

**UNIVERZA V LJUBLJANI**

Fakulteta za strojništvo

# **Merilni sistem laser-kamera**

LADISK

**Tim Mušič**

23. avgust 2021

# Kazalo

---

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Postavitev sistema</b>	<b>2</b>
2.1	Kaj potrebujemo	2
2.1.1	Hardwere	2
2.1.2	Softwere	2
2.2	Raspberry Pi	3
2.3	PC	3
2.4	Laser in krmilna glava	4
<b>3</b>	<b>GUI vodič</b>	<b>5</b>
3.1	Prvi zagon	5
3.2	Povezovanje na RPi	6
3.3	Kalibracija	6
3.4	Izbira ROI	6
3.5	Izbira tarč	7
3.6	Nastavitve slike	7
3.7	Nastavitve	7
3.7.1	Nastavitve RPi	7
3.7.2	Nastavitve merilne kartice-izhodni kanali	8
3.7.3	Nastavitve laserja	8
3.7.4	Nastavitve silomera/kladiva	8
3.7.5	Nastavitve meritev	8
3.7.6	Nastavitve generatorja	8
3.8	Meritev	9
3.8.1	Preko silomera	9
3.8.2	S kladivom	9
3.9	Določanje lastnih oblik	10
<b>4</b>	<b>Znane težave</b>	<b>11</b>

# 1 Uvod

Kratka predstavitev programa. Navedena je potrebna oprema HW in SW, navodila za postavitve te opreme, ter vodič skozi GUI programa.

## 2 Postavitev sistema

### 2.1 Kaj potrebujemo

#### 2.1.1 Hardware

Za postavitev potrebujemo:

- PC z operacijskim sistemom Windows (10)
- Raspberry Pi 3 Model B+
- Raspberry Pi camera (HQ+objektiv)
- dve National Instruments analog output kartici (NI9263)
- National Instruments analog input kartica (NI 9234)
- laser + glava z zrcali

#### 2.1.2 Software

Od programske opreme se potrebuje:

- Ni MAX
- python 3.9

Python paketi uporabljeni v projektu:

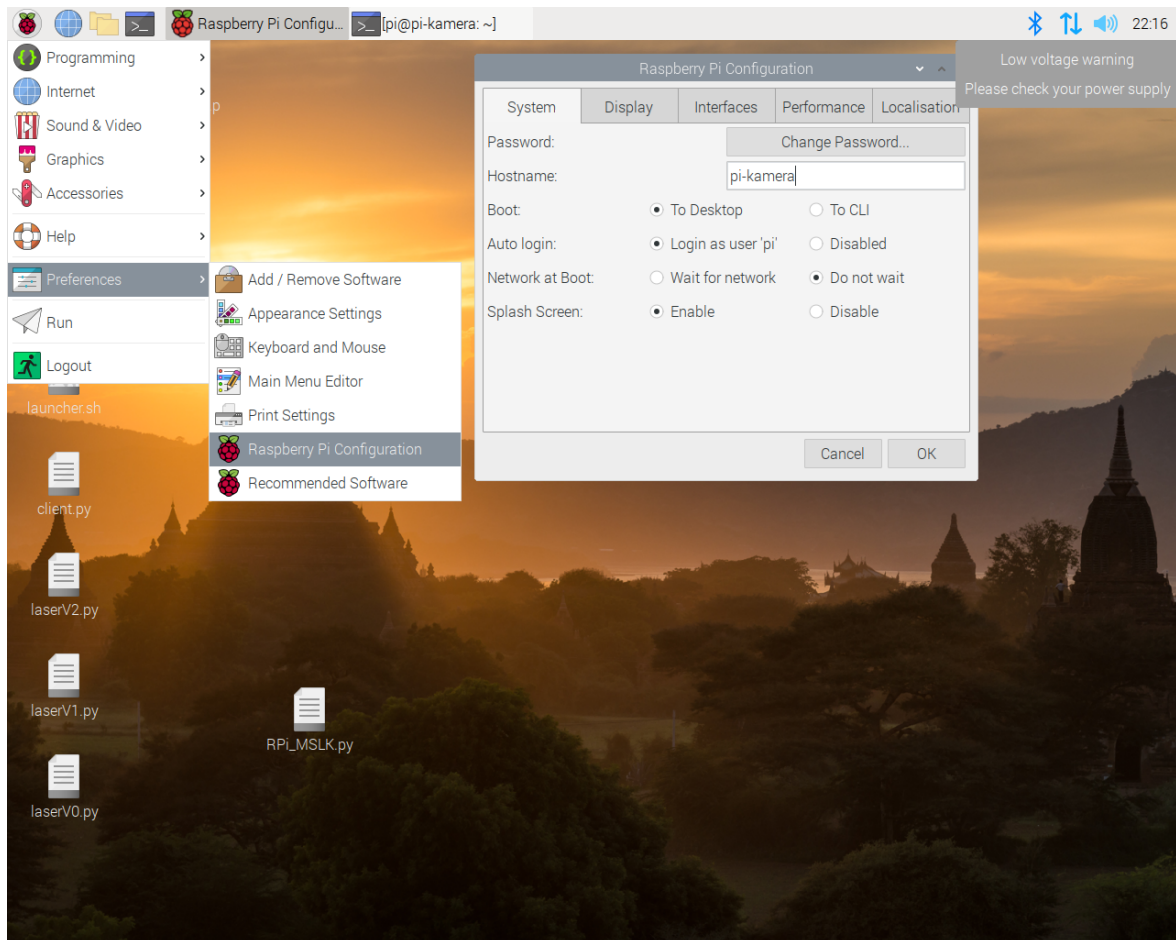
- numpy 1.21.0,
- matplotlib 3.4.2,
- scipy 1.7.0,
- openCV 4.5.2.54,
- nidaqmx 0.5.7,
- imagezmq 1.1.1,
- pyFRF 0.40,
- pyEMA 0.23,
- pyExSi 0.42.

Python skripte potrebne za delovanje programa:

- gui.py,
- MSLK.py,
- RPi\_MSLK.py.

## 2.2 Raspberry Pi

Na RPi naložimo operacijski sistem. Nato odpremo *Raspberry Pi Configuration* (slika 2.1) ter spremenimo *hostname* (v našem primeru v pi-kamera). Pod *Interfaces* omogočimo Camera in SSH (da nastavitve začnejo delovati, je potreben reboot). V izbrano mapo kopiramo še skripto RPi\_MSLK.py (v našem primeru je to desktop). Za delovanje je potrebno povezati RPi z ethernet kablom na PC.



