



**Sveučilište u Splitu**  
**Fakultet elektrotehnike strojarstva i brodogradnje**



**SEMINAR ZNANSTVENIH NOVAKA/ASISTENATA**

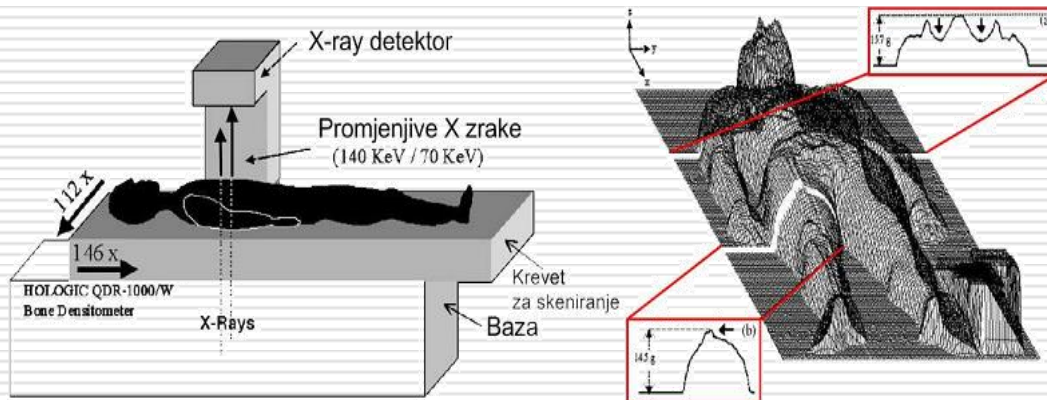
# **Razvoj 3D skenera za primjene u biomehanici**

**dr.sc. Ivo Stančić, dipl. ing.**



# Antropometrija

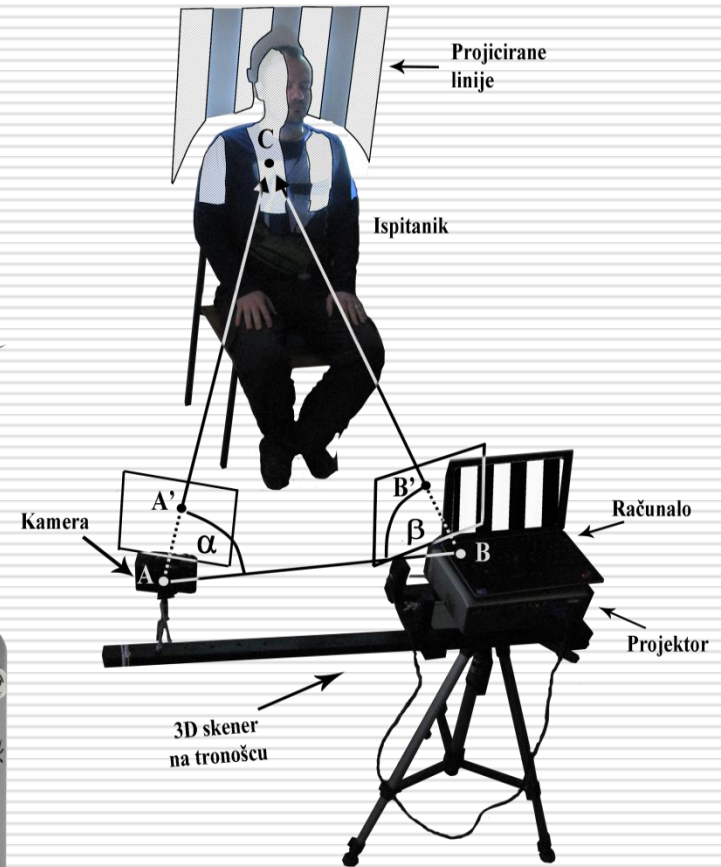
- Grana antropologije
  - Fizičko mjerenje dimenzija ljudskog tijela
  - Mase, lokacija CM, momenti inercije, radijus rotacije
- Antropometrijske tablice
- Različita morfologija tijela
- Metode ručnog mjerenja
  - Točnost
  - Ponovljivost
- Moderne metode mjerenja
  - Medicinski dijagnostički uređaji
  - Zračenje
    - $\gamma$ -ray skener
    - DXA skener
    - Magnetska rezonanca (MRI)
- Optoelektroničke metode mjerenja





