



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA GRAĐEVINARSTVO I GEODEZIJU
GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA



INTEGRISANI SISTEMI PREMERA

Robotizovane totalne stanice i multistanice

Doc. dr Mehmed Batilović, mast. inž. geodez.

Novi Sad, 2023/2024

1

Integrisani sistemi premera

- Integracija različitih komponenti u jedinstven sistem.
- Komponente:
 - senzori;
 - sistem za integraciju;
 - komunikacija;
 - korisnik.
- Senzori se mogu podeliti u tri grupe:
 - geodetski senzori – totalne stanice, niveliri, GNSS prijemnici, laserski skeneri;
 - geotehnički senzori – ekstenziometri, inklinometri, akcelerometri, piezometri, žiroskopi, magnetometri;
 - ostali senzori – meteorološki senzori, foto senzori, anemometri, kompenzatori.

2

Integrirani sistemi premera

- Sistemi za integraciju mogu biti hardverski i softverski.
- Komunikacija može biti žičana, bežična i kombinovana.
- Standardi – ISO (*International Organization for Standardization*), OGC (*Open Geospatial Consortium*), NMEA (*National Marine Electronics Association*), RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*), RS-232 i slično.
- Korisnici na različitim nivoima:
 - osnovni;
 - napredni;
 - razvoj;
 - istraživanje.

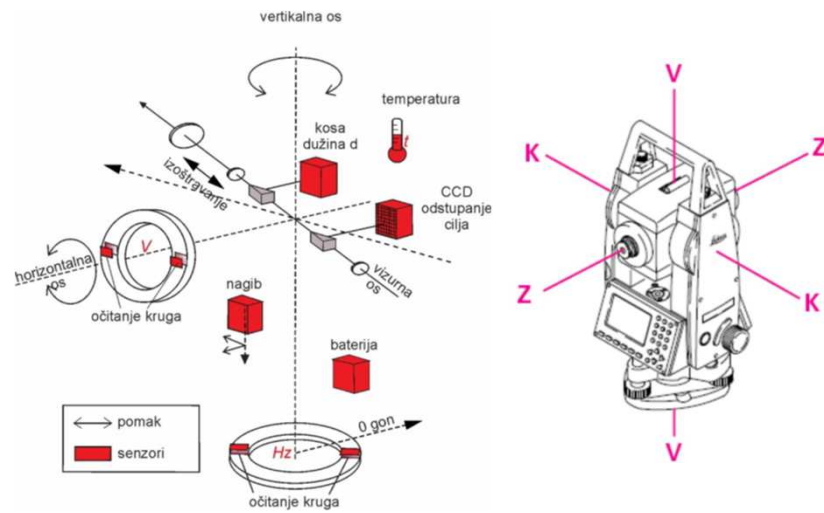
3

Totalne stanice

- Osnovne komponente klasične totalne stanice su:
 - elektronski teodolit;
 - elektronski daljinomer;
 - mikroprocesor.
- U novije vreme razvijene su robotizovane totalne stanice i multistanice koje pored osnovnih komponenti poseduju:
 - daljinomer za merenje dužina bez upotrebe reflektora;
 - sistem za automatsko prepoznavanje, praćenje i traženje cilja;
 - motore koji omogućavaju rad u robotizovanom modu;
 - sistem za integraciju sa GNSS prijemnikom;
 - laserski skener i digitalnu kameru.

4

Komponente i ose totalnih stanica



Šematski prikaz rasporeda osa i komponenti totalne stanice

5

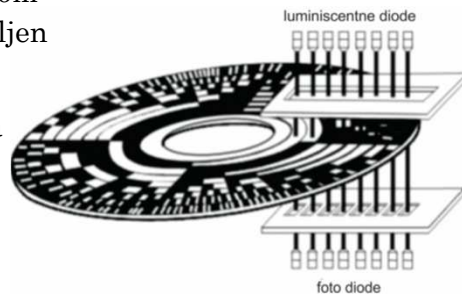
Totalne stanice

- Totalna stanica treba da zadovolji sledeće kriterijume:
- upravnost horizontale ose (obrtne ose durbina) i vertikalne ose (alhidadine ose);
 - upravnost vizurne ose i horizontale ose (obrte ose durbina);
 - upravnost ose cevaste libele i vertikalne ose (alhidadine ose);
 - paralelnost ose centrične libele i vertikalne ose (alhidadine ose);
 - centričnost i upravnost kruga za merenje horizontalnih uglova na vertikalnu osu (alhidadinu osu);
 - centričnost i upravnost kruga za merenje vertikalnih uglova na horizontalnu osu (obrtnu osu durbina).

