

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON POTRESA

Ciklus predavanja: Znanjem za Zagreb (i Hrvatsku) - Zagrebu od Rijeke

Eksperimentalna analiza dugačkih konstrukcija uslijed višestruke potresne pobude oslonaca

Nina Čeh & Gordan Jelenić

Građevinski fakultet u Rijeci

Sadržaj

- Uvod
- Opis problema
- Eksperimentalni postav
- Rezultati
- Zaključak i nastavak istraživanja

Uvod



Utjecaj višestruke pobude na oslonce kod konstrukcija velikih raspona zbog slijedećih efekata:

- promjena seizmičkih valova pri prelasku iz jedne sredine u drugu (tlo ili stijena različitih svojstava),
- kašnjenje dolaska seizmičkih valova zbog velike udaljenosti među osloncima,
- nailazak seizmičkih valova iz različitih smjerova,...

Uvod



Početak: **Nenad Bićanić** (nabavka opreme)

Istraživanje se provodi u suradnji s ekspertnom grupom znanstvenika s Dalian University of Technology (Dalian, Kina) u sklopu bilateralnih projekata:

• **“Eksperimentalno ispitivanje konstrukcija velikih raspona pod utjecajem višestruke pobude oslonaca” (2018-2020):**

• Tim: **Gordan Jelenić**, Nina Čeh, Luyu Li, Han Qin

• **“Eksperimentalno ispitivanje mostovnih konstrukcija (pojednostavljenih modela mostova) uzimajući u obzir asimetrične efekte pod utjecajem višestruke pobude oslonaca” (2020-2022):**

• Tim: **Nina Čeh**, Gordan Jelenić, Bepo Schira, Laura Žiković, Luyu Li, Han Qin

Dio prikazanih rezultata je napravljen u sklopu studentskih radova:

- Ivan Hlača (diplomski rad, 2016.)
- Simona Dobrilla (diplomski rad, 2017.)
- Nikolina Drpić (završni rad, 2020.)

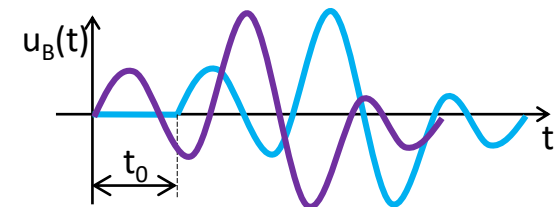
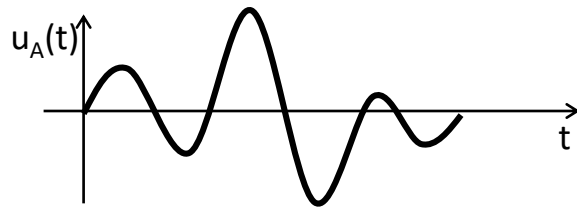
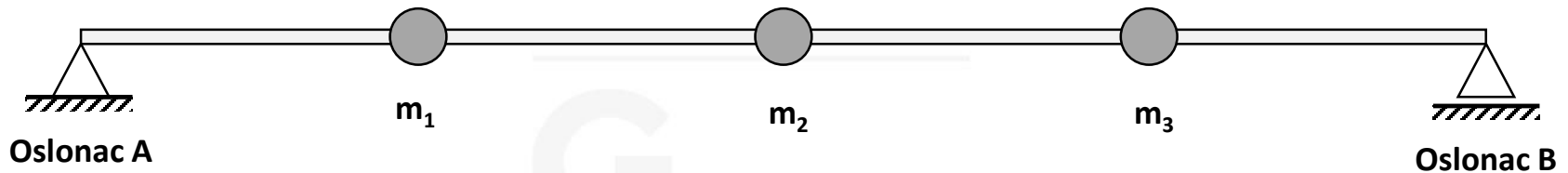
Uvod

Istraživanje se provodi na **jednostavnim grednim modelima** koji svojim ponašanjem mogu opisati samo jedan dio dinamičkog odaziva stvarne konstrukcije.

Ciljevi istraživanja:

- ✓ Bolje razumjeti dinamiku dugačkih konstrukcija pod utjecajem potresne pobude
- ✓ Educirati studente o važnosti uzimanja u obzir dinamičkih (a ne samo statičkih) efekata prilikom proračuna konstrukcija
- ✓ Proučiti najutjecajnije oblike deformiranja dugačkih konstrukcija koji se javljaju prilikom višestruke pobude oslonaca, a nisu toliko izraženi prilikom jednolike pobude.

Opis problema



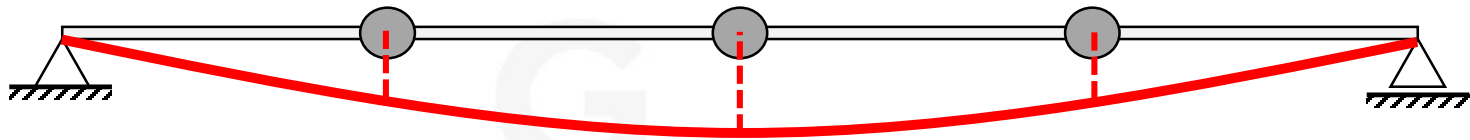
Jednadžba kretanja:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = -M\ddot{x}_g$$

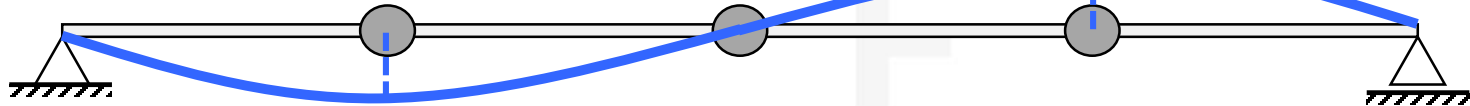
Opis problema

Oblici i tonovi osciliranja:

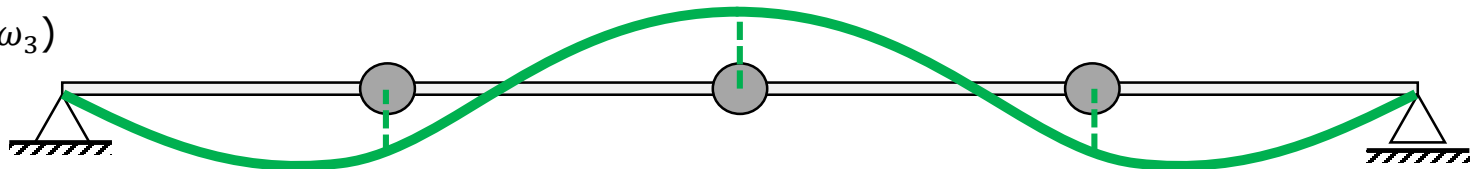
1. ton (ω_1)



2. ton (ω_2)

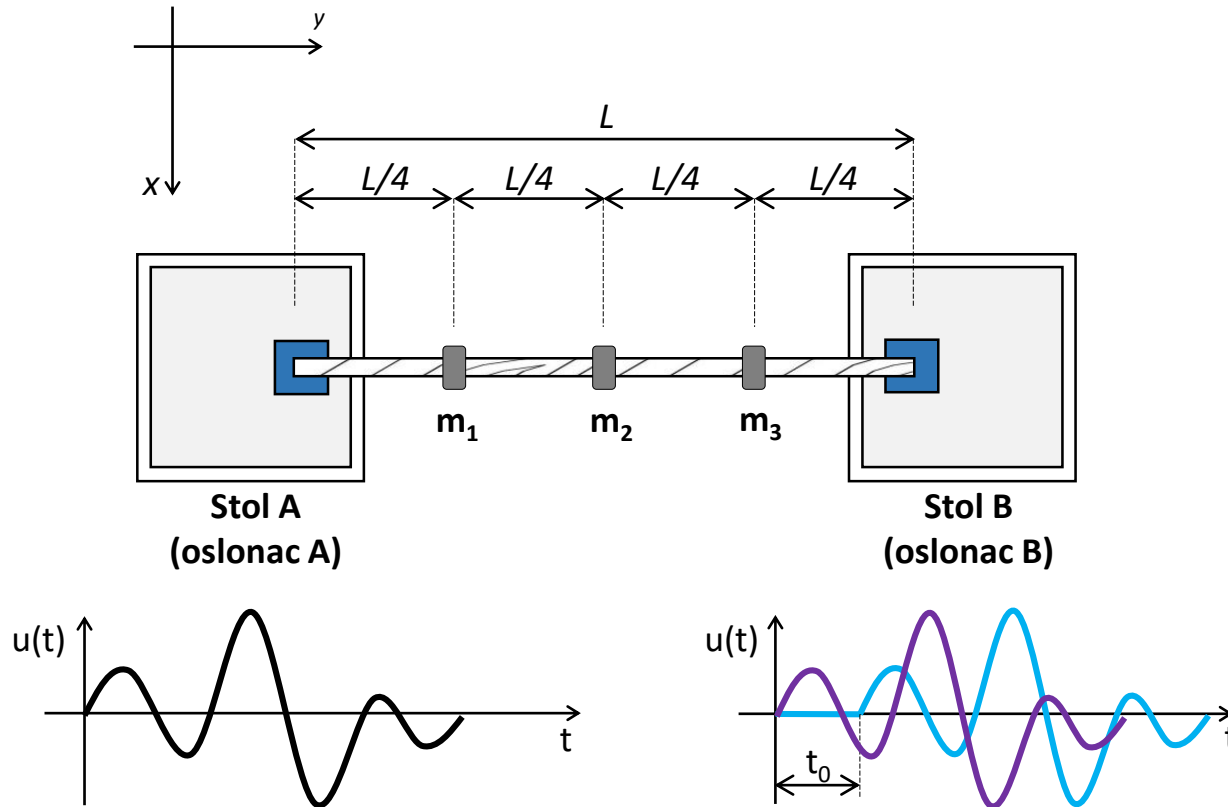


3. ton (ω_3)