# Antropometrija – 3D skener

- 3D skener
- Stereovizijski sustav
  - Video projektor aktivni senzor
  - Digitalna kamera pasivni senzor
- Skeniranje kompleksne površine
  - ~2s trajanje skeniranja
- Parovi (A',B')
- Triangulacija





# Svojstav 3D skenera

---

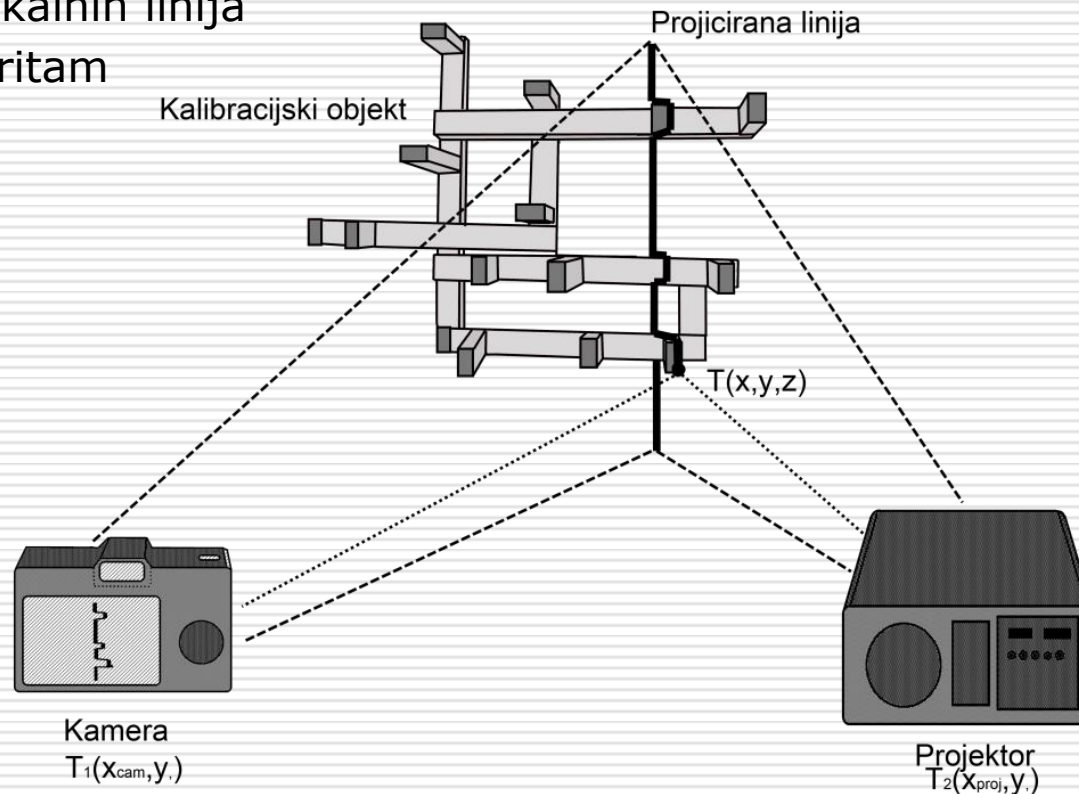
- 3D skener
- Stereovizijski sustav
  - Video projektor aktivni senzor
    - Optoma EP 739
    - 1024 x 768
    - Prelijevanje piksela
  - Digitalna kamera pasivni senzor
    - Canon G9
    - 640 x 480
    - Prelijevanje piksela
- 512 x 512 točaka
- Skeniranje u  $\sim 2$  s





