



České vysoké učení technické  
v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství



Úloha KA03/č. 8:

## **Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou souvpravou**

### **Návod pro studenty**

Ing. Patrik Kutílek, Ph.D., Ing. Adam Žížka  
(kutilek@fbmi.cvut.cz, zizka@fbmi.cvut.cz)

#### Poděkování:

Tato experimentální úloha vznikla za podpory Evropského sociálního fondu v rámci realizace projektu „Modernizace výukových postupů a zvýšení praktických dovedností a návyků studentů oboru Biomedicínský technik“, CZ.1.07/2.2.00/15.0415.

Období realizace projektu 11. 10. 2010 – 28. 2. 2013.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Měření zatížení protéz dolních končetin tenzometrickou soupravou.

## Zadání úlohy

- 1) Určete velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na tlak pro různé velikosti zatěžujících sil. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.
- 2) Nalezněte velikost napětí a deformace pro průřez mezikruží protetické náhrady zatížené na ohyb pro různé velikosti ohybového momentu. Ověřte teoreticky získané výsledky s výsledky měření. Dokažte Hookeův zákon.
- 3) Nalezněte velikost napětí, zatěžovací síly (a Youngův modul pružnosti v tahu) pro tkaný proužek oválného průřezu  $5 \text{ mm}^2$

Změřte zatížení části protézy dolní končetiny v tlaku a ohybu, při měření ohybu použijte stejné zatížení, jako pro měření tlaku a z naměřených hodnot určete velikost ramene páky na které je zatížení umístěno. Dále zjistěte velikost namáhání v tahu pro tkaný proužek (znázorňující zatížení šlach a dalších pojivových tkání) dodaný vyučujícím. Měří se na měřicím přípravku s nosným elementem protézy – tlak a ohyb, zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.) – tah.

K měření použijte :      Nosnou část protézy s nalepenými tensometry.

                                 Vážní čidlo U9B

                                 Silový převodník S9M

Výsledky měření uveďte do protokolu.

## Pomůcky

PC s nainstalovaným programem CatmanEasy DAQ

Měřicí stanice eDAQ lite s příslušenstvím

Referenční měřítko

Závaží

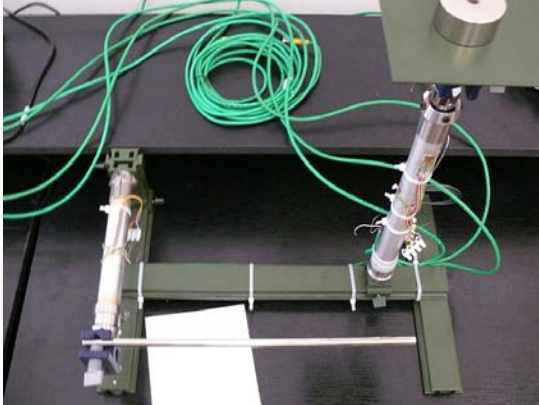
Měřicí přípravek s nosným elementem protézy

Tkaný proužek oválného průřezu  $5 \text{ mm}^2$  a délky 160 mm v nezatíženém stavu

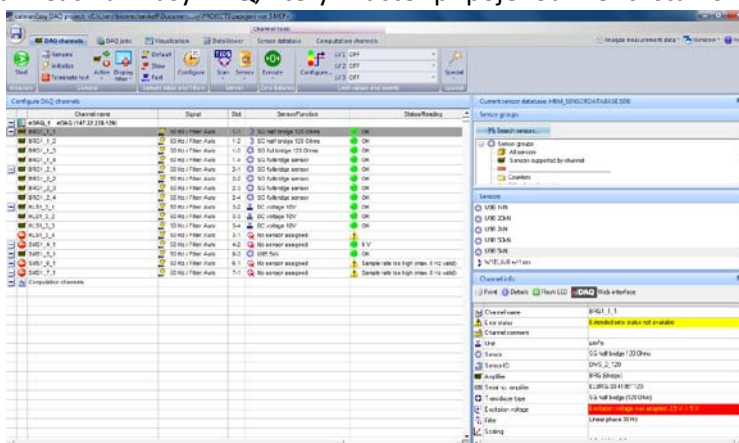
Zatěžovací stolice LS (výr.: Larson Systems Inc.)

