



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA GRAĐEVINARSTVO I GEODEZIJU
GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA



INŽENJERSKA GEODEZIJA

Geodetske mreže inženjerskih objekata

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

Novi Sad, 2023/2024

1

Geodetske mreže objekata

- Geodetska mreža – neophodna osnova u mnogim geodetskim zadacima.
- Geodetska mreža se definiše kao geometrijska konfiguracija tri ili više tačaka na površi Zemlje povezanih geodetskim merenjima.
- Državne geodetske mreže svojom lokacijom i načinom stabilizacije tačaka, kao ni tačnošću položaja tačaka mreže ne zadovoljavaju potrebe geodetskih radova u inženjerstvu.
- Geodetske mreže objekata projektuju se i realizuju za potrebe geodetskih radova u inženjerstvu.

2

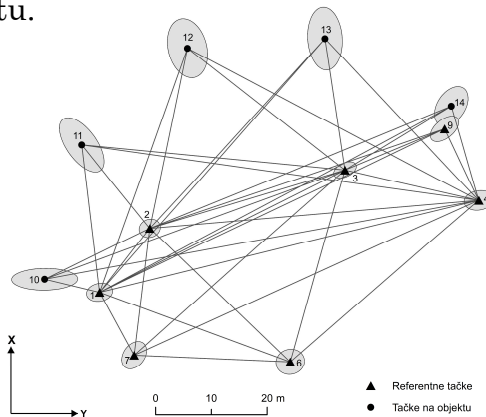
Geodetske mreže objekata

- Geodetske mreže objekata se uspostavljaju iz sledećih razloga:
- neodgovarajući položaji tačka državnih geodetskih mreža (trigonometrijska mreža, poligonska mreža i slično);
 - nedovoljna gustina tačaka državnih geodetskih mreža;
 - neodgovarajuća tačnost položaja tačaka državnih geodetskih mreža;
 - nedostatak potrebne dokumentacije pri izdavanju koordinata tačaka (o epohi nastajanja, načinu izravnjanja mreže, tačnosti koordinata i slično).

3

Geodetske mreže objekata

- Geodetska mreža objekta sastoji se od geodetskih tačaka izvan objekta (referentni deo mreže) i tačaka na objektu.



4

Geodetske mreže objekata

- Geodetska mreža objekta prvenstveno služi da:
 - definiše matematičku osnovu za prostorno lociranje objekata;
 - omogući obeležavanje karakterističnih tačaka, linija i površina građevinskih objekata;
 - omogući kontrolu geometrije u toku gradnje;
 - omogući osmatranje objekata (mreža se proširuje tačkama van zone očekivanih deformacija i tačkama na objektu čije pomeranje karakteriše pomeranje objekata i tla na kojima se one nalaze).

5

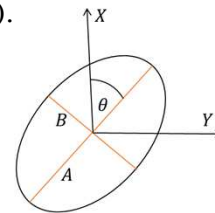
Karakteristike geodetskih mreža objekata

- Pravovremenost – geodetska mreža se projektuje u fazi izrade idejnog projekta na osnovu definisanog rasporeda svih projektovanih objekata.
- Trajnost – projekat mreže treba da obuhvati celo gradilište i služi do kraja radova na objektu, kao i nakon izgradnje za potrebe geodetskog osmatranja.
- Tačnost – standardno odstupanje položaja tačaka referentne mreže treba da je zanemarljivo u odnosu na potrebnu tačnost obeležavanja (PTO) – po principu zanemarljivosti standardno odstupanje položaja tačaka mreže od $1/5$ do $1/3$ proračunatog kriterijuma.

6

Karakteristike geodetskih mreža objekata

- Samostalnost – tačke geodetske mreže, karakteristične tačke, linije i površine objekata moraju biti u istom koordinatnom sistemu, lokalnom ili lokalno uklopljenom bez promene razmere.
- Homogenost – tačnost određivanja položaja svih tačaka mreže treba da bude približno ista. Velika poluosa elipse grešaka za svaku tačku mreže može biti maksimalno dvostruko veća od male poluose ($A: B \sim 2: 1$).