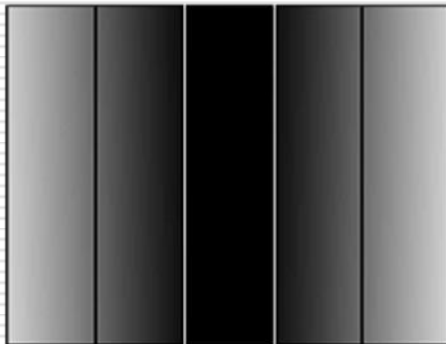
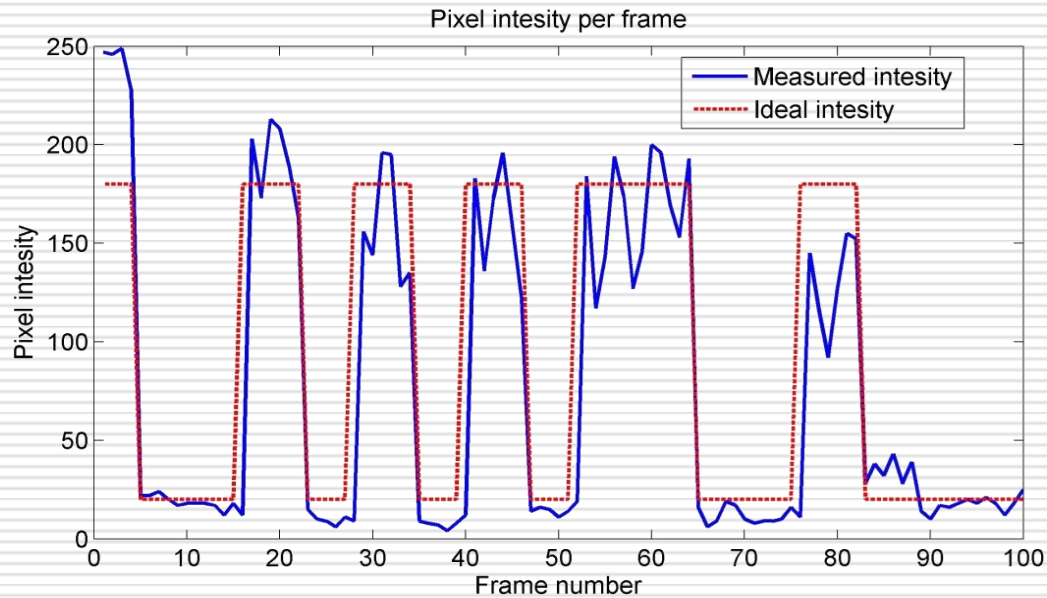
# Antropometrija – rekonstrukcija površine

- Rekonstrukcija
  - 512 vertikalnih linija
  - DLT algoritam