6

Principi merenja uglova

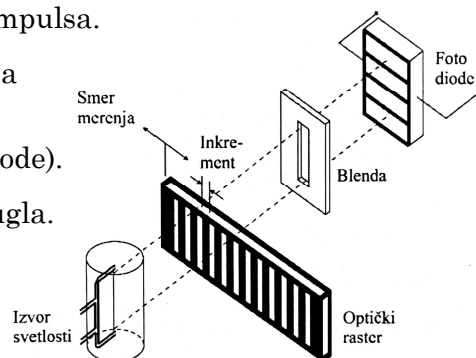
- Kod totalnih stanica novije generacije upotrebljavaju se kodirani i inkrementalni limbovi.
- Očitavanje horizontalnih i vertikalnih uglova vrši se na dva načina, statički i dinamički.
- Kodirani limbovi – svakom uglovnom položaju dodeljen je jednoznačan kod.
- Optički način očitavanja pomoću fotoćelija – kombinacija fotodiode i luminiscentne diode.



7

Principi merenja uglova

- Inkrementalni limbovi – podela se sastoji od naizmeničnih polja (inkremenata).
- Princip očitavanja zasniva se na sabiranju inkremenata davanjem električnih impulsa.
- Optički način očitavanja pomoću niza fotoćelija (luminiscentne i foto diode).
- Dinamičko očitavanje ugla.



8

Principi merenja uglova

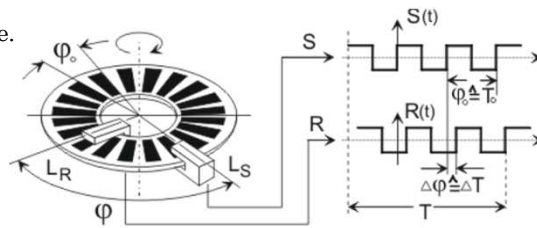
- Dinamički postupak merenja uglova – inkrementalni limb, statična fotoćelija L_S i pokretna fotoćelija L_R .
- Merenje ugla počinje rotacijom inkrementalnih limbova koje motor automatski pokreće (3 obrtaja u sekundi).
- Fotoćelije L_S i L_R registruju signale $S(t)$ i $R(t)$.
- Merenje ugla zasniva se na merenju vremena Δt .

Vrednosti t_0 i φ_0 su poznate.

$$t = nt_0 + \Delta t$$

$$\varphi = n\varphi_0 + \Delta\varphi$$

$$\frac{\Delta\varphi}{\varphi_0} = \frac{\Delta t}{t_0} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\varphi_0}{t_0} \cdot \Delta t$$



9

Principi merenja dužina

- Elektronski daljinomeri se prema načinu rada mogu podeliti na:
 - impulsne;
 - fazne.
- Elektronski daljinomeri se prema tipu nosećeg signala mogu podeliti na:
 - elektrooptičke – koriste svetlosne i infracrvene talase;
 - mikrotalasne – koriste radio talase.
- Impulsni metod – predajnik emituje elektromagnetne oscilacije u obliku vrlo kratkih impulsa, koji se odbijaju od cilja (reflektora) i vraćaju nazad do prijemnika.

10

Principi merenja dužina

- Meri se vreme putovanja impulsa od predajnika do cilja (reflektora) i nazad Δt , na osnovu čega se određuje dužina:

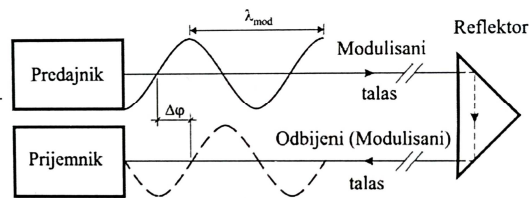
$$D = \frac{\bar{v}}{2} \cdot \Delta t,$$

gde je \bar{v} srednja brzina putovanja talasa duž putanje.