Slika 2.1: Nastavlanje RPi

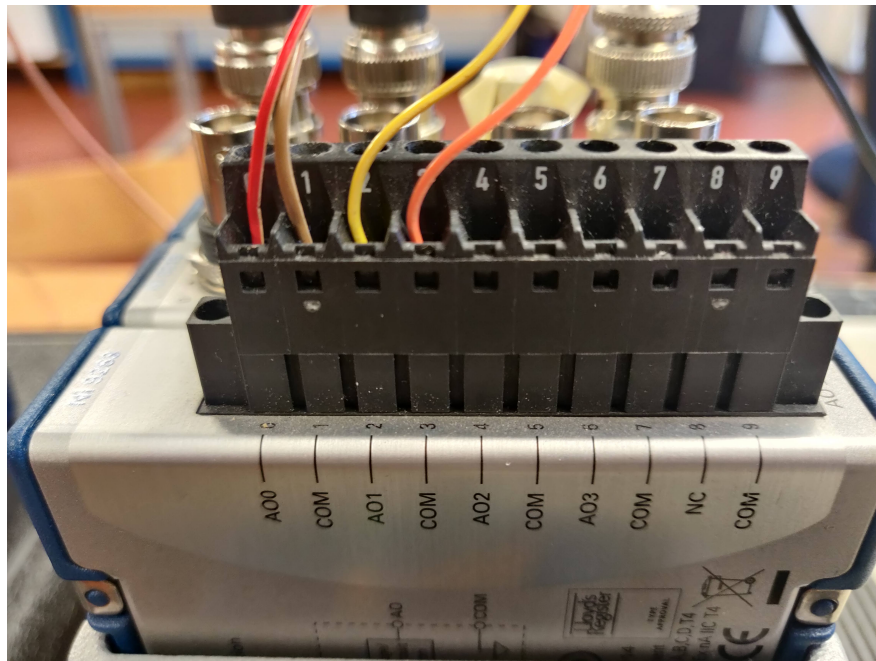
## 2.3 PC

Iz githuba je potrebno potegniti in shraniti v isto mapo:

- gui.py,
- MSLK.py,
- celotno mapo files.

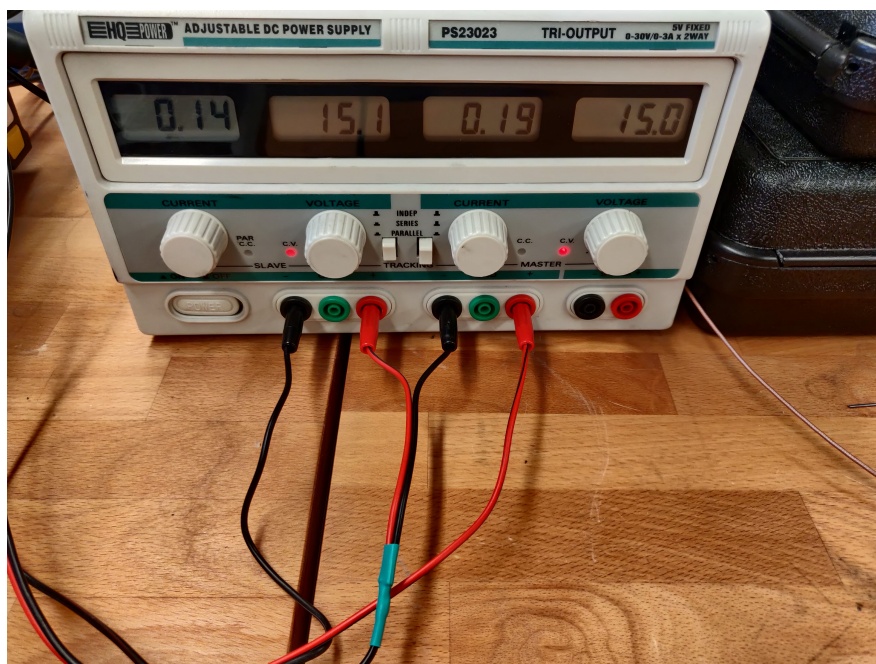
## 2.4 Laser in krmilna glava

Na laser se pritrdi krmilno glavo, ki se jo poveže na AO kartico (slika 2.2).



Slika 2.2: Povezava krmilne glave na AO.

Napajamo jo preko napajalnika v zaporedni vezavi s 15V, kakor je prikazano na sliki 2.3.