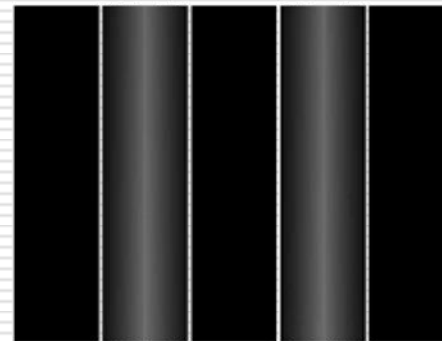




# Detekcija i prelijevanje piksela – 3D skener



Projicirana jedna linija



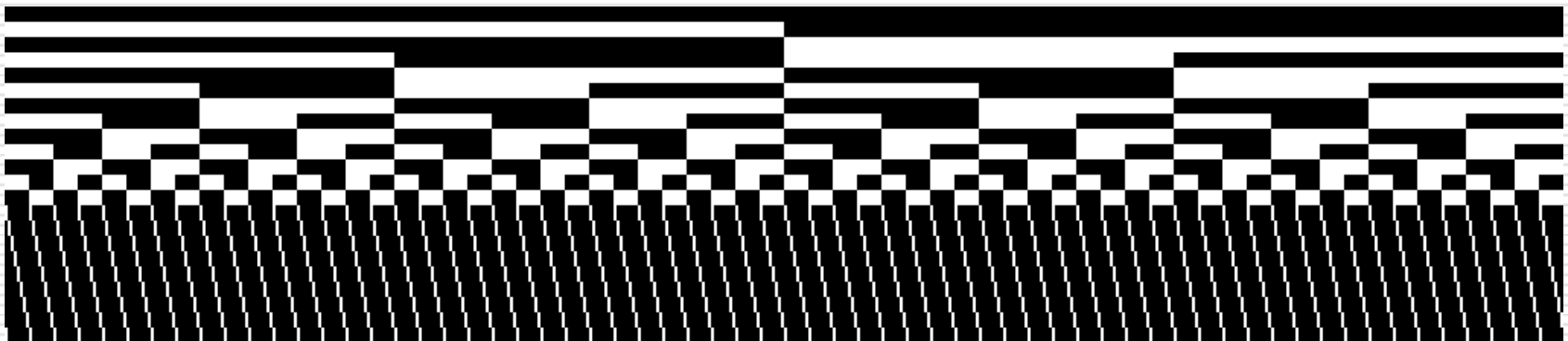
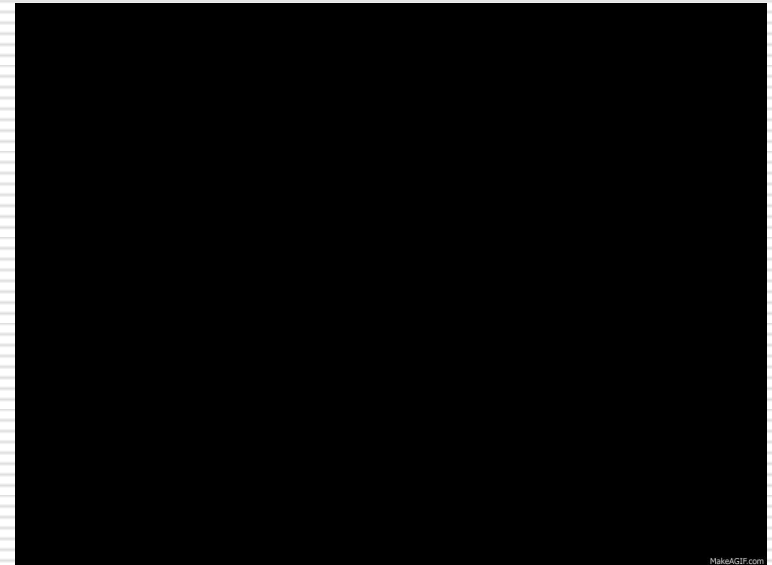
Projicirana serija linija