- Fazni metod zasniva se određivanju fazne razlike emitovanog i povratnog signala.

$$D = N \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

N – broj celih talasnih dužina λ



11

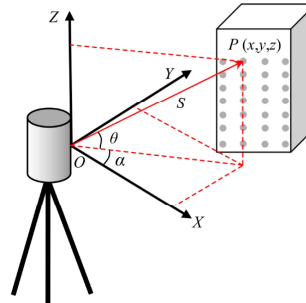
Principi merenja dužina

- Sa aspekta upotrebe reflektora pri merenju dužina razlikujemo:
 - daljinomere kod kojih upotreba reflektora nezaobilazna;
 - daljinomere koji mogu meriti dužine bez upotrebe reflektora.
- Daljinomeri koji mere dužinu bez reflektora bazirani su na impulsnoj metodi merenja dužina.
- Kod ovih daljinomera u postupku merenja emituju se svetlosni impulsi izrazito visoke energije u poređenju sa faznim daljinomerima.
- Usled visoke energije dolazi do većeg reflektovanja signala što omogućava lakše otkrivanje odbijenog signala.

12

Princip rada laserskog skenera

- Laserski skeneri su aktivni senzori koji emituju laserske zrake koji se odbijaju od objekta koji je predmet skeniranja i vraćaju nazad u laserski skener.
- Rastojanje od skenera do svake tačke na objektu od koje se reflektovao laserski zrak određuje se impulsnom ili faznom metodom.
- Na osnovu merene dužine i uglova, pozicije i orijentacije skenera u okviru stanice određuju se 3D koordinate tačaka objekta od kojih su reflektovani laserski zraci, koje čine oblak tačaka.



13

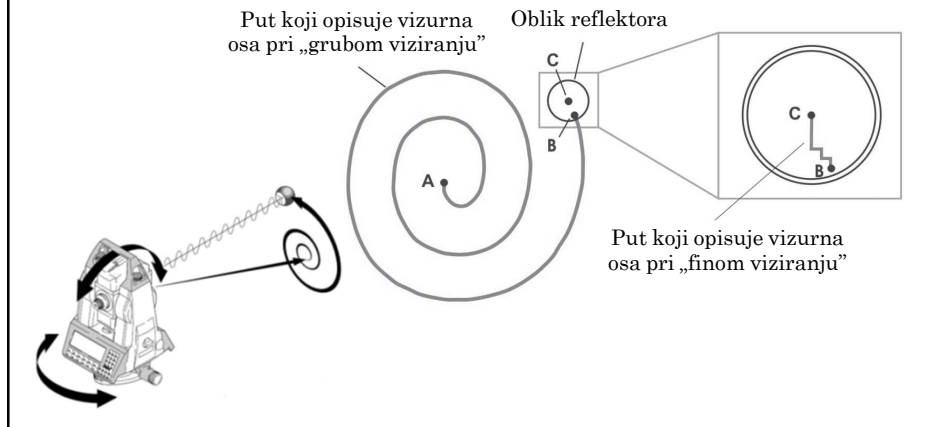
Automatsko prepoznavanje cilja

- Totalne stanice najnovije generacije poseduju sistem za automatsko prepoznavanje cilja (APC) koji se sastoji od automatskog viziranja cilja (AVC) i automatskog praćenja cilja (APC).
- Sistem za automatsko traženje cilja (ATC) je sastavni deo sistema za prepoznavanje cilja.
- Totalne stanice koje poseduju APC sistem potpuno su autonomne.
- U prošlosti je AVC sistem bio baziran na principu detekcije maksimalnog intenziteta povratnog signala.
- Današnji AVC sistemi koriste CCD (*Charged Coupled Device*) i CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) kamere i senzore.