Slika 2.3: Napajanje krmilne glave

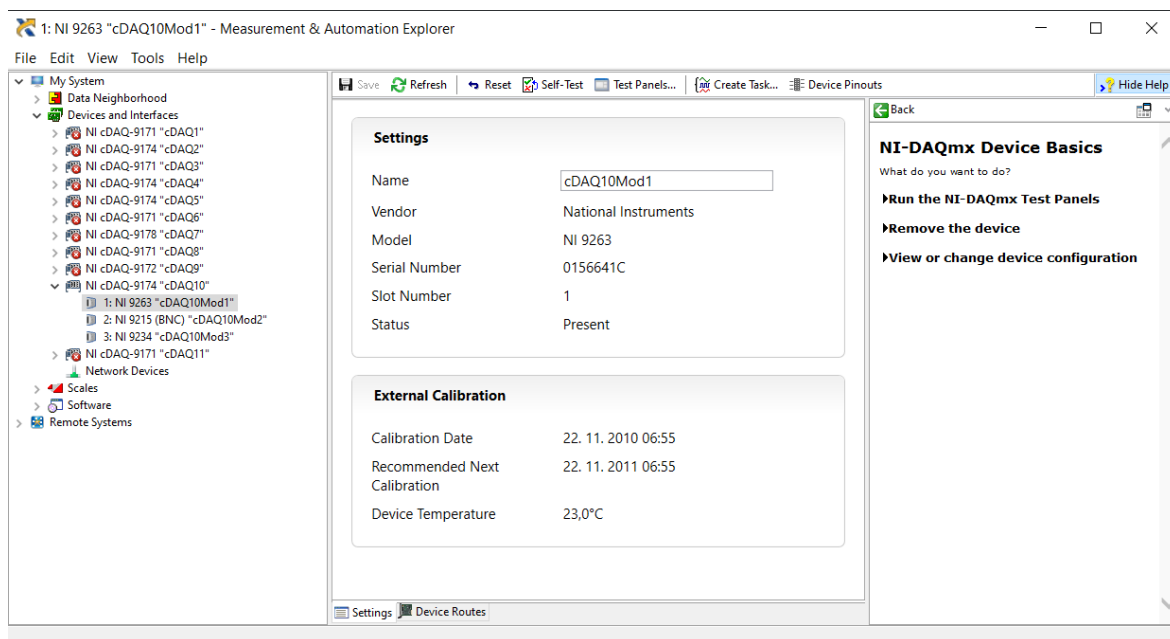
## 3 GUI vodič

### 3.1 Prvi zagon

Zaženemo skripto GUI.py, odprlo se nam bo okno, s pomočjo katerega se upravlja merilni sistem. Ob prvem zagonu se pomaknemo na zavihek *Nastavitve* (slika 3.3), kjer moramo izpolniti vsa polja. Pod Hostname, vpišemo hostname, ki smo ga določili v RPi (slika 2.1). Če nismo spreminjali imena in gesla, sta ostala privzeta, in sicer ime: pi, geslo: raspberrypi. Na koncu vpišemo še pot do datoteke RPi\_MSLK.py.

Izpolnimo še kanala za krmiljenje zrcal. Pod *Izhodni kanal 1* se vpiše kanal, ki bo nadzoroval  $x$  smer (glede na orientacijo kamere  $x$  smer je v smeri daljše stranice slike). Pod *Izhodni kanal 2* pa kanal, ki nadzoruje  $y$  smer.

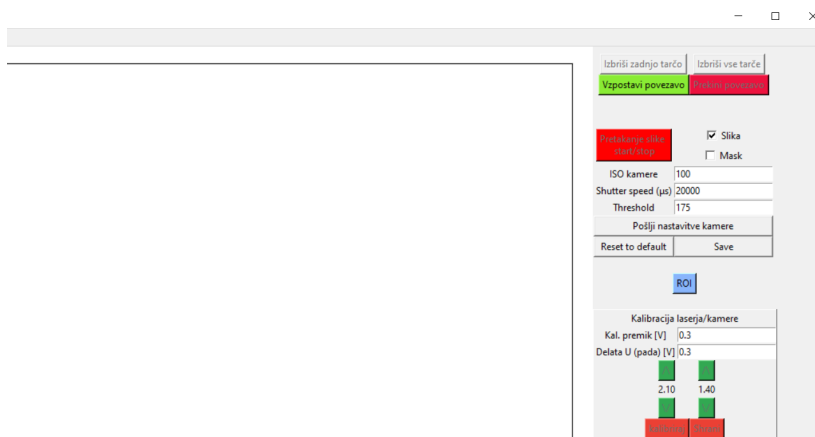
Če imen kanalov ne poznamo, jih lahko pogledamo s pomočjo NiMAX, kjer se navigiramo do priklopljene kartice (slika 3.1). Odčitamo ime in mu dodamo "/ao", ter številko zelenega kanala. V našem primeru je tako ime prvega kanala za  $x$  smer: cDAQ10Mod1/ao0.