# Strukture

---

- Binarno kodiranje područja
  - Komplementi
  - 16 piksela
- Vertikalne linije
  - 8 pomaka

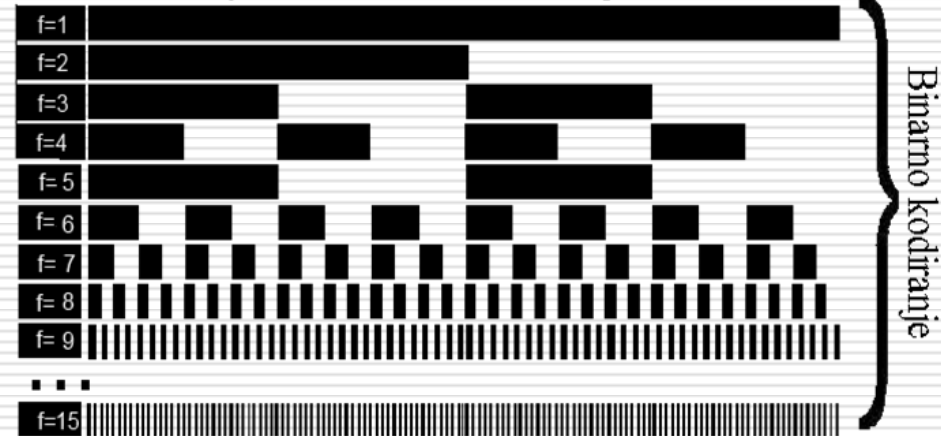




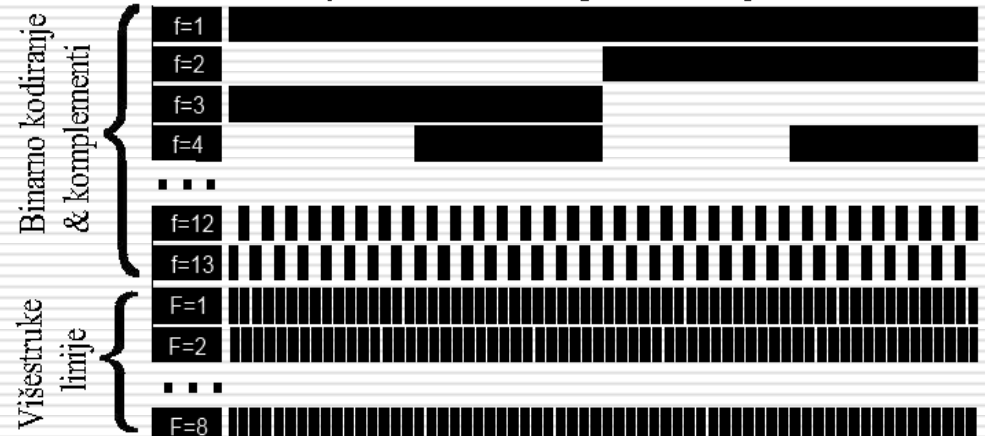
# Antropometrija – 3D skener

- Vertikalne linije
- Binarno kodiranje
- Nove strukture
- Strukture (f=1...13)
  - Komplementi
- Kodiranje linija
  - Linije (F=1..8)
- Robusnost skenera
- Klasifikacija piksela
  - Direktno osvjetljeni  
( $I_{(x,y)} \gg \bar{I}_{(x,y)}$  ili  $I_{(x,y)} \ll \bar{I}_{(x,y)}$ )
  - Osvjetljeni refleksijom  
( $I_{(x,y)} \approx \bar{I}_{(x,y)}$ )
  - Nisu osvjetljeni  
 $I_{(x,y)} = \bar{I}_{(x,y)} \approx 0$

Projicirane strukture klasičnog skenera



Projicirane strukture predloženog sustava





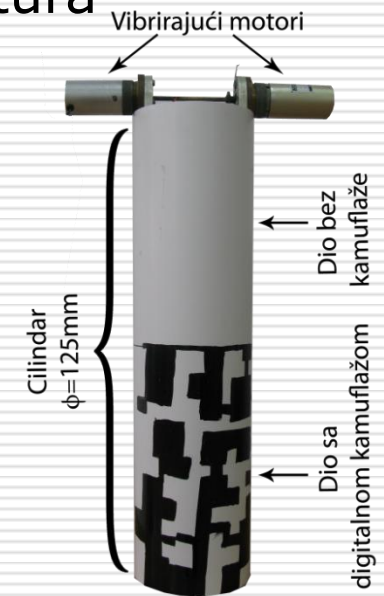


# Antropometrija - svojstva skenera

	Standardna Struktura		Nova Struktura	
Etalon	50 mm	100 mm	50 mm	100 mm
Srednja	-1.859	-1.81	0.678	-0.698
STD	1.929	2.077	2.29	1.761
RMSE	2.656	2.723	2.384	1.884

- Test točnosti
  - MASI komplet etalona
- Usporedba sa klasičnom
- Otpornost na male pomake
- Tekstura

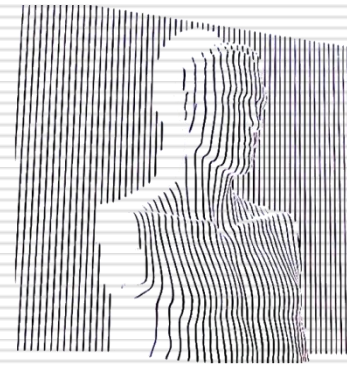
[pogreška u mm]		Stara Struktura	Nova Struktura	Stara Struktura	Nova Struktura
Vibracija		Ne	Ne	Da	Da
Bez kamuflaže	Srednja	-0.444	-0.124	-0.927	-0.496
	STD	0.396	0.235	0.545	0.334
	RMSE	0.594	0.265	1.075	0.598
Kamuflaža	Srednja	-3.518	2.347	-5.356	3.78
	STD	1.232	1.074	1.173	1.19
	RMSE	3.724	2.578	5.481	3.96