14

Princip detekcije maksimalnog intenziteta

➤ Operater vrši okretanje durbina prema cilju, nakon čega sistem vrši „grubo viziranje” a zatim „fino viziranje”.



15

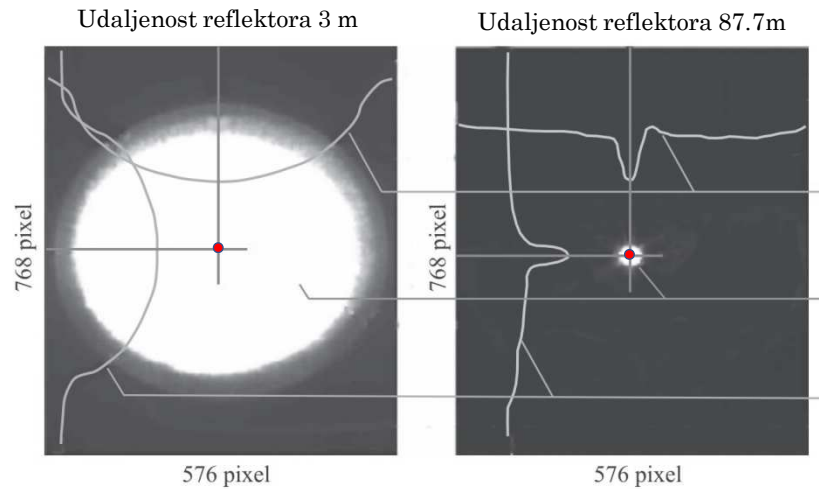
AVC sistem sa CCD i CMOS senzorima

➤ Automatsko viziranje cilja odvija se kroz sledeće faze:

- elektronski daljinomer emituje laserski zrak čiju refleksiju registruje CCD ili CMOS;
- obrada registrovane slike koja podrazumeva detekciju piksela sa najvećim intenzitetom refleksije;
- pozicija piksela sa najvećim intenzitetom refleksije se transformiše u odstupanje cilja od vizurne ose po horizontalnoj i vertikalnoj osi;
- procesor totalne stanice pomoću odgovarajućih motora pomera durbina na središte reflektora, čime je izvršeno približno viziranje;
- fino viziranje sprovodi se ponavljanjem prethodno opisanih koraka.

16

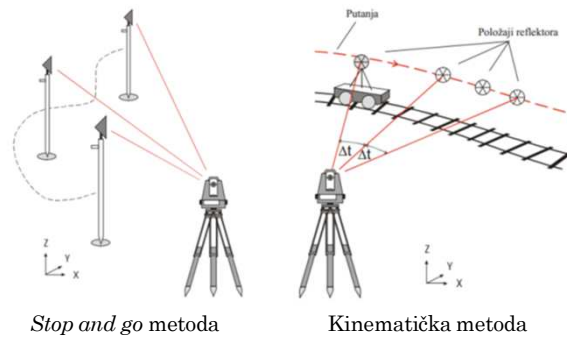
AVC sistem sa CCD i CMOS senzorima



17

Automatsko praćenje cilja

- Automatsko praćenje cilja vrši se pomoću CCD ili CMOS senzora.
- Kod sistema za automatsko praćenje razlikujemo dve metode:
 - *stop and go* metoda – reflektor nepomičan u toku merenja;
 - kinematička metoda – reflektor je u pokretu i tokom merenja.