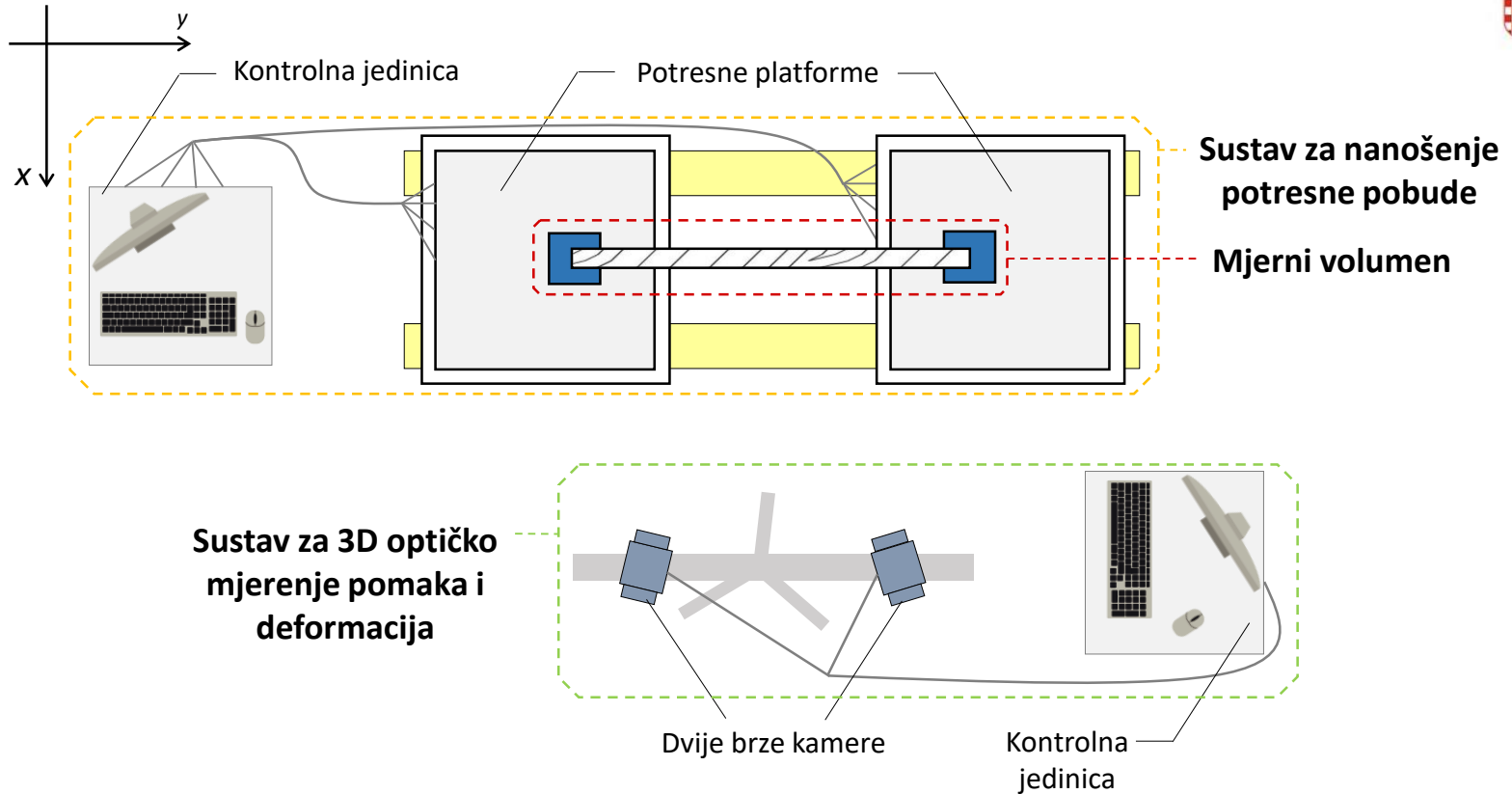
Ekperimentalni postav

Laboratorij za konstrukcije, Građevinski fakultet u Rijeci:



Ekperimentalni postav

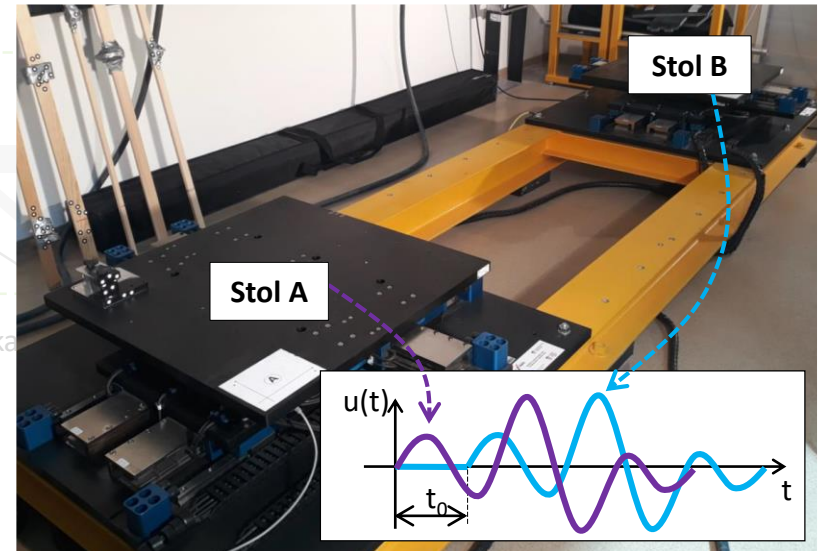
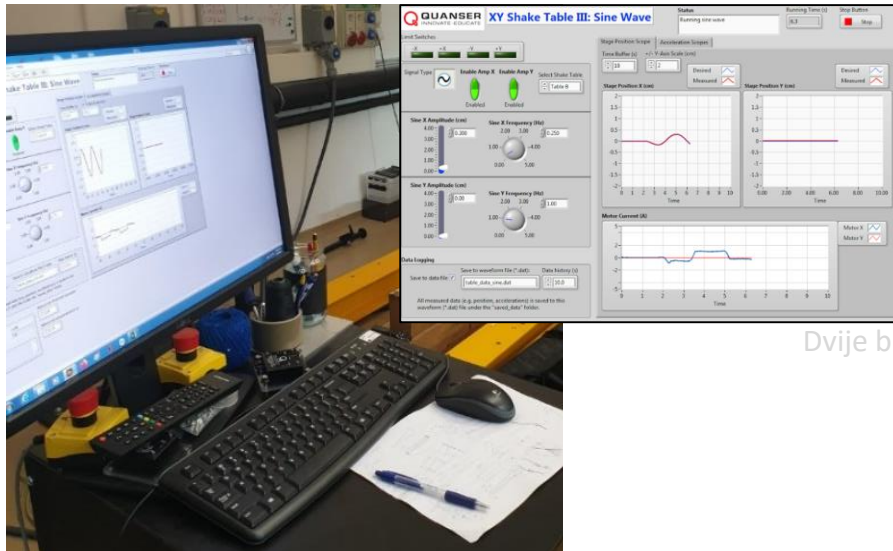
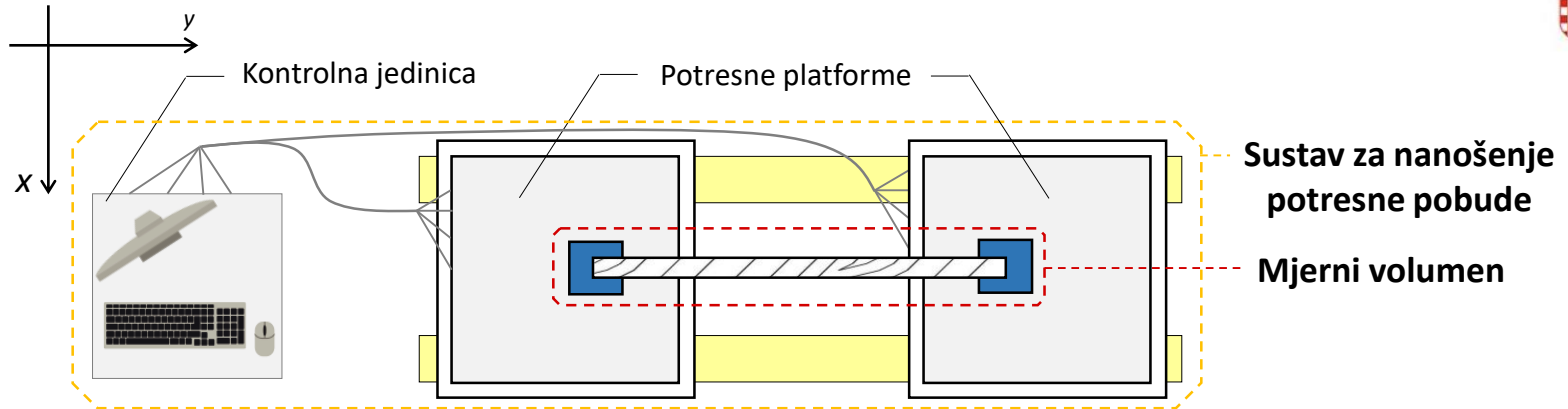
Laboratorij za konstrukcije, Građevinski fakultet u Rijeci:



Ekspериментални postav

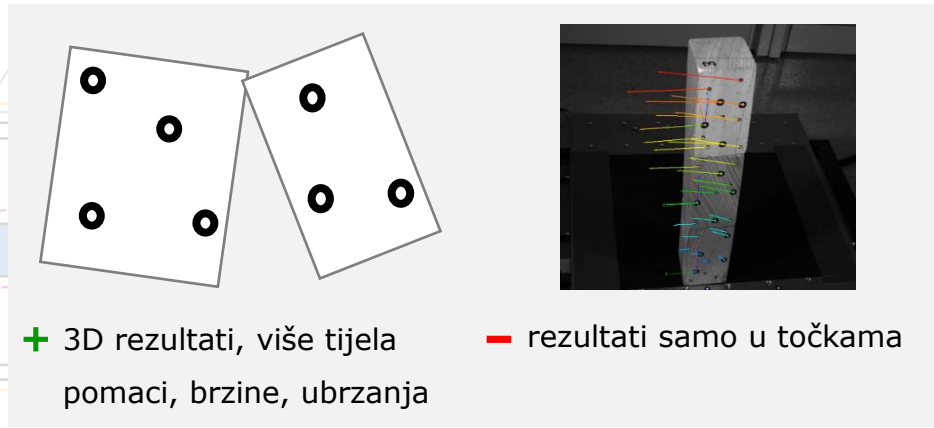


Laboratorij za konstrukcije, Građevinski fakultet u Rijeci:

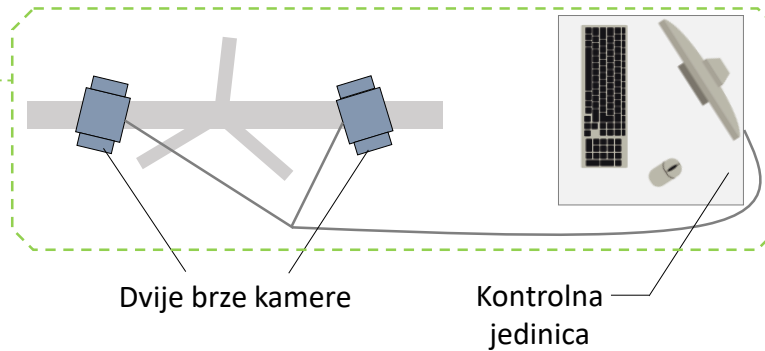


Ekperimentalni postav

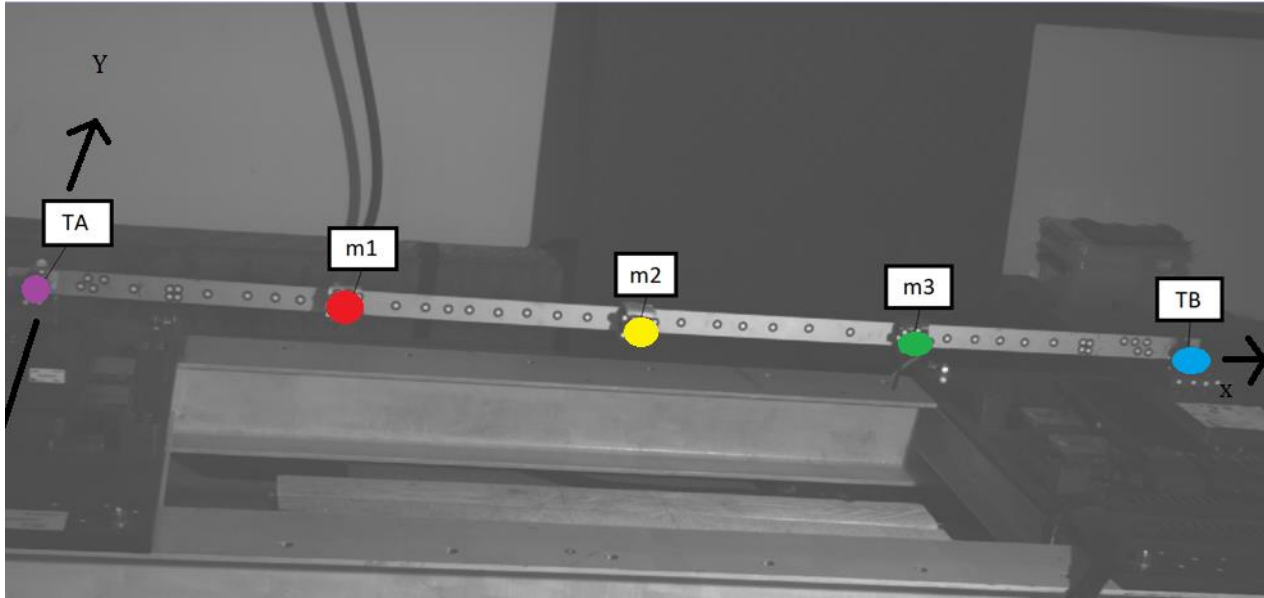
Laboratorij za konstrukcije, Građevinski fakultet u Rijeci:



Sustav za 3D optičko mjerenje pomaka i deformacija



Eksperimentalni postav



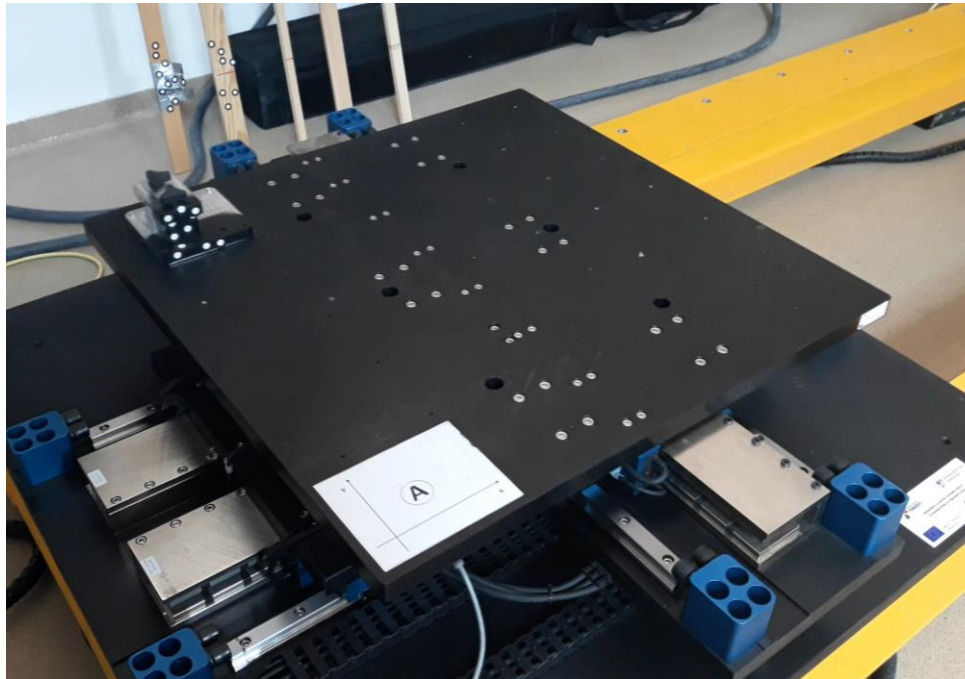
Greda s 3 mase (m_1 , m_2 i m_3) oslonjena na dva potresna stola (T_A i T_B)