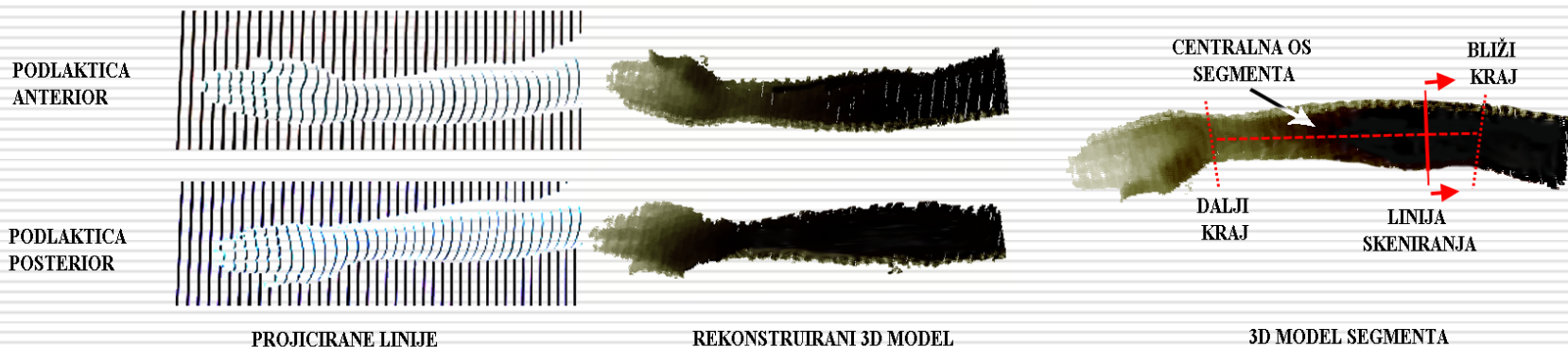


# Antropometrija – izrada 3D modela

- Rekonstrukcija površine
  - 10 000 do 15 000 točaka
  - Filtriranje površine
  - Izrada modela
- Prepoznavanje segmenta
  - Izračun distribucije volumena



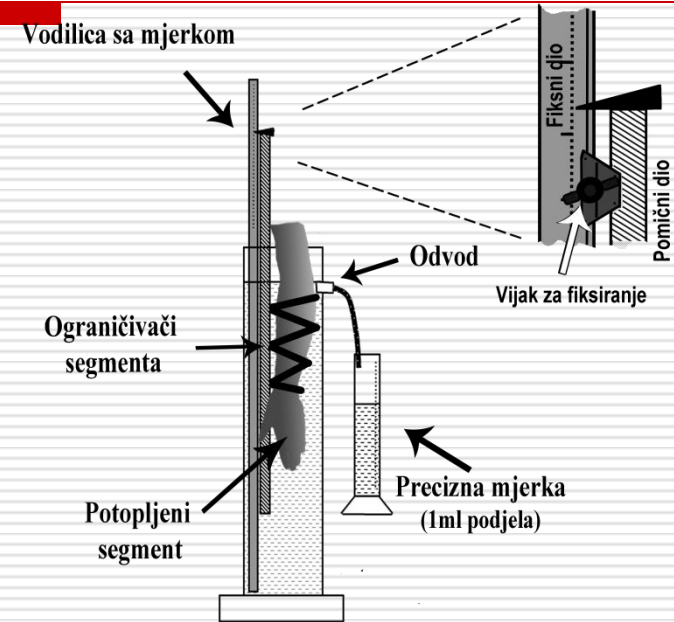
Torzo





# Antropometrija - mjerenje

- Mjerenje
  - Umjetni segment
  - Ispitanici
- Metoda uranjanja
- 3D skener
- Antropometrijske tablice