7

Matematička definicija geodetske mreže

- Skup geodetskih tačaka/repera, datih i traženih, sa skupom L_1, L_2, \dots, L_n merenih veličina, koje mogu biti i raznorodne, nazvaćemo geodetskom mrežom, ako između ovih n merenih veličina možemo naći q ($q \leq u \leq n$) nezavisnih koje ćemo zvati neophodnim, takvih da bilo koji element (veličinu) u mreži, čija vrsta pripada vrsti merenih veličina, možemo izraziti pomoću tih q neophodnih veličina (Perović, 1986).
- Neka prvih q merenih veličina pripada skupu neophodnih veličina i neka je Y bilo koji element mreže, čija vrsta pripada vrsti merenih veličina, tada je:

$$L_j = l_j(L_1, L_2, \dots, L_q), \quad j = q + 1, q + 2, \dots, n$$

$$Y = y(L_1, L_2, \dots, L_q).$$

8

Matematička definicija geodetske mreže

- Osnovni podaci o broju nezavisnih elemenata neophodnih i dovoljnih za određenost geodetske mreže po obliku, položaju i veličini prikazani su tabeli.

Dimenzija geodetske mreže	Vrsta određenosti geodetske mreže objekta		
	Oblik	Oblik i veličina	Oblik, veličina i položaj
1D	$m - 2$	$m - 1$	m
2D	$2m - 4$	$2m - 3$	$2m$
3D	$3m - 7$	$3m - 6$	$3m$

Napomena: m broj tačaka mreže.

9

Datum geodetske mreže

- Geodetska merenja (pravci, dužine, visinske razlike, GNSS bazni vektori i slično) definišu samo relativni položaj tačaka mreže, dok su za dobijanje apsolutnih koordinata tačaka potrebne neke dodatne informacije.
- Datum geodetske mreže – parametri koji definišu položaj geodetske mreže u koordinatnom sistemu.
- Osnovni datumski parametri geodetske mreže:
- translacije (t_X, t_Y, t_Z);
 - rotacije (r_X, r_Y, r_Z);
 - razmera s .

10

Datum geodetske mreže

➤ Određeni datumski parametri mogu biti definisani na osnovu merenih veličina u geodetskoj mreži.

Merenе veličine	Datumski parametri						
	Translacije			Rotacije			Razmera
	t_x	t_y	t_z	r_x	r_y	r_z	s
Dužine	x	x	x	x	x	x	✓
Horizontalni pravci	x	x	x	x	x	x	x
Horizontalni uglovi	x	x	x	x	x	x	x
Azimuti	x	x	x	x	x	✓	x
Zenitni uglovi	x	x	x	✓	✓	x	x
GNSS 2D vektori	x	x	x	x	x	✓	✓
GNSS 3D vektori	x	x	x	✓	✓	✓	✓
Visinske razlike	x	x	x	✓	✓	x	✓

11

Defekt datuma geodetske mreže

➤ Budući da se na osnovu merenih veličina ne mogu odrediti svi datumski parametri, neophodno je znati ili odrediti još jedan broj datumskih parametara, koji čine defekt mreže ili defekt datuma d .

➤ Zavisno od načina na koji se određuju parametri datuma, razlikujemo dve vrste geodetskih mreža:

- slobodne geodetske mreže – parametri datuma se biraju proizvoljno;
- neslobodne geodetske mreže – parametri datuma se određuju merenjem.

12

Podela geodetskih mreža objekata

- Prema vrsti objekata za koje se projektuju i realizuju geodetske mreže se mogu podeliti na:
 - slobodne mreže (lokalni koordinatni sistem) – za objekte smeštene na manjem području ili gde se traži velika tačnost obeležavanja i praćenja pomeranja i deformacija (mostovi, brane, tuneli);
 - neslobodne mreže (uklopljene u držani koordinatni sistem) – za objekte smeštene na većem području gde je potrebno međusobno povezivanje niza objekata (putevi, železnice, hidroenergetski sistemi).