*Optički mjerni sustav
Aramis 4M*

Rezultati

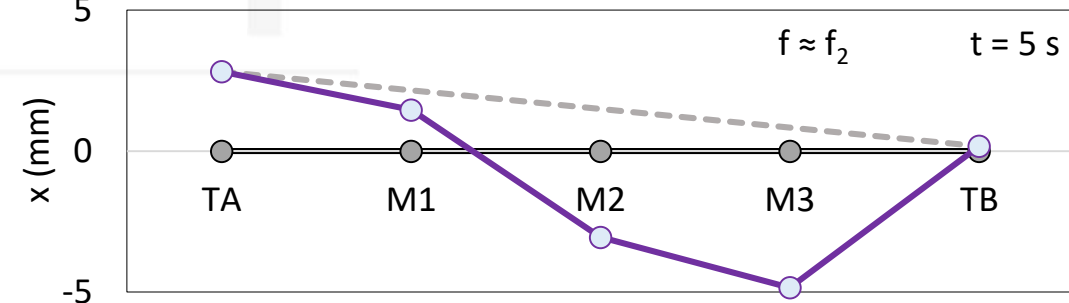
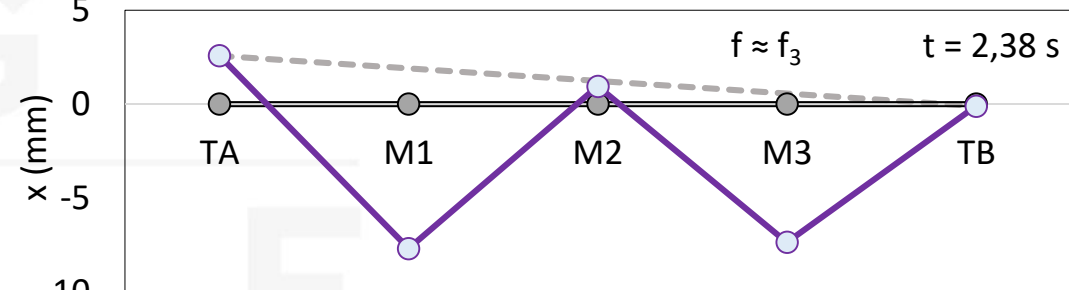
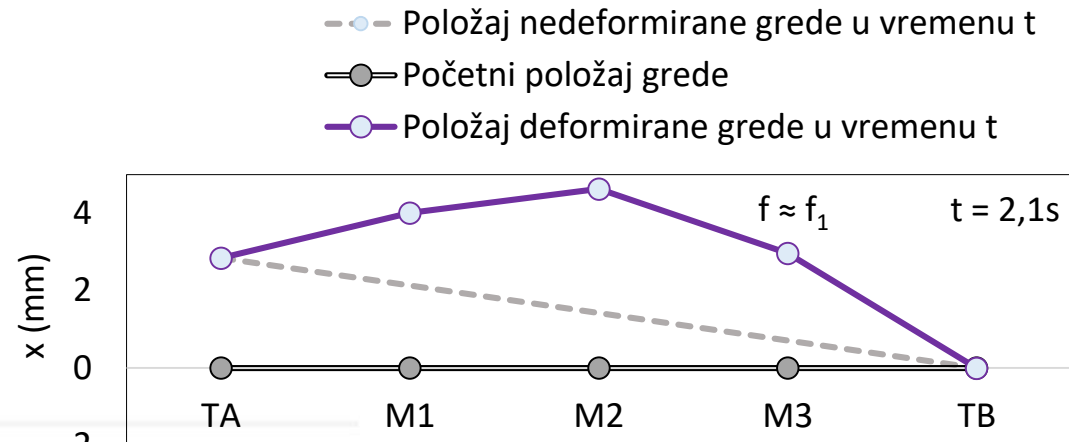
Pobuda samo jednog oslonca



Rezultati

Pobuda samo jednog oslonca

- dinamička pobuda jednog (desnog) oslonca sustava s tri mase
- kombinacije s različitim omjerima karakteristična tri oblika osciliranja
- frekvencija pobude blizu vlastite frekvencije nekog od tri tona -> uočena je dominacija upravo tog oblika osciliranja



Oblici grede uslijed sinusoidalne pobude lijevog oslonca (TA) funkcijom $u(t) = u_0 \sin(2\pi ft)$

Rezultati

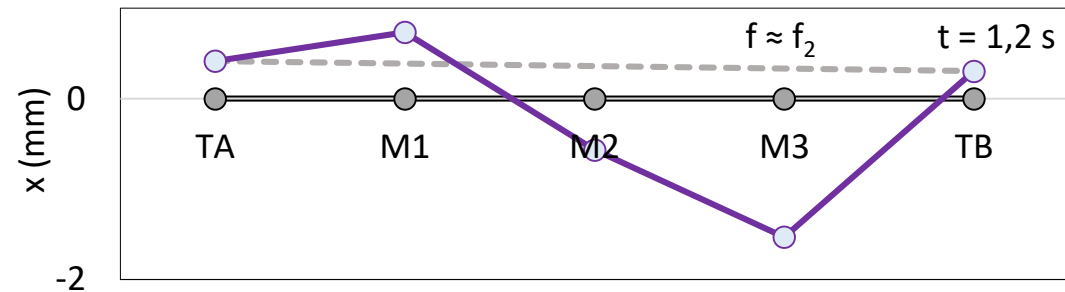
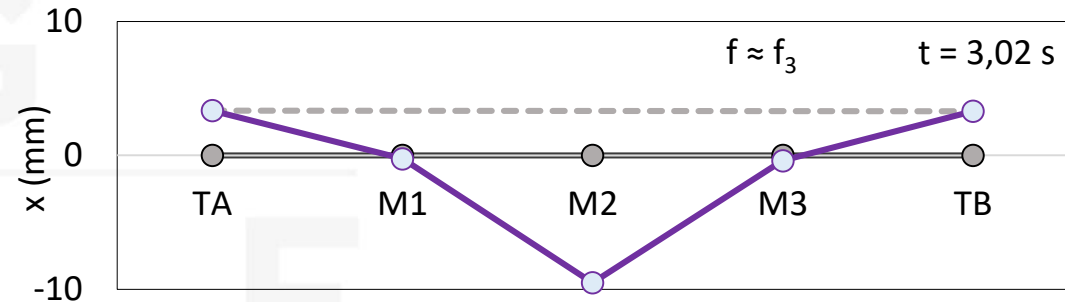
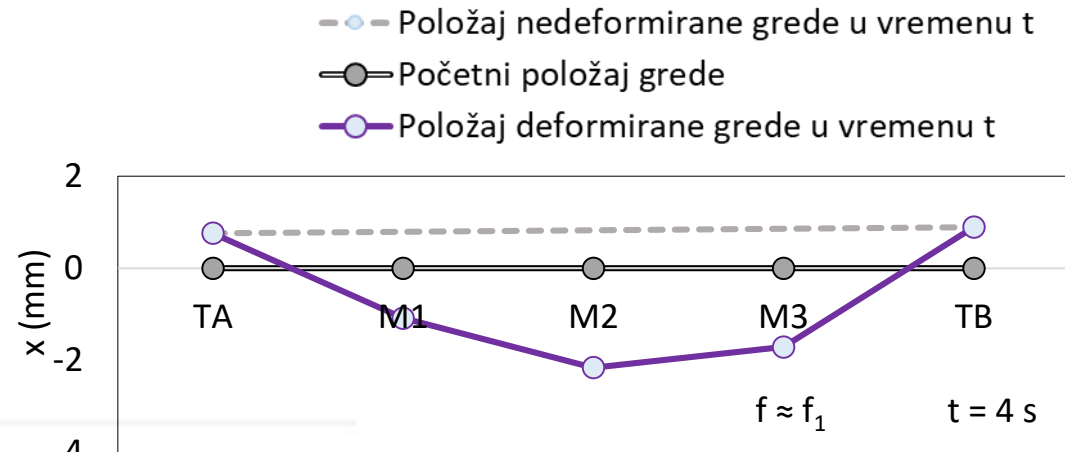
Jednolika pobuda oba oslonca