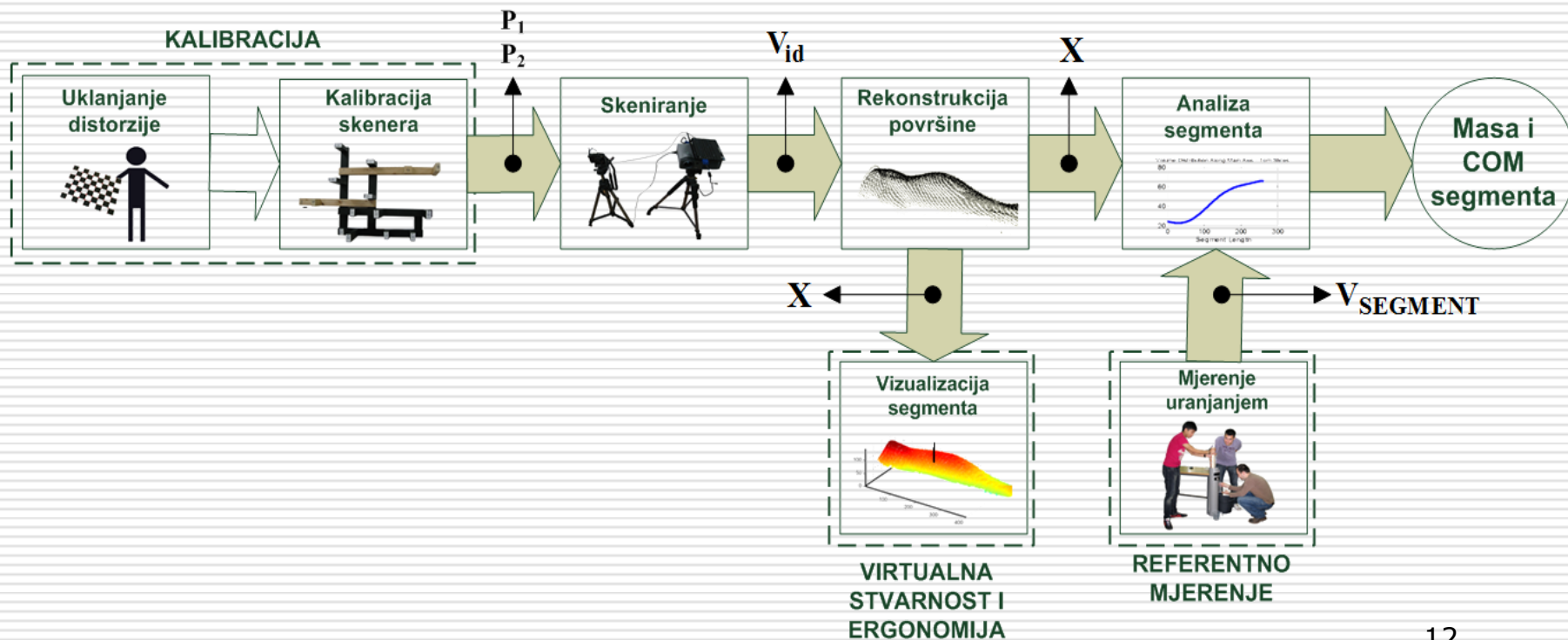


- Metoda uranjanja
  - Klasična ručna metoda mjerenja
  - Mjerenje volumena istisnute tekućine
  - Kontrolirano uranjanje
  - Volumna distribucija



# Antropometrija - mjerenje

- Priprema za mjerenje
- Mjerenje
- Analiza rezultata





# Antropometrija – rezultati

## ☐ Uranjanje

☐ Referentno

## ☐ DeLeva (tablice)

0.0138 kg +/- 0.2038 kg

1.062 cm +/- 1.094 cm

## ☐ 3D skener

**0.140 ml +/- 3.67 ml za 1cm**

0.0063 kg +/- 0.0396 kg

0.062 cm +/- 0.563 cm

		Ispitanici							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Masa segmenta	Uranjanje	1.03	0.89	0.76	1.04	1.12	0.96	1.74	1.20
	3D skener	0.98	0.87	0.79	1.09	0.99	0.97	1.68	1.22
	de Leva	1.29	0.8	0.72	1.36	1.04	0.88	1.43	1.33
Položaj CM	Uranjanje	16	17.5	15.5	16	16	16	16.5	15
	3D skener	16.5	18	15	16	15	16.5	16	15
	de Leva	15.09	14.47	13.76	15.67	14.41	14.58	15.76	15.09

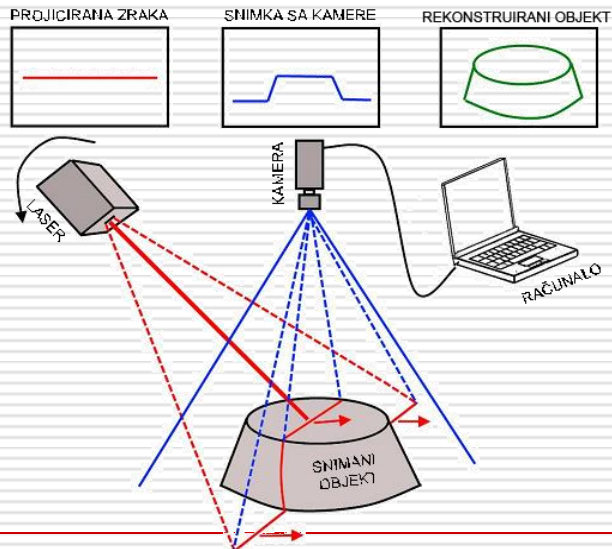


Hvala na pozornosti!