Slika 3.1: Iskanje imena kanal s pomočjo NiMAX

## 3.2 Povezovanje na RPi

Pred začetkom meritve se je potrebno povezati na RPi. To naredimo tako, da se pomaknemo na zavihek *Kalibracija* (slika 3.2), kjer se s pritiskom na zeleno tipko *Vzpostavi povezavo*, vzpostavimo povezavo na RPi. Če smo pravilo izpolnili vsa okna pod zavihkom *Nastavitve*, bi se v nekaj sekundah morala vzpostaviti povezava, prikaže se slika iz kamere, prav tako se zgodi kalibracija laserja.



Slika 3.2: Zavihek Kalibracija

V primeru, da je bil program predhodno nepravilno izklopljen, obstaja možnost, da se povezave prejšnje seje niso pravilno zaprle v tem primeru moramo narediti reboot sistemov.

## 3.3 Kalibracija

Ob povezavi se že avtomatsko zgodi kalibracija laserja, če je le ta slaba ali pa da ni uspela, jo lahko ponovimo s komandami pod *Kalibracija laserja/kamere* (slika 3.2 na desni). Z zeleno obarvanimi tipkami spreminjamo vrednosti napetosti na posameznem zrcalu, za koliko se bo spremenila napetost na zrcalu (izpisana med zelenima tipkama) kontroliramo z vrednostjo, vnešeno v polje *Delata U*. Ko laser postavimo na primerno mesto za kalibracijo, pritisnemo rdeči gumb *kalibracija* zgodi se kalibracijski premik za vrednost, podano pod *Kal. premik*. Če želimo, da se bo takšna kalibracija zgodila ponovno, ob naslednji povezavi pritisnemo gumb *Shrani*.

## 3.4 Izbira ROI

V primeru, da je v vidnem polju moteč dejavnik, (npr. močan vir svetlobe), ki programu preprečuje, da bi zaznal žarek, lahko izberemo manjše območje interesa (ROI). To storimo s klikom na gumb ROI, nato pa kliknemo na ekran, da določimo meje



območja. S tem smo omejili iskanje žarka le na območje, ki je označeno, ki ga obdaja oranžen okvir. Pri tem moramo paziti, da nam žarek ne zaide izven omenjenega območja, saj ga v tem primeru ne bo mogoče zaznati. Prav tako morajo vse tarče ležati znotraj ROI.

## 3.5 Izbira tarč

Ko imamo sliko, lahko tarče preprosto izbiramo tako, da kliknemo na željeno meso na slik. Prikaže se zelen kvadrater ter oznaka tarče. V primeru, da smo se zmotili, lahko s pritiskom na gumb *Izbriši zadnjo tarčo* izbrišemo tarčo, ki je bila zadnja dodana. Če želimo izbrisati vse tarče, kliknemo *Izbriši vse tarče*.

## 3.6 Nastavitve slike

Če želimo spremljati trenutno sliko, pritisnemo na gumb *Pretakanje slike, start/stop*. Iz RPi se bo začele pridobivati slike z nastavitvami kamere, ki so vpisane v polja *ISO* (vrednosti od 100-800) in *Shutter speed* (vrednosti do 6000000). Kamera bo prejela nove nastavitve po pritisku gumba *Pošlji nastavitve kamere*. Program omogoča spremljane zajete slike ali pa slike, ki se uporablja za iskanje laserskega žarka (izbira *Slika* ali *Mask*).

## 3.7 Nastavitve

Pred začetkom meritev je v zavihku *Nastavitve* potrebno nastaviti še ostale dele merilnega sistema. Pri vsakem sklopu nastavitve sta gumba *Reset to default* in *Save*, s katerima nadzorujemo shranjevanje sklopa nastavitvev.

### 3.7.1 Nastavitve RPi

Te nastavitve je potrebno izpolniti že pred vzpostavljanjem povezave na RPi.