Rezultati

Jednolika pobuda oba oslonca

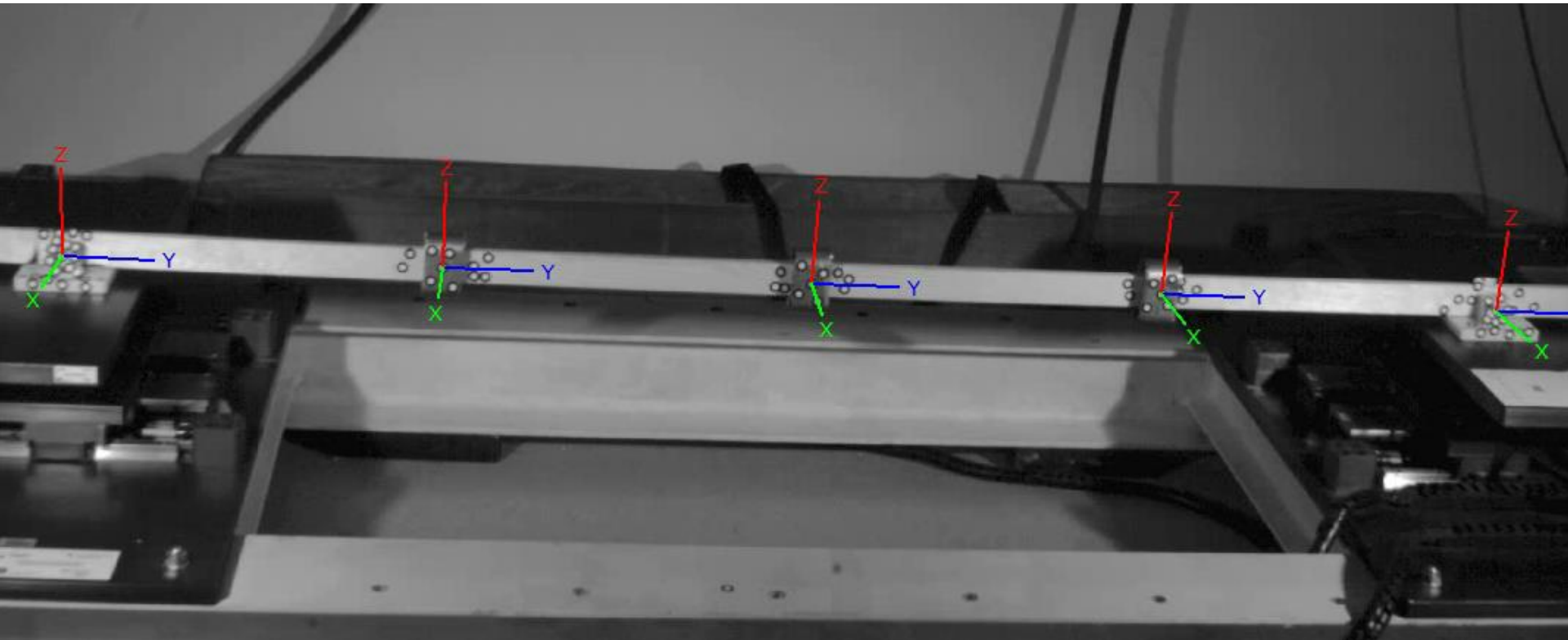
- jednolika pobuda oba oslonaca sustava s tri mase
- kombinacije s različitim omjerima tri oblika osciliranja
- frekvencija pobude blizu vlastite frekvencije nekog od tri tona -> taj ton dominira
- jasno je vidljiv svaki od tri oblika osciliranja grede kada je ona pobuđena harmonijskom funkcijom s frekvencijom približnom pojedinoj vlastitoj frekvenciji



Oblici grede uslijed jednolike sinusoidalne pobude oba oslonca funkcijom $u(t) = u_0 \sin(2\pi ft)$

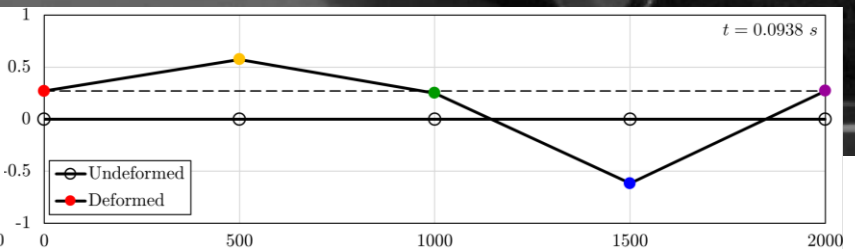
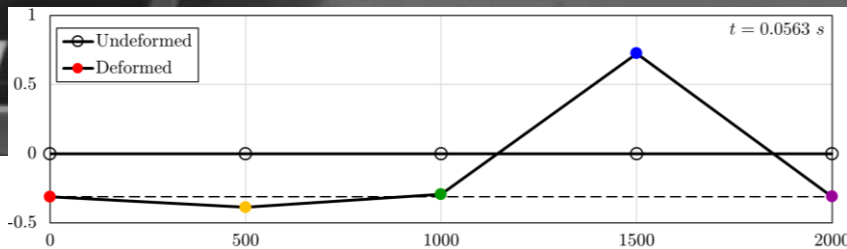
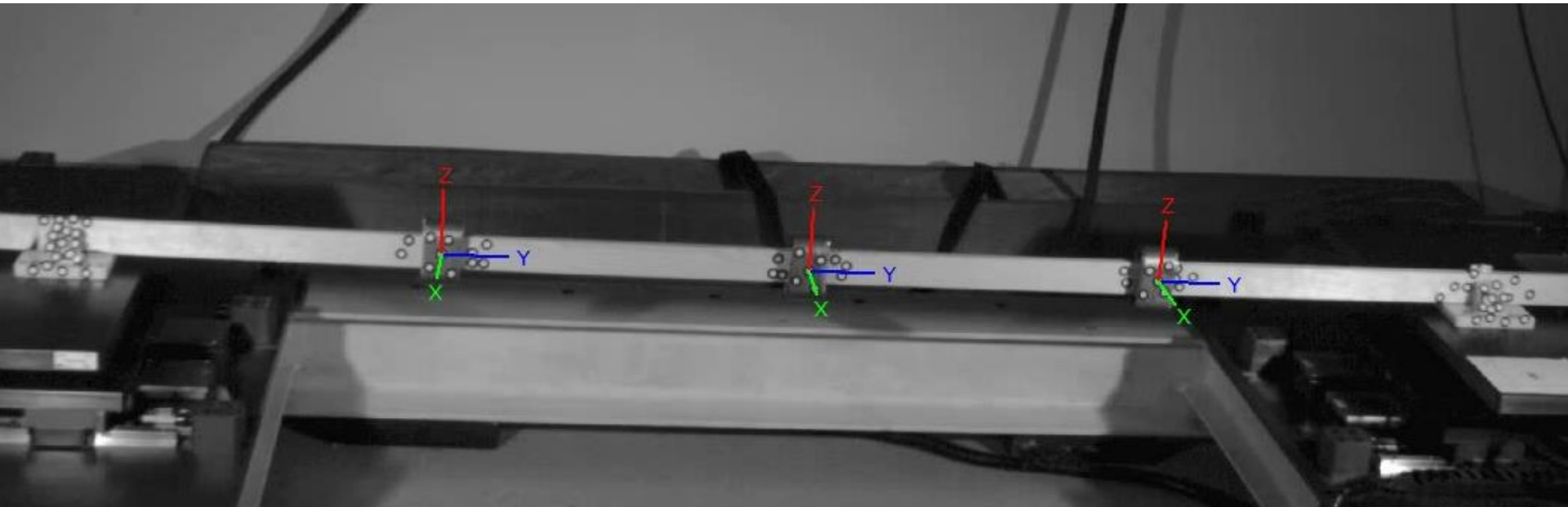
Rezultati