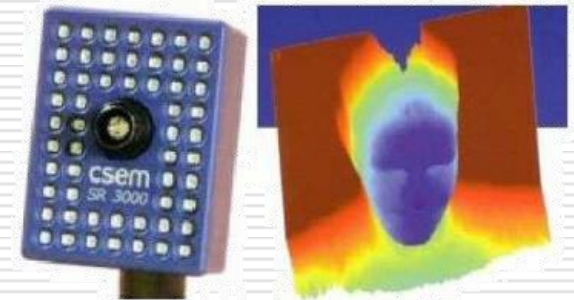


# Antropometrija – pregled metoda

- Optičko mjerenje
  - Skener sa višestrukim kamerama
  - Laserski skeneri
  - Svjetlosne strukture
- Promjene osvjetljenja
- Geometrija objekta



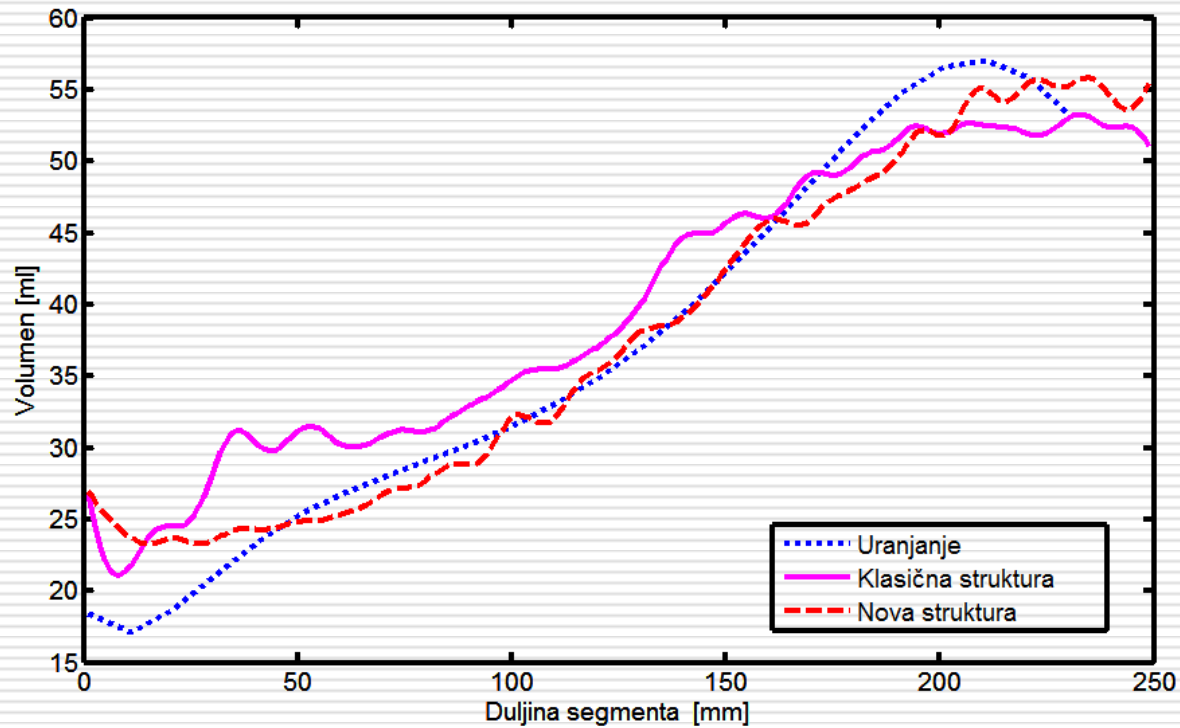
- Eksperimentalne metode
  - Radio skener
  - 3D kamera (TOF skener)





# Antropometrija – usporedba struktura

- U radnim uvjetima
  - Živi ispitanik
  
- Klasična struktura
  - Veća razina šuma
  - Manja rezolucija
  - **RMSE 4.59 ml**
  
- Nova struktura
  - **RMSE 3.42 ml**
  - **34% poboljšanje**
  - **17 % točnije određivanje mase segmenta**







# Antropometrija – ispitanici

---

## □ Ispitanici

- 8 ispitanika
- Indeks tjelesne mase (BMI)
- Različite morfologije tijela

## □ Nehotični pomaci tijela

- Neočekivano izlivanje tekućine
- Pogreške skenera
- Imobiliziranje segmenta

	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	Prosjek
Starost	25	22	21	26	23	22	25	24	23.5 ± 1.8
Spol	M	Ž	Ž	M	M	Ž	M	M	M=63%, Ž=27%
Visina	1.80	1.77	1.66	1.87	1.72	1.76	1.88	1.80	1.78 ± 0.07 m
Masa	80	58	52	84	64	64	88	82	71.7 ± 13.55 kg
BMI	24.69	18.51	18.87	24.02	21.63	20.66	24.89	25.3	22.32 ± 2.77