13

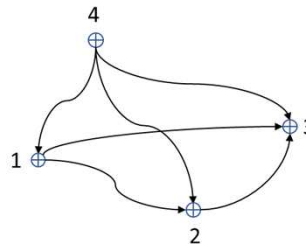
Podela geodetskih mreža objekata

- Prema dimenziji koordinatnog sistema u kojem je definisan položaj tačaka, geodetske mreže se mogu podeliti na:
 - visinske mreže – jednodimenzionalni model (1D);
 - horizontalne mreže – dvodimenzionalni model (2D);
 - prostorne mreže – trodimenzionalni model (3D).
- Opažanja u geodetskim mrežama mogu se podeliti na:
 - terestrička (pravci, dužine, zenitni uglovi i slično);
 - satelitska (GNSS bazni vektori).

14

Modeli geodetskih mreža

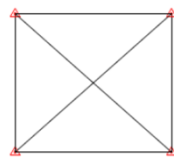
- Konfiguracija geodetske mreže uslovljena je karakteristikama:
 - objekta (veličina, namena, oblik, podzemni, nadzemni);
 - terena (reljef, okolina, geološki sastav tla).
- Visinske geodetske mreže (1D), bez obzira na vrstu i veličinu objekta i konfiguraciju terena, projektuju se u obliku zatvorenih poligona.



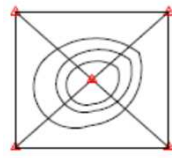
15

Modeli geodetskih mreža

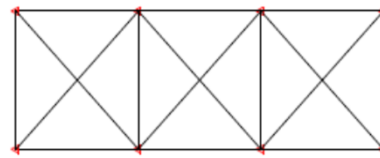
- Kod položajnih i prostornih geodetskih mreža razlikujemo nekoliko različitih osnovnih oblika mreža.



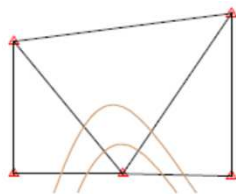
Geodetski četvorougao



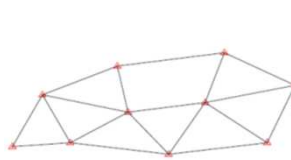
Centralni sistem



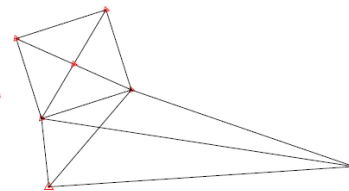
Lanac geodetskih četvorouglova



Lanac geodetskih trouglova



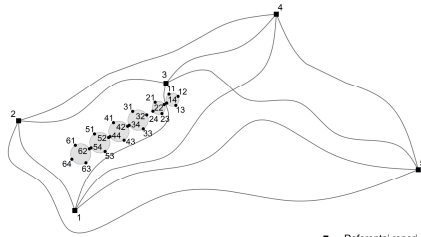
Mreža trouglova



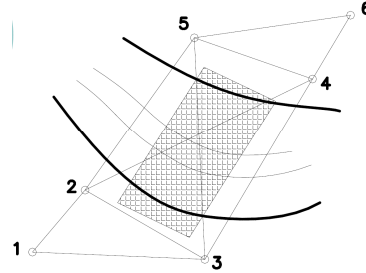
Kombinacija četvorougla i centralnog sistema

16

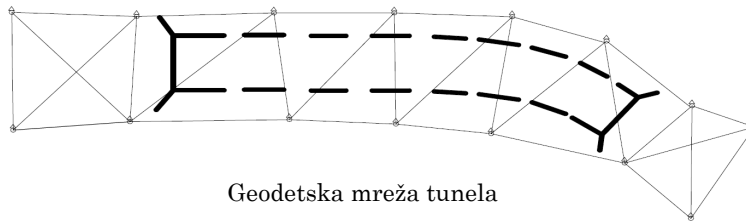
Primeri geodetskih mreža za različite vrste inženjskih objekata