Jednolika pobuda oba oslonca



Rezultati

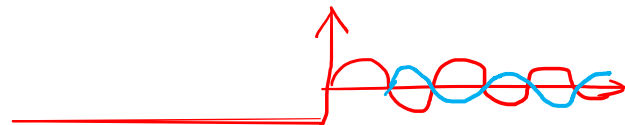
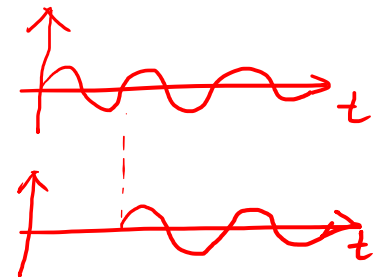
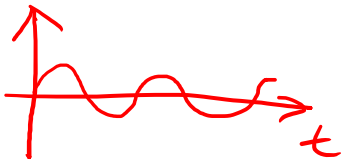
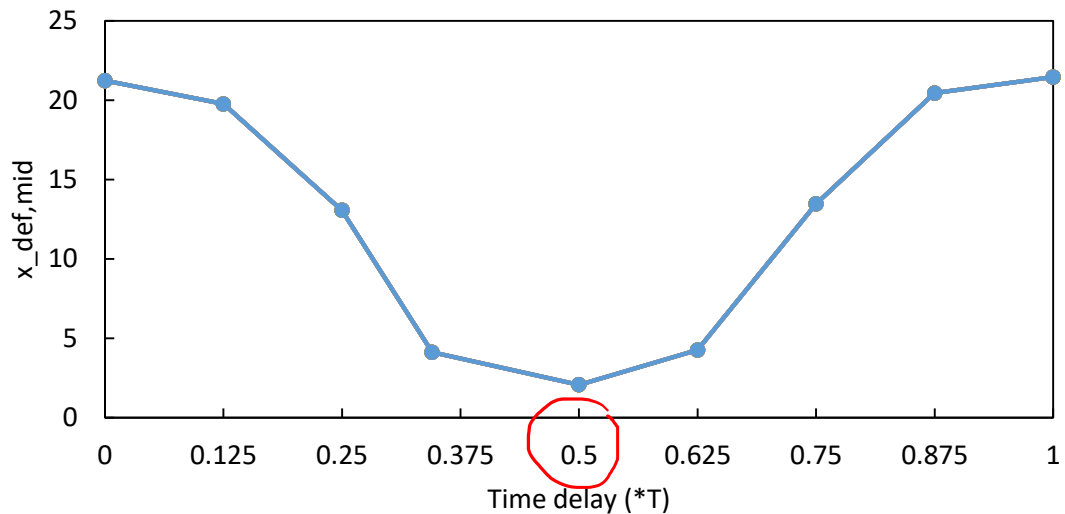
Nejednolika harmonijska pobuda oslonaca



Rezultati

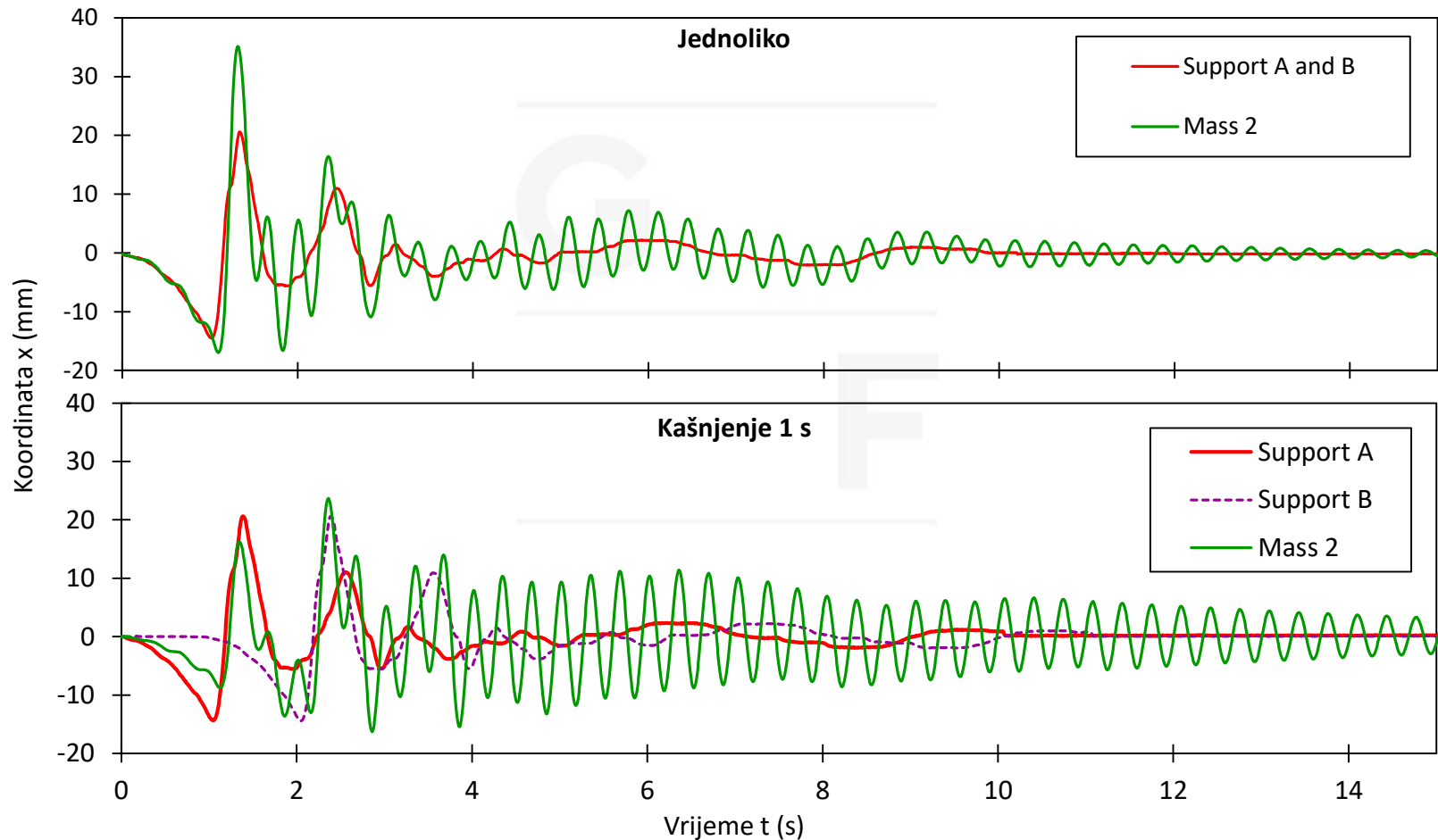
(Ne)jednolika harmonijska pobuda oslonaca

1. oblik osciliranja



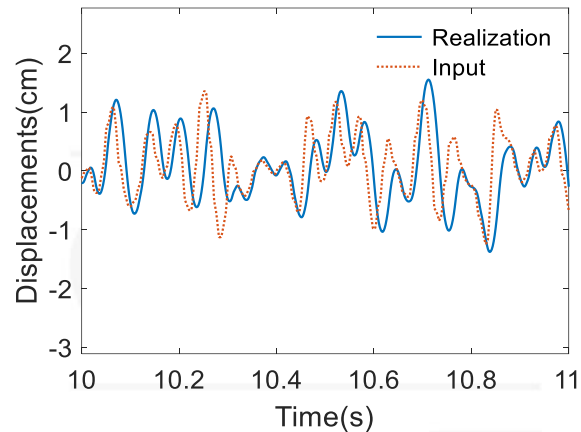
Rezultati

(Ne)jednolika pobuda oslonaca – potresni zapis Northridge 1994



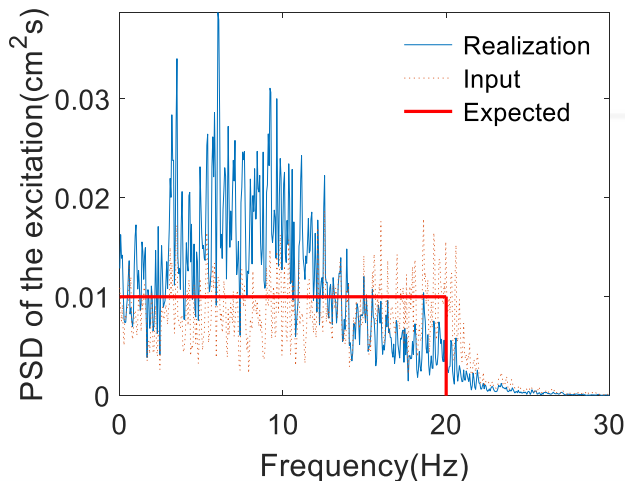
Rezultati

Možemo li u laboratoriju dovoljno točno simulirati potrese koji su se dogodili?

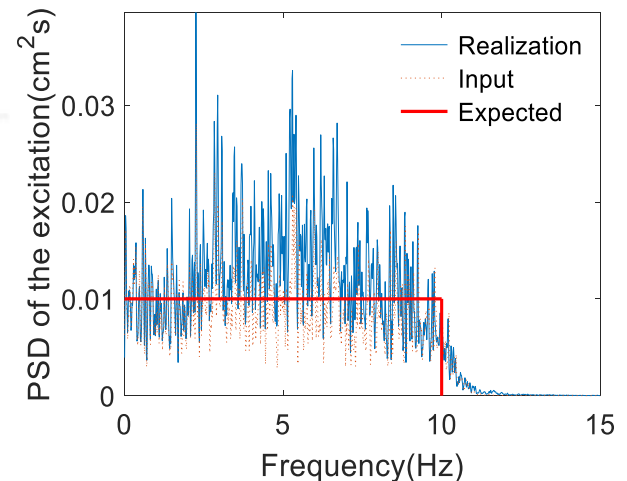


Testovi ponašanja potresnog stola (bez modela na njemu) s zadanom funkcijom pobude *white noise*...