18

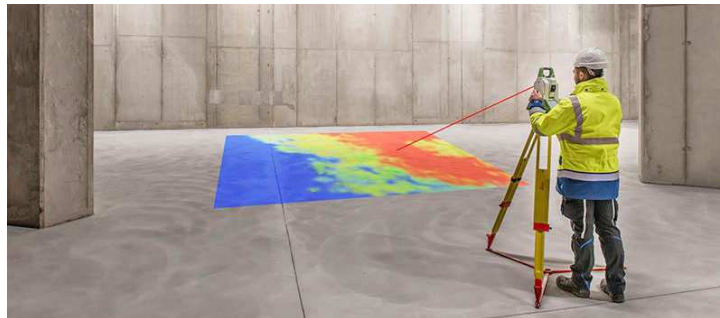
Automatsko traženje cilja

- Najveći problem predstavlja određivanje područja koje treba pretražiti.
- U cilju rješavanja ovog problema proizvođači instrumenata počeli su da pored pasivnih reflektora koriste aktivne reflektore.
- Aktivni reflektor se sastoji od prizme, kontrolne jedinice i uređaja koji emituje elektromagnetne talase.
- Operater aktivira ATC sistem putem kontrolne jedinice reflektora.
- ATC sistem u kombinaciji pasivnim reflektorima – stanica se rotira oko vertikalne ose a ATC sistem emituje laserski snop.
- Kada ATC sistem primi reflektovani signal zaustavlja se rotacija totalne stanice oko vertikalne ose i aktivira rotacija durbina oko horizontalne ose, nakon čega se aktivira sistem za automatsko prepoznavanja cilja.

19

Digitalna kamera

- Digitalna kamera ugrađena u durbinu dodatno unapređuje rad totalne stanice.
- Omogućava precizno viziranje i izradu fotodokumentacije snimljenih tačaka tokom premera.



20

Robotizovane totalne stanice

➤ [Trimble S9](#)



Deklarisana tačnost merenja

Uglovi 0.5"/1"

Dužine 1 mm + 2 ppm
/2 mm + 2 ppm

➤ [Leica Nova TM60](#)



Deklarisana tačnost merenja

Uglovi 0.5"/1"

Dužine 0.6 mm + 2 ppm
/2 mm + 2 ppm

21

Robotizovane totalne stanice



22

Multistanice

➤ [Trimble SX12](#)



Laserski skener	26600 tačaka/s
Deklarisana tačnost merenja	
Uglovi	1"
Dužine	1 mm + 1.5 ppm

➤ [Leica Nova TS60](#)



Laserski skener	30000 tačaka/s
Deklarisana tačnost merenja	
Uglovi	1"
Dužine	1 mm + 1.5 ppm

23

Oblasti primene

- Premer, obnova i održavanje premera.
- Inženjerska geodezija
 - Akvizicija geoprostornih podataka za potrebe izrade geodetskih podloga za projektovanje.
 - Uspostavljanje geodetskih mreža inženjerskih objekata.
 - Obeležavanje geometrije objekta u toku izgradnje.
 - Računanje površina i zapremina u građevinarstvu i rudarstvu.
 - Kontrola geometrije konstruktivnih elemenata.
 - Geodetski monitoring pomeranja i deformacija inženjerskih objekata i delova površi Zemljine kore.
 - Geodetsko snimanje izvedenog stanja objekta.

24

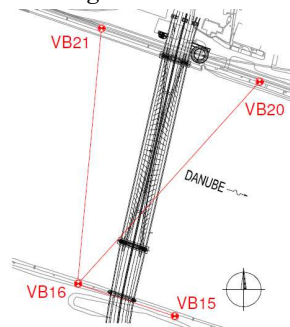
Automatizovani sistem za monitoring deformacija mosta Apollo u Bratislavi

- Automatizovani sistem za monitoring pomeranja i deformacija mosta Apollo sastoji se od dva dela.
- Prvi deo sistema sastoji se od geodetskih senzora:
 - robotizovana totalna stanica Leica TS30;
 - GNSS prijemnici Leica Viva GS15 i GPS1200+;
 - 13 prizmi Leica GPR1.
- Drugi deo sistema čine geotehnički senzori i meteorološka stanica:
 - četiri biaksijalna inklinometra Leica Nivel 220;
 - četiri akcelometra HBM B12/200;
 - meteorološka stanica Reinhardt DFT-1.

