

I Predavanje

Uvod. Primjena geodezije u inženjerstvu. Geodetske mreže.

1.1 Uvod

Udio geodezije u pojedinim fazama inženjerskog procesa (projektovanje, građenje, ispitivanje, eksploatacija i održavanje inženjerskih objekata) zavisi od informacija koje se mogu obezbijediti aktivnostima geodetskih stručnjaka. Racionalizaciju pojedinih faza inženjerskih procesa nije moguće sprovesti bez adekvatnog učešća geodezije i geodetskih radova.

Geodezija je prisutna u građevinarstvu od davnina, posebno kod realizacije složenih graditeljskih objekata. Industrijska revolucija u XIX vijeku koja je praćena i razvojem saobraćajnih komunikacija, tunelskih i mostovskih konstrukcija, uticala je na razvoj inženjersko-geodetskih metoda. Najveći izazov su predstavljali proboji dugačkih tunela gdje je bio neophodan razvoj posebnih metoda orijentacije podzemnih geodetskih mreža i podzemnog obilježavanja tunela. Gradnja linijskih objekata zahtijevala je snimanja na širim teritorijama zbog čega je nastala potreba za razvojem geodetskih mreža posebne namjene, njihovim izravnanjem i ocjenom tačnosti. Veće brzine vozila iziskivale su i složeniju geometriju trase saobraćajnica. Tako su trase puteva projektovane kao složene prostorne krive dvostruke zakrivljenosti.

Visoki standardi tačnosti koji su postavljeni kao zadatak inženjerskoj geodeziji, pored razrade novih metoda, podrazumjevali su i primjenu novih tehnologija mjerenja i prikupljanja prostornih podataka.

Geodetskim poslovima počinju i završavaju se svi građevinski radovi, pa tako i oni na projektovanju i izgradnji puta. Projektovanje i izgradnja puta odvijaju se kroz nekoliko faza, a uloga geodete u svim fazama je vrlo značajna. Zadatak geodete je da pripremi geodetsku podlogu odgovarajućeg sadržaja koja će biti korišćena za potrebe projektovanja puta. U prošlosti kada su se koristile podloge u analognom obliku značajan faktor je bila i njihova razmjera. Danas to nije slučaj jer se izrada geodetskih podloga koje uključuju i digitalni model snimljenog terena (DMT), kao i kasnije projektovanje puta vrše na računaru korišćenjem adekvatnog softvera.

Obezbjeđivanje podloga za projektnu i plansku dokumentaciju (karte, situacioni planovi, podužni i poprečni profili, digitalni modeli terena) za sve faze projektovanja, prostorno lociranje projektnih rješenja u granicama zadatih tolerancija, dokazivanje postignute tačnosti ostvarene geometrije objekta, ispitivanje pomjeranja i deformacija objekta i okolnog tla, prikupljanje podataka o zemljišnim oblicima i objektima (snimanje izgrađenih objekata), obezbjeđivanje podataka za tehnički prijem objekta i za izradu projekta izvedenog objekta (arhivski projekat), formiranje katastra podzemnih vodova i infrastrukture, formiranje baza podataka, formiranje informacionih sistema inženjerskih objekata jesu poslovi za geodetskog stručnjaka.

Uspješna, ekonomična, pouzdana i dugotrajna eksploatacija objekata nije moguća ako za iste nije ostvarena projektovana geometrija u granicama zadatih tolerancija. Kada je u pitanju ostvarivanje projektom predviđene geometrije objekta u granicama zadatih tolerancija i dokazivanje kojom je tačnošću to ostvareno, kompetentni su samo geodetski stručnjaci. Puni doprinos geodezije u inženjerstvu dobija se samo ako se zakonski

regulišu propisi i pravilnici o ulozi i mestu geodezije u svim fazama inženjerskog procesa.