...do 20 Hz:

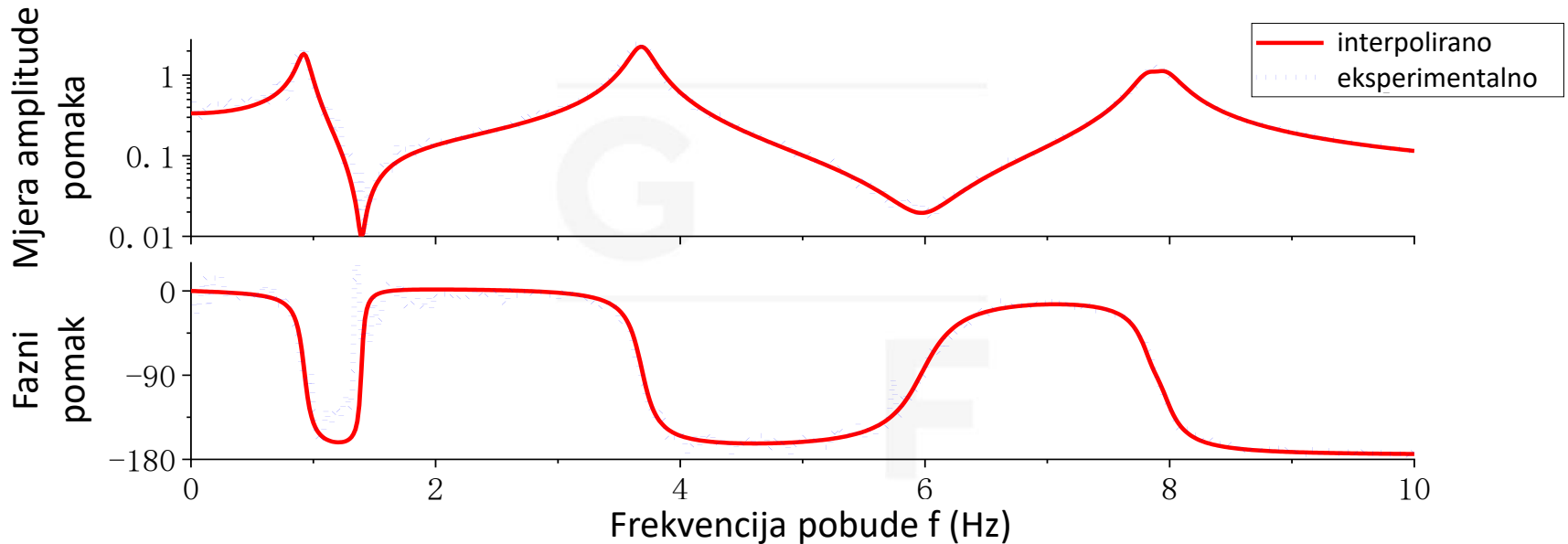


...do 10 Hz:



Rezultati

Karakteristike modela grede (*sinewave* funkcija pobude):



Modes	Frequency fitting	
	Frequency(Hz)	Damping ratio
1 st mode	0.91	0.049
2 nd mode	3.66	0.027
3 rd mode	7.88	0.018

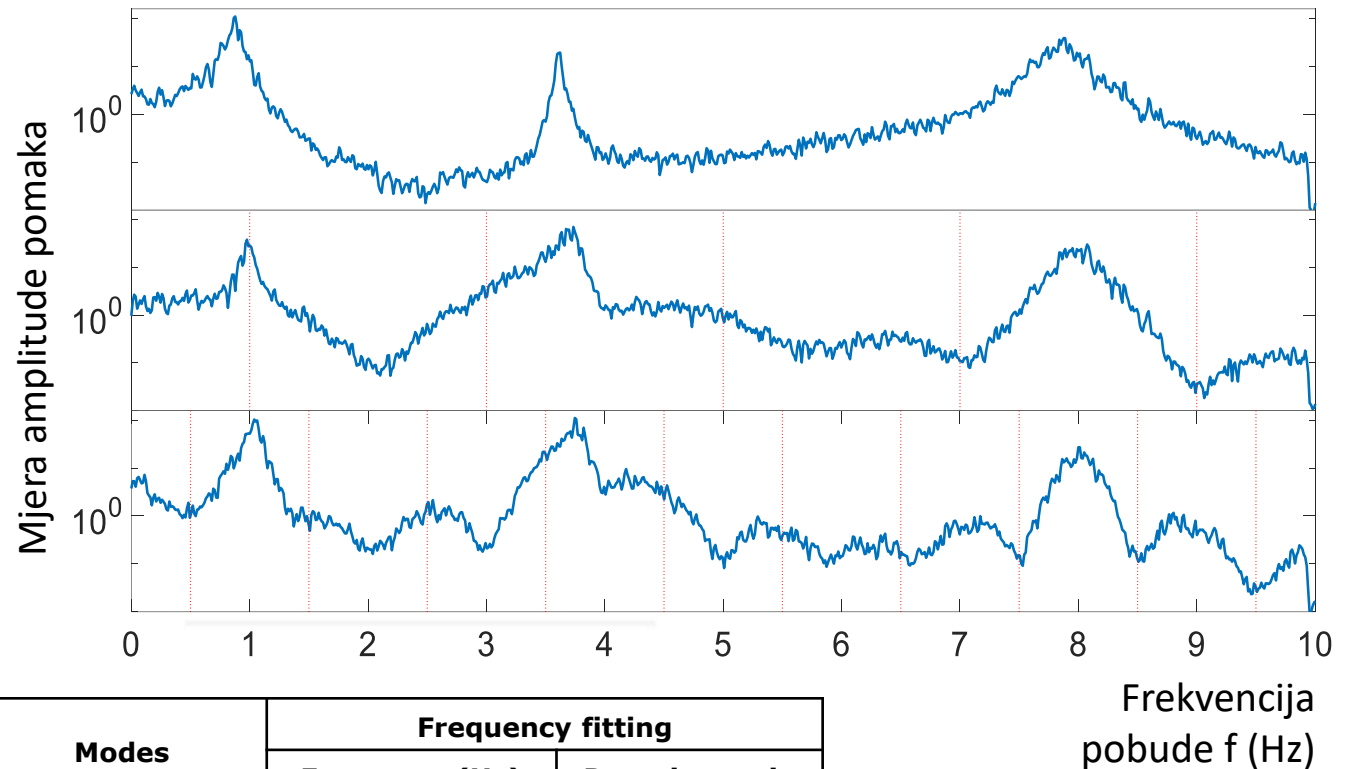
Rezultati

Dinamički odgovor na pobudu *white noise* do 10 Hz (spektralna analiza za m_1):