## Postup vypracování úloh

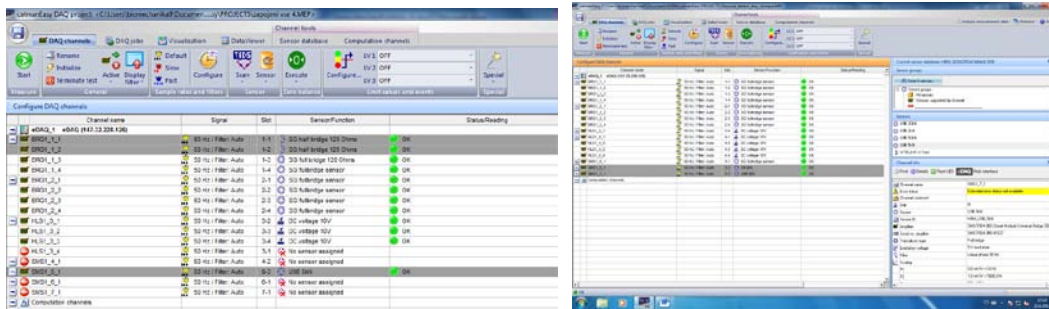
Vyučující zkontroluje přípravku a zatěžovací stolicí LS (přípevní měřený vzorek), připojí je k měřicí stanici eDAQ lite, spustí počítač (viz. následující obrázky):



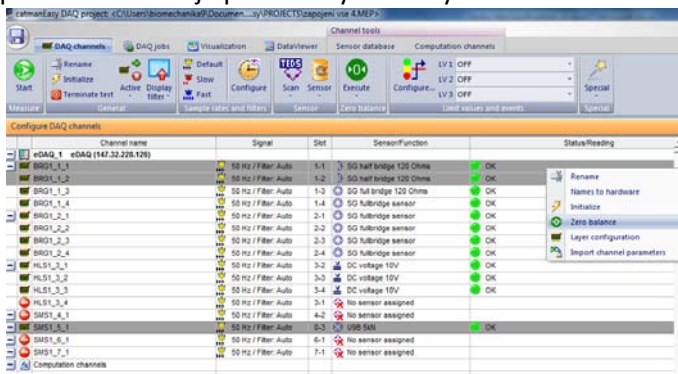
a program Catman Easy DAQ, který "načte" připojenou měřicí stanici eDAQ lite:



Kanál s připojenou úlohou „tlak a ohyb“ jsou na kanálech „1-1“ a „1-2“, referenční snímač tlaku (vážní čidlo) je na kanále „0-3“, úloha „tah“ je na kanálech „3-2“ snímač S9M a „3-3“ snímač U9B.



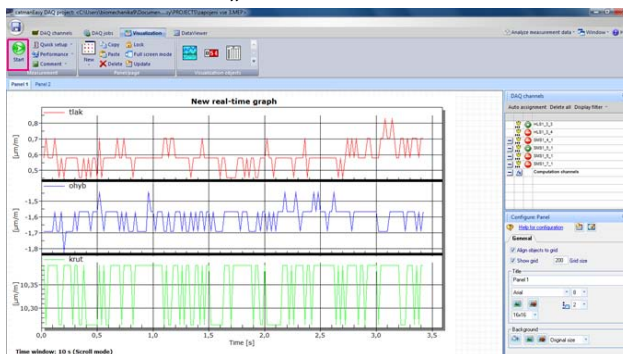
Před započítím měření je potřeba systém "vynulovat":