25

Geodetska kontrolna mreža mosta Apollo

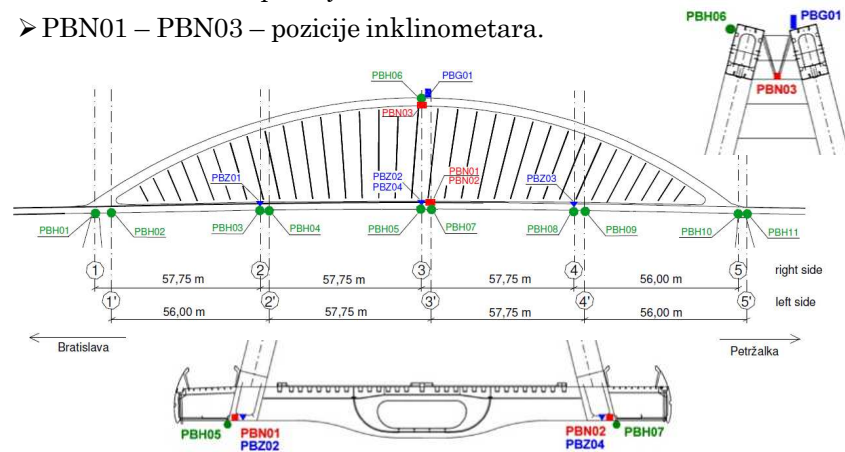
- Referentni deo geodetske kontrolne mreže sastoji se od 4 tačke.
- Robotizovana totalna stanica postavljena je na tački VB16, dok su na ostalim tačkama mreže postavljene prizme.
- Prijemnik Leica GPS1200+ postavljen je na zgradi Slovačkog tehnološkog univerziteta u centru grada.



26

Geodetska kontrolna mreža mosta Apollo

- Tačke na objektu PBH01 – PBH11, PBG01 – Leica Viva GS15.
- PBZ01 – PBZ04 – pozicije akcelometara.
- PBN01 – PBN03 – pozicije inklinometara.



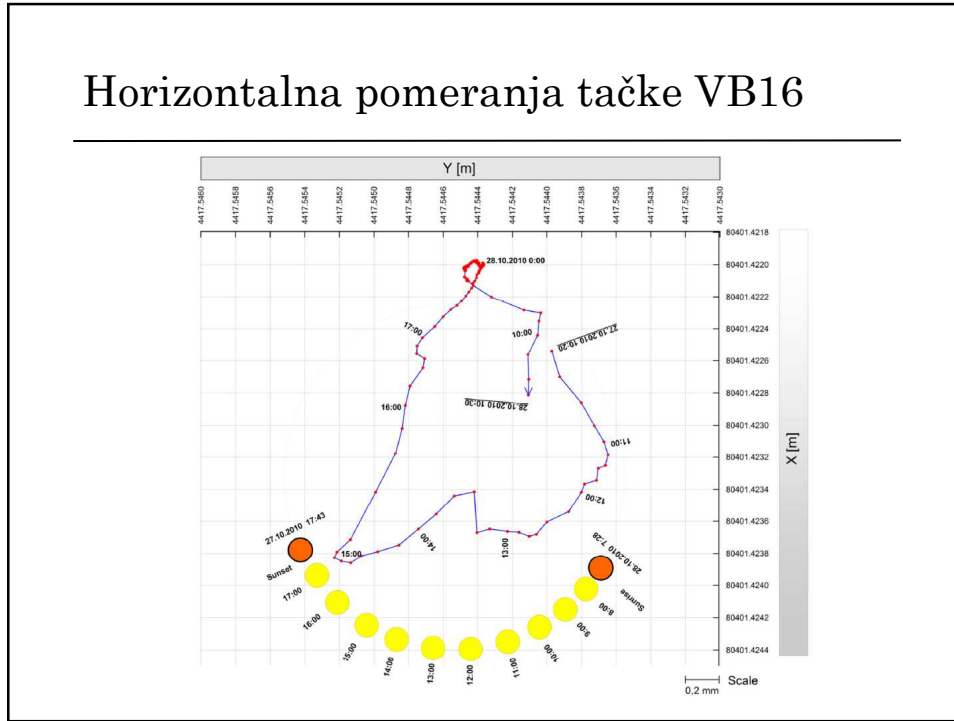
27

Automatizovani sistem za monitoring deformacija mosta Apollo u Bratislavi

- Automatizovani monitoring pomeranja i deformacija mostovske konstrukcije realizovan je tokom 24 sata od 27. do 28. 10. 2010.
- Merenja totalnom stanicom realizovana su na svakih 10 minuta.
- Analiza stabilnosti stuba na kojem je postavljena totalna stanica vršena je na osnovu merenja prema referentnim tačkama VB15, VB20 i VB21.
- Stabilnost stuba kontrolisana je i na osnovu rezultata merenja inklinometra koji je postavljen na ovom stubu.
- Lokalni koordinatni sistem, X osa paralelna sa uzdužnom osom mosta.