Geodetska mreža silosa



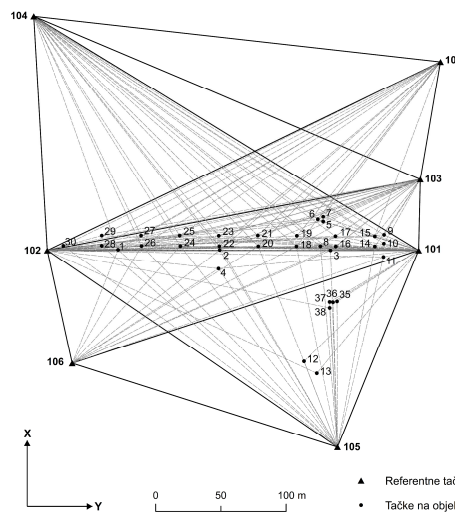
Geodetska mreža mosta



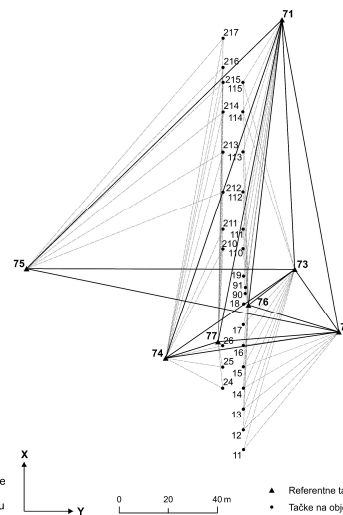
Geodetska mreža tunela

17

Primeri geodetskih mreža za različite vrste inženjskih objekata



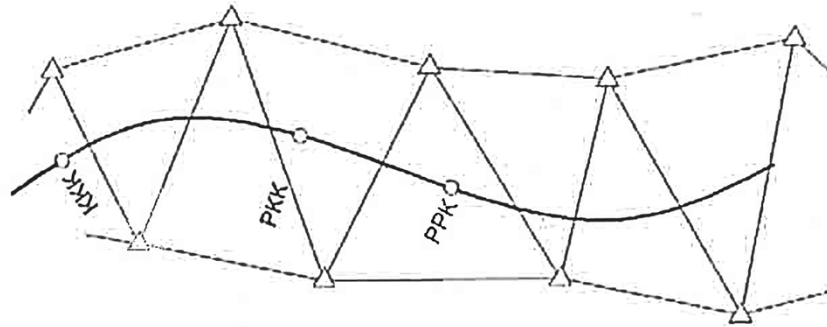
Geodetska mreža brane



Geodetska mreža cevovoda

18

Primeri geodetskih mreža za različite vrste inženjerskih objekata



Geodetska mreža linijskog objekta

19

Uspostavljanje geodetskih mreža

- Postupak uspostavljanja geodetske mreže objekta obuhvata sledeće faze:
- izrada projekta geodetske mreže objekta – konfiguracija mreže i plan opažanja u njoj;
 - realizacija projekta geodetske mreže objekta – rekognosciranje, stabilizacija i signalizacija tačaka mreže, kao i realizacija merenja u mreži;
 - obrada i analiza geodetske mreže – obrada i analiza merenja i *a posteriori* analiza kvaliteta mreže nakon izravnjanja.

20

Projekat geodetske mreže objekta

- Projekat geodetske mreže objekta se radi pre izlaska na teren ili nakon vizuelnog sagledavanja terena na kome se planira izgradnja nekog objekta, obično u fazi izrade idejnog projekta.
- Način projektovanja mreže direktno je uslovljen karakteristikama objekta i terena, koje utiču na oblik, dimenzije, položaj i broj tačaka geodetske mreže objekta.
- Geodetska mreža mora biti optimalna po pitanju geometrije, preciznosti i pouzdanosti.

21

Projekat geodetske mreže objekta

- Projekat geodetske mreže objekta u osnovnom sadrži:
 - opštu dokumentaciju o projektu;
 - projektni zadatak;
 - tekstualnu dokumentaciju;
 - numeričku dokumentaciju;
 - grafičku dokumentaciju;
 - prateću dokumentaciju (geodetsku, geološku i drugu).
- Tekstualna dokumentacija – tehnički izveštaj, predmer i predračun radova i tehnički uslovi izvođenja radova.