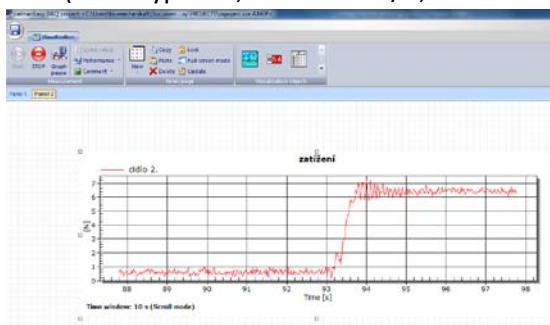
I. část: měření v tlaku a ohybu.

Nosný element protězy má průřez mezikruží s vnějším průměrem= 30 mm a vnitřním průměrem = 26 mm. Délka je 350 mm pro přípravek namáhaný v tlaku a ohybu.

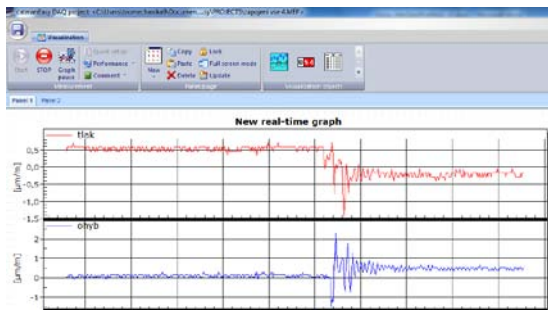
Spuštění měření tlačítkem „Start“.



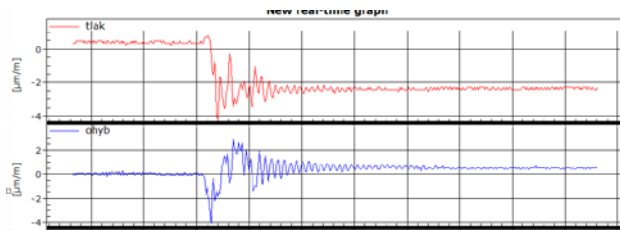
Ref. měřidlo (HBM typ U9B, 5 kN = 1 mV/V, # 143113068) při „0“ a 0,5kg zatížení.



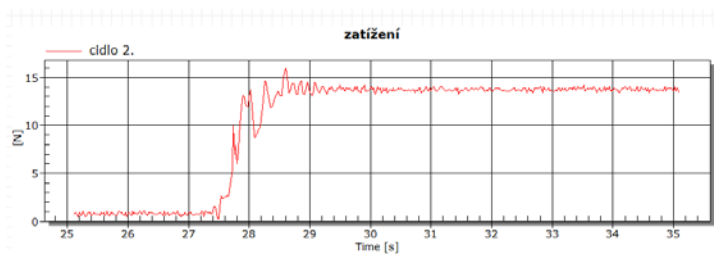
Tensometrické měření při „0“ a 0,5kg zatížení.



Tensometrické měření při „0“ a 1 kg zatížení.



Ref. Měřidlo při při „0“ a 1 kg zatížení.



II. část: měření v tahu.

Tkaný proužek oválného průřezu 5 mm<sup>2</sup> a délky 160 mm v nezatíženém stavu.

Vyučujícím připravená zatěžovací stolice LS s připevněným přípravkem:

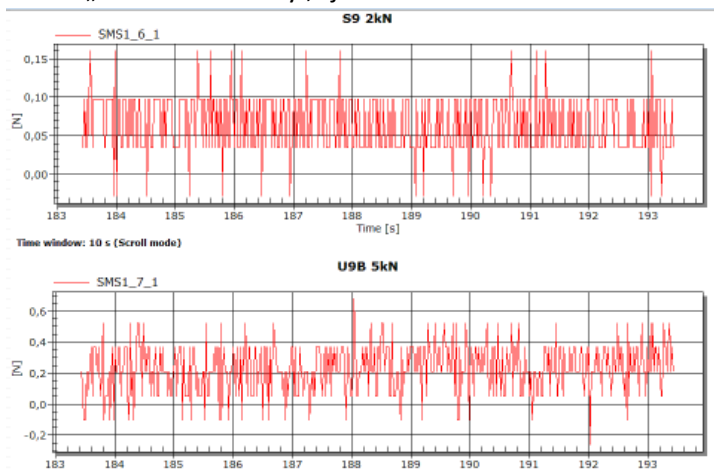


Spuštění měření je stejné jako v předchozím případě

Změření prodloužení vzorku:

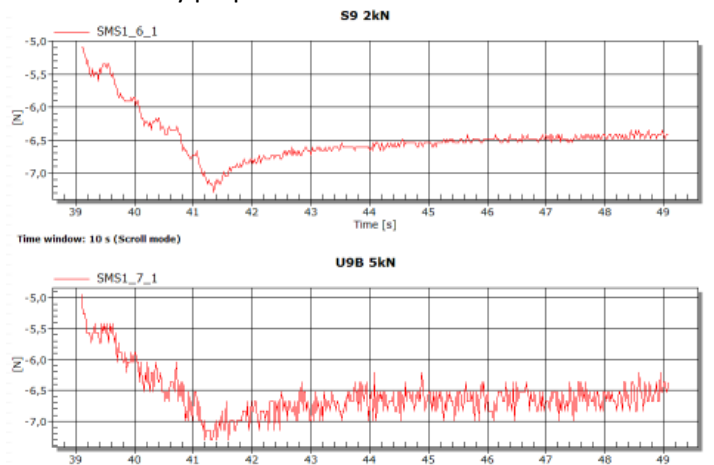


Měření tahu – „nulové“ hodnoty , tj. bez zatížení:



Při měření bez zatížení je třeba dbát, aby zatěžovaný vzorek sice nebyl napínán, ale zároveň nebyl uvolněný natolik, aby vytvářel „mrtvý prostor“ (tj. při napínání teprve zaujímal vertikální polohu bez natahování).

Měření tahu – hodnoty při prodloužení o 30 mm:



Výpočty zjišťovaných veličin:

Pro měření tlaku a ohybu považujeme tensometrické snímače za stejné, proto se použijí kalibrační data a korekční koeficient získaný při měření v tlaku i na měření ohybu.

Při tomto tensometrickém měření tlaku jsou všechny tensometry zatěžovány stejně (souhlasně, tj. v tlaku), proto může, při malém rameni, být změřený údaj deformace v ohybu (tensometry jsou zatěžovány „opačně“, tj. jeden v tahu a druhý v tlaku) menší než deformace v tlaku.

Pro výpočty I. části je potřeba spočítat průřezové charakteristiky průřez  $S$  a modul průřezu  $W_0$  [1 s102, kap. 4.1] vzorec (18).

Mechanická napětí a deformace pro obě části měření se spočtou dle [1 s101, kap. 4.1] vzorec (14) až (16) a [1 s.101,102, kap. 4.1] tab. 1 a 2.

Velikost ramene ohybu pro výpočty v II. části (měření v tahu) dle vzorce  $M_0 = F \cdot r$ , a protože je síla vyvozená zatěžovací stolicí LS měřena dvěma snímači, tak každý ukazuje pouze polovinu této síly (výsledná síla se přepočítá pro každý snímač zvlášť).

U vypočteného ramene síly je použito skutečné (teoretické) zatížení a změřená deformace, u teoretického ramene síly je použito skutečné (teoretické) zatížení a změřená deformace je opravena korekčním koeficientem zjištěným při měření tlaku (poměr mezi teoretickou a změřenou deformací).

Výsledky budou zaznamenány do protokolu.

## **Použitá lit.**

[1] = Kutílek, P., Žižka, A.: Vybrané kapitoly z experimentální biomechaniky. ČVUT v Praze, 2012