The screenshot shows the 'Nastavitve' (Settings) window with the following sections and fields:

- Nastavitve Raspberry Pi:**
  - Hostname:
  - Port:
  - Username:
  - Password:
  - Skripta:
  - Buttons:
- Nastavitve laserja:**
  - Kanal laserja:
  - Napetost max [V]:
  - Napetost min [V]:
  - Merilno območje [mm/s]:
  - Časovni zamik laserja [s]:
  - Buttons:
- Nastavitve meritev:**
  - Frekvenca merilne kartice [Hz]:
  - Izračunaj frekvence:
  - Frekvenca vzorčenja [Hz]:
  - Čas meritve [s]:
  - Vzorcev za povprečenje:
  - Okno exc:
  - Vrednost za okno exc:
  - Okno h:
  - Vrednost za okno h:
  - Typ:
  - ☐ Shranjuj podatke
  - Ime datoteke:
  - Pot do datoteke:
  - Buttons:
- Nastavitve generatorja:**
  - ☒ Generiraj signal
  - Spodnja frekvenca vzbujanja:
  - Zgornja frekvenca vzbujanja:
  - Buttons:
- Merilna kartica izhodni kanali:**
  - Izhodni kanal x:
  - Izhodni kanal y:
  - Izhod generator signala:
  - Buttons:
- Nastavitve silomera/kladiva:**
  - ☒ Silomer ☐ Kladivo
  - Kanal silomera:
  - Faktor silomera [pC/N]:
  - Faktor nabojnega ojačevalnika [mV/pC]:
  - Faktor mirnosti:
  - Trigger value:
  - Dolžina meritve pred trigger (s):
  - Buttons:

Slika 3.3: Nastavitve

### 3.7.2 Nastavitve merilne kartice-izhodni kanali

Potrebno je izbrati izhodne kanale za nadzor zrcal in generiranje vzbujevalnega signala. Paziti moramo, da so kanali za generiranje signala na drugi kartici kot kanali za krmiljenje zrcal.

### 3.7.3 Nastavitve laserja

Nastaviti je potrebno vhodni kanal laserja, napetost, pri kateri operira merilno območje, in časovni zamik.

### 3.7.4 Nastavitve silomera/kladiva

Prvo izberemo, ali bomo meritev izvajali s silomerom ali kladivom, glede na izbiro se nam omogoči spreminjanje vrednosti relevantnih polj. Ponovno določimo vhodni kanal (IEPE) ter faktorje ojačanja. V primeru meritev s kladivom določimo še faktor mirnosti. Ta predstavlja procent merilnega območja laserja, do katerega se mora umiriti objekt (max-min vrednost znotraj časa meritve), poredno je dovoljeno izvajanje meritev. Trigger value predstavlja vrednost, ki jo je potrebno preseči, da se začne meritev (samo pri kladivu).

### 3.7.5 Nastavitve meritev

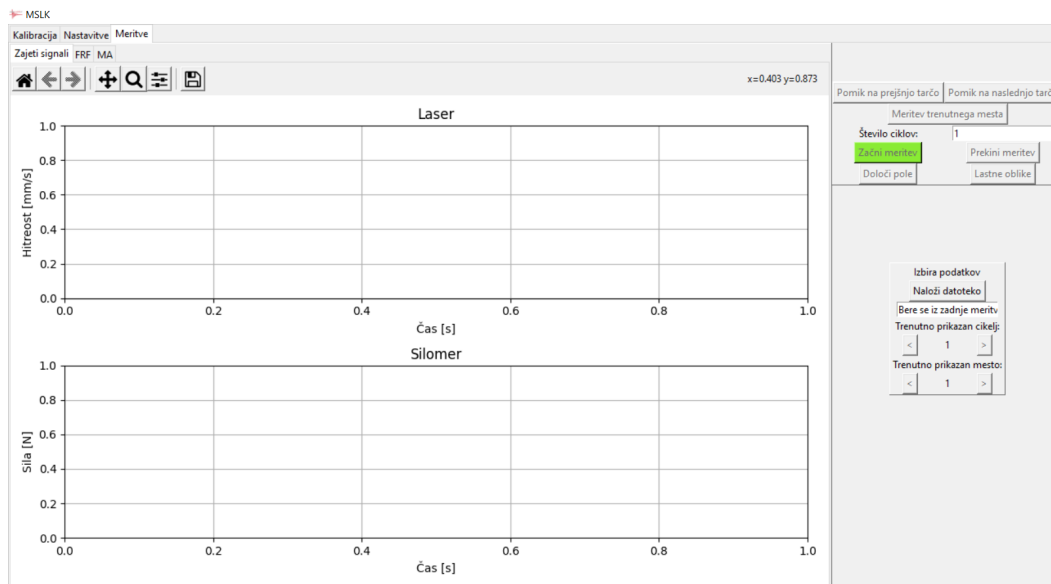
Nastaviti moramo osnovno frekvenco merilne kartice, nato s klikom na gumb *Izračunaj frekvence* osvežimo nabor možnih frekvenc vzorčenja. Pod čas meritve določimo, koliko časa se bo izvajala posamična meritev mesta, s vzorcev za povprečenje pa določimo, koliko meritev se bo izvedlo na posameznem mestu. Določimo še okno za vzbujevalni signal (exc) in odziv (h) ter vrednosti oken (pyFRF). Če želimo shranjevati podatke, moramo odkljukati okno shranjuj podatke ter določiti mesto in ime datoteke.