**Jednolika pobuda
oslonaca**

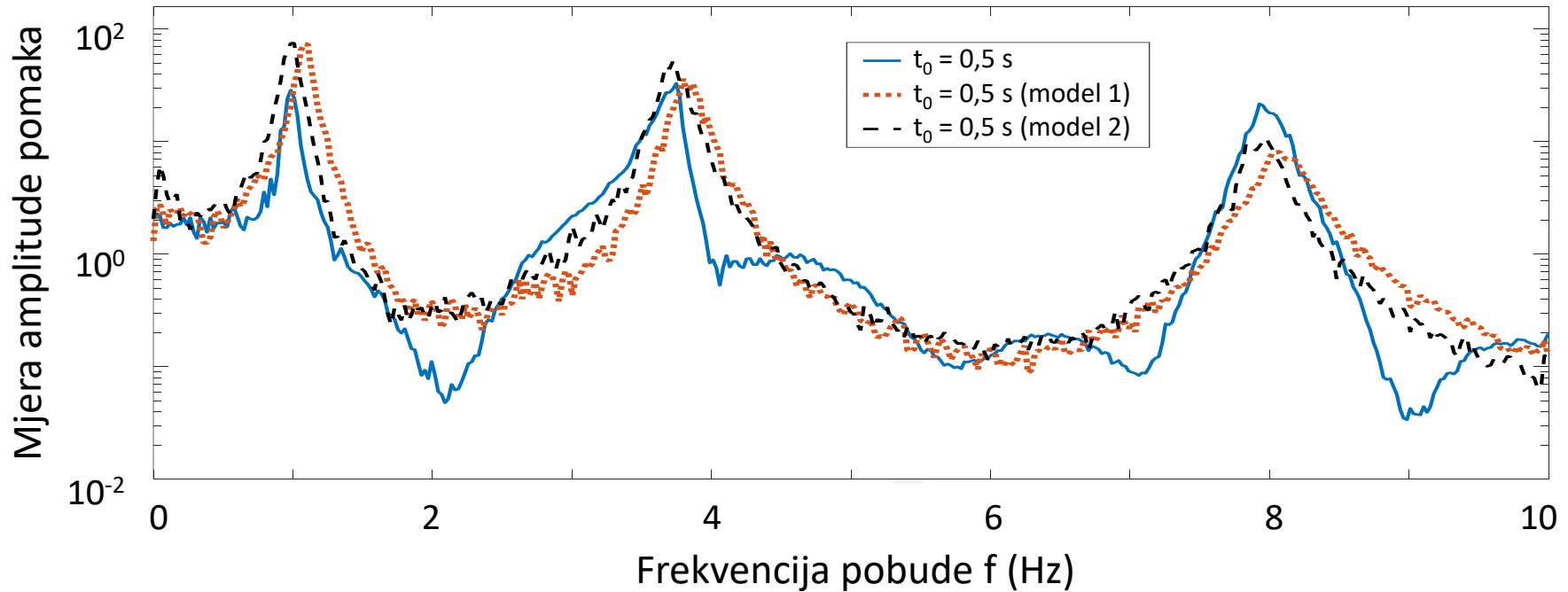
**Kašnjenje pobude
oslonca B od 0,5 s**

**Kašnjenje pobude
oslonca B od 1 s**



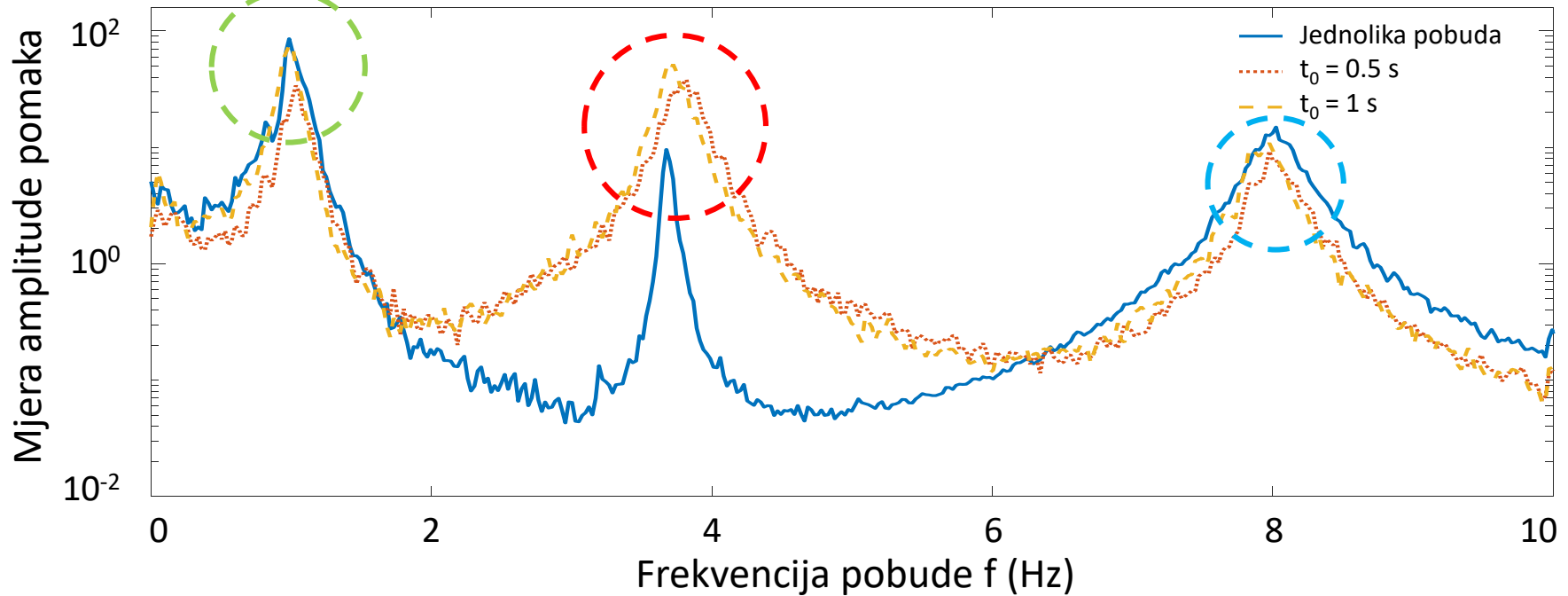
Modes	Frequency fitting	
	Frequency(Hz)	Damping ratio
1 st mode	0.91	0.049
2 nd mode	3.66	0.027
3 rd mode	7.88	0.018

Rezultati



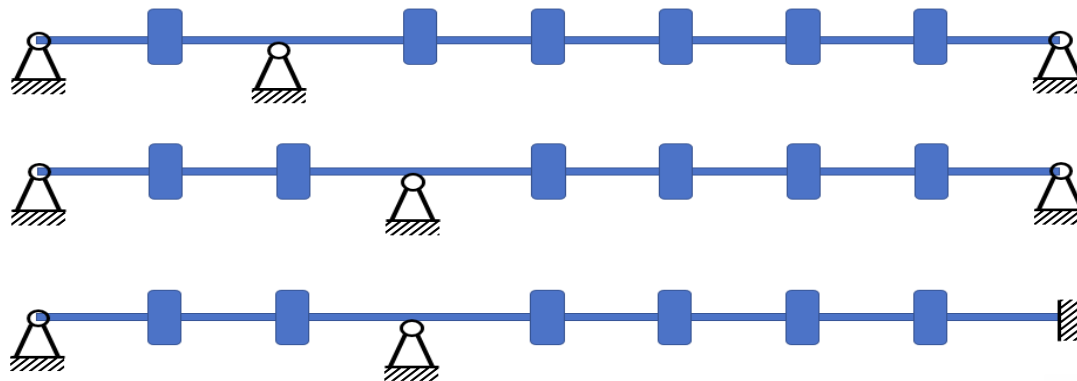
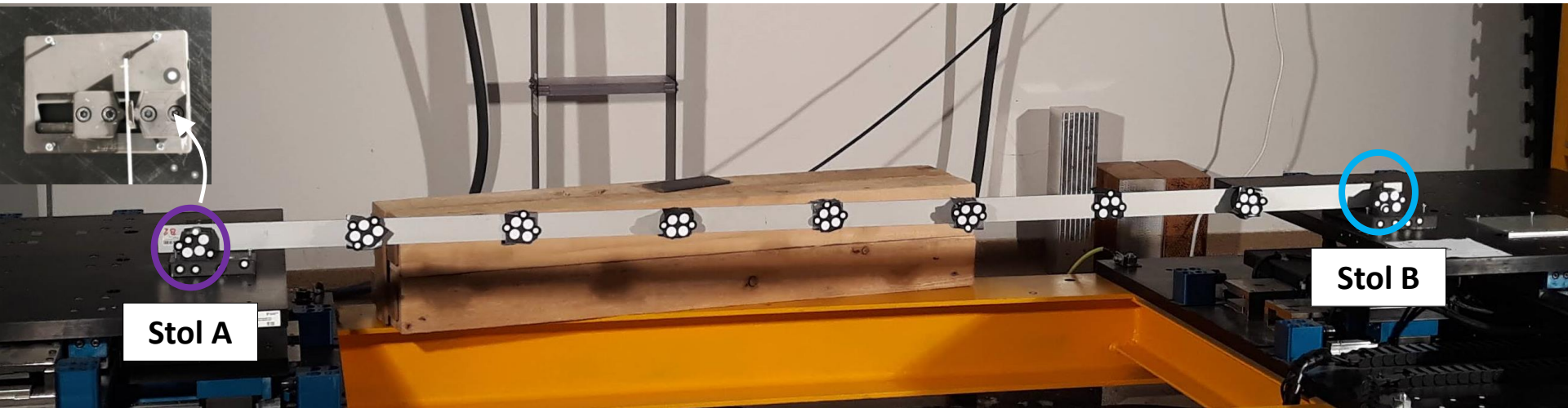
Modes	Frequency fitting	
	Frequency(Hz)	Damping ratio
1 st mode	0.91	0.049
2 nd mode	3.66	0.027
3 rd mode	7.88	0.018

Rezultati



Modes	Frequency fitting	
	Frequency(Hz)	Damping ratio
1 st mode	0.91	0.049
2 nd mode	3.66	0.027
3 rd mode	7.88	0.018

Što dalje?



Shema planiranih eksperimentalnih postava