22

Projekat geodetske mreže objekta

- U okviru projektnog zadatka se uglavnom postavljaju sledeći zahtevi:
- homogena tačnost mreže – tačnost određivanja položaja svih tačaka mreže treba da bude približno ista;
 - izotropnost mreže – elipse grešaka svih tačaka mreže treba da teže krugu;
 - pouzdanost mreže – kvalitet geodetske mreže sa aspekta mogućnosti otkrivanja grubih grešaka u merenjima i uticaja neotkrivenih grubih grešaka na ocene nepoznatih parametara;
 - ekonomičnost.

23

Projekat geodetske mreže objekta

- Tehnički izveštaj ima sledeći okvirni sadržaj (1):
- opšti podaci o projektu;
 - testiranje tačaka postojećih mreža;
 - ocena stanja stabilizacije tačaka postojećih geodetskih mreža;
 - način prestabilizacije tačaka postojećih mreža;
 - konfiguracije (geometrija) geodetske mreže objekta;
 - optimizacija plana opažanja, težina i tačnosti geodetske mreže objekta;
 - izbor instrumenata i metoda merenja;

24

Projekat geodetske mreže objekta

- Tehnički izveštaj ima sledeći okvirni sadržaj (2):
 - analiza metode merenja (razrada metode merenja);
 - parametri za praćenje i kontrolu merenja;
 - model merenja, izravnjanja i ocene tačnosti,
 - način stabilizacije i signalizacije tačaka mreže;
 - koncepcija i organizacija geodetskih radova u toku realizacije projekta;
 - mere zaštite na radu;
 - sadržina elaborata o realizaciji projekta geodetske mreže objekta.

25

Konfiguracija geodetske mreže i plan opažanja

- Konfiguracija geodetske mreže objekta – broj i raspored tačaka geodetske mreže.
 - Karakteristike objekta i okolnog terena direktno utiču na konfiguraciju geodetske mreže.
 - Konfiguracija geodetske mreže zavisi od vrste geodetske mreže i merenih veličina u njoj.
- Optimizacija plana opažanja u geodetskoj mreži.
 - Merenje dužina „jača” položaj tačke u smeru merene dužine.
 - Merenje pravaca, uglova i azimuta „jača” položaj tačke u smeru koji je upravan na vizurnu liniju.

26

Metode merenja

➤ Girusna metoda merenja horizontalnih pravaca i zenitnih uglova.

- Broj girusa.

➤ Merenje dužina u više ponavljanja.

- Meteorološka popravka za kose dužine:

$$K_1[\text{mm}] = \left(282.1 - \frac{0.2906 \cdot P - 0.0413 \cdot e}{1 + \alpha \cdot t} \right) \cdot S[\text{km}]$$

gde je P pritisak vazduha u mBar, e parcijalni pritisak vodene pare ($e = 0$), $\alpha = 1/273.16$, t temperatura u °C.

➤ Merenje visinskih razlika metodom geometrijskog nivelmana.

27

Metode merenja

➤ Geometrijski nivelman

Vrsta nivelmana	Verovat. slučajna. greška po km	Rastojanje u km		Način nivelanja visinskih razlika	
		Poligon	Repera	Na stanicima	Nivelm. strane
1. Nivelman visoke tačnosti	±1 mm	250	7-8	2 x	napred nazad
2. Precizni nivelman	±2 mm	75-250	4	2 x	napred nazad
3. Tehnički nivelman povećana tačnosti	±5 mm	25-75	2	2 x	napred
4. Tehnički nivelman	±8 mm	25	1	1 x	napred

28

Parametri za praćenje i kontrolu merenja

➤ Kriterijumi kvaliteta realizovanih merenja mogu biti definisani na sledeći način:

- dozvoljena vrednost dvostruke greške $2VV = 8''$;
- dozvoljena vrednost dvostruke kolimacione greške $2C = 5''$;
- dozvoljena razlika merenih dužina napred-nazad 2 mm;
- dozvoljena razlika vrednosti redukovanih pravaca između girusa 5'';
- greška nezatvaranja trougla 4'';
- dozvoljena vrednost nezatvaranja nivelmanskog vlaka

$$\Delta_i = 1,96 \cdot 0,4 \text{ mm} \cdot \sqrt{\sum n}$$

29

Stabilizacija i signalizacija tačkaka geodetske mreže

➤ Načini stabilizacije tačkaka geodetske mreže:

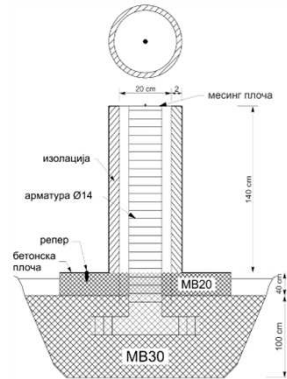
- armirano-betonski stubovi sa uređajem za prisilno centrisanje;
- armirano-betonski stubići sa precizno definisanim centrom;
- bolcne sa precizno definisanim centrom;
- klasični ili specijalno izrađeni reperi koji se ugrađuju horizontalno ili vertikalno.

➤ Načini signalizacija tačkaka geodetske mreže:

- kompleti za prisilno centrisanje koji se sastoje od prizme i adaptera sa optičkim viskom i libelom;
- prizme;
- specijalizovane markice.

30

Stabilizacija i signalizacija tačaka geodetske mreže



Армирано-бетонски стуб са уређајем за присилно центрисање



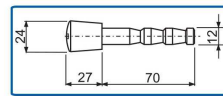
Болтна



Призма



Комплет за присилно центрисање



Репер



Маркица

31

Stabilizacija i signalizacija tačaka geodetske mreže



32

Stabilizacija i signalizacija tačaka geodetske mreže



33

Realizacija projekta geodetske mreže objekta

➤ Realizacija projekta geodetske mreže objekta podrazumeva sledeće radove:

- testiranje tačaka postojećih mreža;
- ocena stanja stabilizacije tačaka postojećih mreža;
- prestabilizacija tačaka postojećih mreža;
- rekognosciranje – odabir najpovoljnijeg položaja tačaka na terenu;
- stabilizacija i signalizacija tačaka geodetske mreže objekta;
- realizaciju merenja u geodetskoj mreži objekta;
- analiza rezultata merenja;
- izravnanje i ocena tačnosti merenja;
- izrada numeričkih, grafičkih i tabelarnih priloga.

34

Rekognosciranje i stabilizacija tačaka geodetske mreže objekta

- Rekognosciranje predstavlja postupak izbora najpovoljnijeg položaja tačaka mreže na terenu.
- Prilikom odabira položaja tačaka na terenu treba izbegavati klizišta, sredine parcela, obale reka ili ivicu puta i na taj način smanjiti mogućnost oštećenja ili uništenja tačke.
- Nakon odabira pozicija tačaka mreže vrši se stabilizacija tačaka tipom belege koji je definisan projektom.
- Prisilno centrisanje bez stubova podrazumeva da se postave stativi iznad tačaka, instrumenti i signali se centrišu i horizontiraju i sve vreme merenja se stativi ne pomeraju, već se samo premeštaju instrumenti i signali, ali bez postolja kako bi se očuvalo centrisanje.

35

Obrada i analiza geodetske mreže

- Obrada i analiza geodetske mreže obuhvata:
 - analizu rezultata merenja;
 - uvođenje popravaka i redukciju merenih veličina;
 - ocenu tačnosti merenih veličina pre izravnjanja – otkrivanje i uklanjanje grubih i sistematskih grešaka (kriterijum značajnosti i raspon merenja);
 - izravnjanje geodetske mreže;
 - otkrivanja i uklanjanja grubih grešaka u postupku izravnjanja (*Data snooping* test, τ test);
 - analizu kvaliteta geodetske mreže iz izravnjanja – *a posteriori*.

36

Elaborat o realizaciji projekta geodetske mreže objekta

- Nakon realizacije terenskih merenja i obrade rezultata merenja, izrađuje se odgovarajući elaborat o realizaciji projekta geodetske mreže objekta u kojem su dati dokazi da je projektovana mreža realizovana sa zadovoljavajućom tačnošću.
- Elaborat o realizaciji projekta geodetske mreže objekta sastoji se od:
 - tehničkog izveštaja;
 - numeričkih i grafičkih priloga.

Primer projekta geodetske mreže objekta i elaborata o realizaciji projekta geodetske mreže objekta.

37

PITANJA?

38