### 3.7.6 Nastavitve generatorja

Če želimo vzbujsati s signalom, generiranim s pomočjo merilne kartice, moramo označiti *generiraj signal*. Nastavljamo še lastnosti signala, s katerim želimo vzbujsati naš objekt spodnjo in zgornjo mejo PSD.

## 3.8 Meritev

Za začetek meritev se pomaknemo na zavihek *Meritve* (slika 3.4).



Slika 3.4: Zvihek meritve

Če želimo izvesti meritev samo v določeni točki, se lahko na to točko pomaknemo z gumbi *Pomik na prejšnjo tarčo* in *Pomik na naslednjo tarčo*. Ko se laser nahaja na zeleni poziciji, začnemo meritev z gumbom *Meritve trenutnega mesta*.

Če želimo izvesti meritev na vseh označenih mestih, kliknemo gumb *Začni meritev*. Laser se bo pomaknil na prvo mesto, izvedel meritev ter nato pomaknil naprej na naslednje mesto. Pomik in izvajanje meritev skozi vsa mesta (cikel) se izvede tolikokrat, koliko ciklov smo določili v polju *Število ciklov*.

### 3.8.1 Preko silomera

V primeru, da merimo s pomočjo silomera (vzbujamo s štinger-jem”), samo zaženemo meritev laser se bo premikal od tarče do tarče, dokler niso izvedene vse meritve.

### 3.8.2 S kladivom

Ko zaženemo meritev, se laser pomakne v prvo točko, ko se objekt dovolj umiri, (*Nastavitve/faktor mirnosti*) zaslišimo zvok (dolg pisk, kratek pisk). To pomeni, da lahko udarimo s kladivom, če je bila meritev uspešna, se izriše FRF, v nasprotnem primeru zaslišimo zvok (kratek pisk, dolg pisk). Če je bila meritev uspešna, bo program počakal, da se merjenec ponovno umiri, predno se bo pomaknil na naslednje merilno mesto. Ponovno počakamo na zvok za začetek meritve.

### 3.9 Določanje lastnih oblik

Ko smo naredili meritev na vseh mestih, lahko izračunamo še lastne oblike. Prvo je potrebno določiti pole, kar naredimo s pritiskom na gumb *Določi pole*. Odpre se nam novo okno, kje izberemo pole. Ko smo izbrali pole, lahko zapremo okno (v katerem smo izbirali pole) ter kliknemo gumb *Plotaj lastne oblike*.

## 4 Znane težave

- Pri nepravilni izklopitvi programa se lahko zgodi, da se povezave ne zaprejo pravilno. Ko se to zgodi, se ne da ponovno vzpostaviti povezave med PC in RPi. **Rešitev:** Reboot PC-ja in RPi.