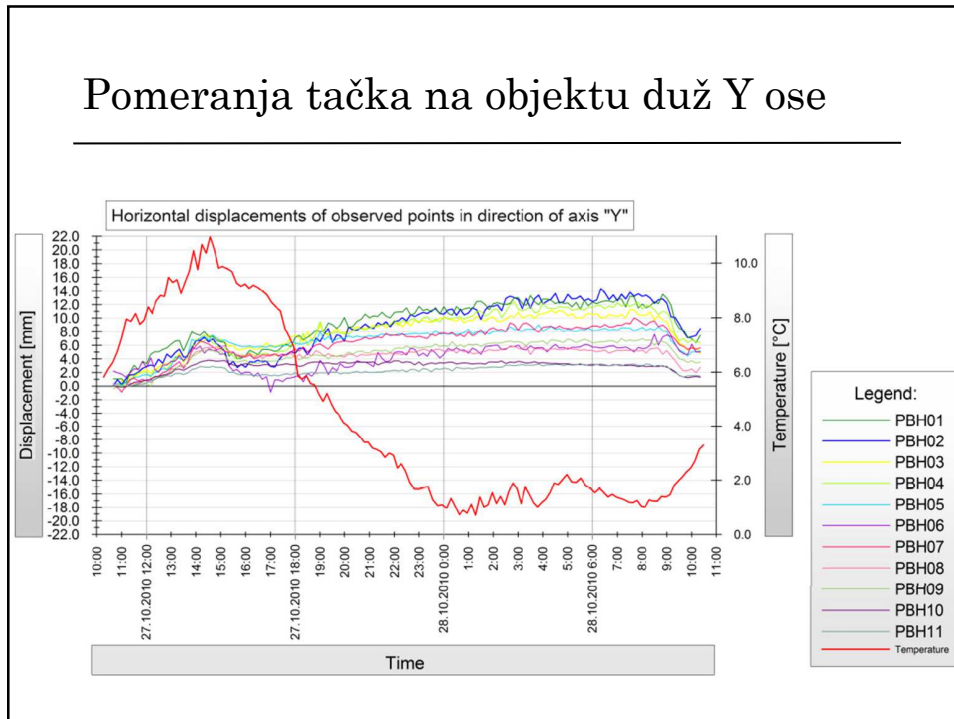
28

Horizontalna pomeranja tačke VB16



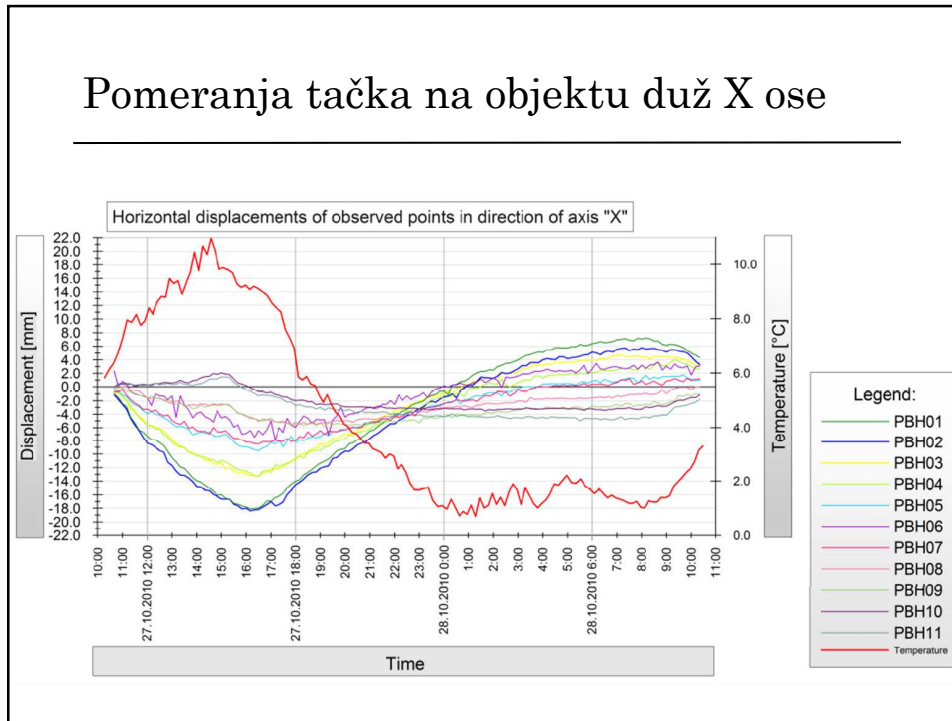
29

Pomeranja tačka na objektu duž Y ose



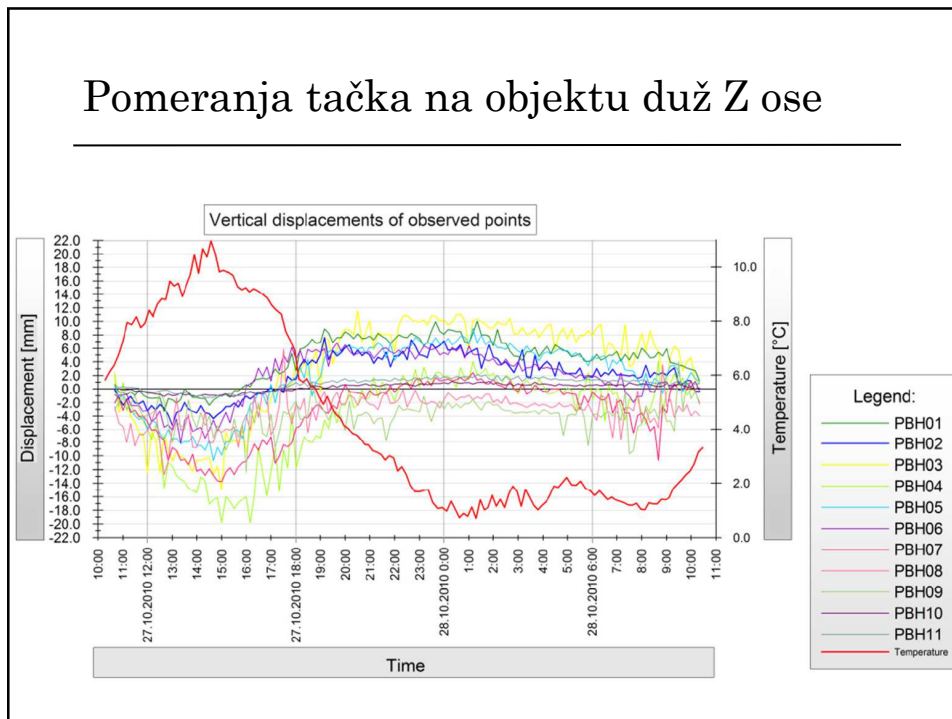
30

Pomeranja tačka na objektu duž X ose



31

Pomeranja tačka na objektu duž Z ose



32

PITANJA?

33

Literatura

- G. Perović: Precizna geodetska merenja, AGM knjiga, Beograd, 2017.
- Dž. Krdžalić: *Geodetic instrument calibration, Faculty of Civil Engineering*, Sarajevo, 2018. [LINK](#)
- M. M. Valh, A. Marjetič, V. Ježovnik, D. Kogoj: *Automatic total stations or where the development of TPS systems goes*, *Geodetski vestnik*, Vol. 52, No. 3, pp. 487-499. [LINK](#)
- A. Kopácik, P. Kyrinovic, I. Lipták, J. Erdély: *Automated Monitoring of the Danube Bridge Apollo in Bratislava*, FIG Working Week 2011, 18-22 May 2011, Marrakech, Morocco. [LINK](#)

34