 1400 \text{ N}$$

Vlastní výpočet :  
 $1000 \times \frac{21}{15}$   
 Vlastní (výpočet : 1400)

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_8 \times D \times K}{0,4 \times \tau_{Dk}}} = 5 \text{ mm}$$

$$\sqrt[3]{\frac{1050 \times 28 \times 1,4}{0,4 \times 870}}$$

4.90869

$$i = \frac{D}{d} = 4$$

$$\frac{28}{7}$$

4

$$N \left[ \frac{14}{3} \right]$$

4.66667

$$K = \frac{h+0,2}{i-1} = 1,4$$

## Pro přibližné určení utahovacího momentu platí pro normalizované spojovací šrouby vztah:

$$M_u = 0,18 \cdot F_g \cdot d$$

$M_u$  = utahovací moment [Nmm];  $F_1=150\text{N}$ ;  $a=130\text{mm}$ .

$$F_1 = 150$$

$$a = 130$$

$$M_u = F_1 \times a = 19\,500 \text{ Nmm}$$

150

130

19 500

$$d = 20$$

$$F_g = \frac{M_u}{0,18 \times d} = 5416 \text{ N}$$

20

5416.67

2 | 1. KC3 pružina- Přípravek.nb

Vlastní výpočet :

$$\frac{4 + 0,2}{4 - 1}$$

$$4 - 1$$

Vlastní (výpočet : 1.4)

$$n = \frac{V_8 \times Q_{\text{out}}^4}{8 \times F_3 \times D^3} = 5$$

Vlastní výpočet :

$$\frac{21 \times 7,85 \times 10^4 \times 5^4}{8 \times 1050 \times 28^3}$$

$$8 \times 1050 \times 28^3$$

Vlastní (výpočet : 5.58747)

$$z = n + n_2 = 7 \text{ závitů}$$

Vlastní výpočet :

$$5 + 2$$

Vlastní (výpočet : 7)

$$v_{\text{min}} = 0,1 \times d = 0,6 \text{ mm}$$

Vlastní výpočet :

$$0,1 \times 6$$

Vlastní (výpočet : 0.6)

$$l_0 = z \cdot d + (z - 1) \times v_{\text{min}} + h + y_1 = 60 \text{ mm}$$

Vlastní výpočet :

$$7 \times 6 + (7 - 1) \times 0,6 + 6 + 15$$

Vlastní (výpočet : 66.6)

$$l_g = z \times d = 35 \text{ mm}$$

Vlastní výpočet :

$$7 \times 5$$

Vlastní (výpočet : 35)

Obrázek 4: Graf

```
ListPlot[{{1, 0.4}, {2, 0.8}, {3, 1.2}}, AxesLabel -> {stlačení [mm], moment [Nm]}
```