Kod nas su se do sada uglavnom donosili zakonski i tehnički propisi samo za oblast katastra i državnog premera, a oblast inženjerske geodezije nije na adekvatan način tretirana i ostavljena je po strani. To je dovelo do toga da geodetska struka u većini slučajeva u inženjerskom procesu ima nivo uslužne delatnosti u međusobnoj saradnji tehničkih struka.

Zato je bilo neophodno što prije odlučno zakonski regulisati ulogu, mjesto i obaveze geodezije u inženjerstvu, kao i obaveze drugih struka po pitanju geodezije.

1.2 Uloga i zadaci geodezije u inženjerstvu

Inženjersko tehničke oblasti možemo podijeliti na:

- Građevinarstvo i arhitektura
- Mašinstvo i brodogradnja
- Rudarstvo i energetika
- Poljoprivreda i šumarstvo

Oblasti u kojima se pojavljuje geodezija u većoj ili manjoj mjeri možemo svrstati u nekoliko kategorija:

1. Saobraćaj (željeznice, putevi, aerodromi, mostovi, tuneli), zgradarstvo i arhitektura (izgradnja naselja, poslovnih objekata, praćenje zgrada...)
2. Fabričke hale sa mašinskim postrojenjima, kranske staze, tornjevi, valjaonice, izgradnja brodova i dijelova drugih postrojenja...
3. Rudarska površinska i podzemna mjerenja, brane, dalekovodi, gasovodi..
4. Poljoprivredni kompleksi sa pratećim objektima, zgrade, hangari, poljski putevi šumski kompleksi, zaštićene zone, šumski putevi, objekti za rekreaciju...
5. Ostali radovi koji se javljaju u nekim drugim djelatnostima...

Pod pojmom inženjerska geodezija podrazumijevaju se sva geodetska mjerenja koja se vrše tokom projektovanja i izgradnje objekata (velike zgrade, putevi, pruge, podzemni i nadzemni vodovi, hidrotehnički objekti itd.), kao i mjerenja kojima se prate pomaci i deformacije tokom izgradnje i eksploatacije objekata.

Osnovni zadaci inženjerske geodezije su:

- Prikupljanje podloga, karti, situacionih planova i dopuna za različite nivoe projektovanja,
- Utvrđivanje tačnosti geometrijskih elemenata građevine i njenih dijelova (građevinske tolerancije, standardi, uputstva...),
- Projektovanje i izrada mreže posebne namjene za potrebe objekta,
- Proračun tačnosti mjerenja elementarnih veličina i tačnost mreže,
- Izbor metode mjerenja i mjernog pribora,
- Razrada postupka i metode obilježavanja i kontrole građenja,
- Proračun i ocjena tačnosti mjerenja u procesu obilježavanja,
- Analiza tačnosti izvršenog obilježavanja tačaka objekta, kojim se dokazuje da su zahtjevi obilježavanja ispunjeni.

- Praćenje i ispitivanje deformacija objekata tokom eksploatacije, stabilnost i sigurnost građenja,
- Tehnički prijem objekta, geodetski atesti za projekat izvedenog stanja.

Ukupan rad oko kompletiranja sve potrebne dokumentacije za gradnju nekog objekta naziva se projektovanje a sva potrebna dokumentacija čini jednu cjelinu koja se zove projekat tog objekta.

Svaki građevinski objekat od zamisli do puštanja u eksploataciju prolazi kroz nekoliko faza u kojima su prisutni i odgovarajući radovi.

U okviru predhodnih radova podrazumijevaju se:

- Prethodna studija opravdanosti;
- Studija opravdanosti;
- Istraživački radovi (hidrotehnički, hidrometeorološki, geotehničke podloge...);
- Izrada tehničke dokumentacije;
- Dobijanje saglasnosti i dozvola;
- Izbor izvođača;
- Ugovaranje;
- Uvođenje u posao;

Sama uloga geodezije u okviru predhodnih radova je veoma mala.

Zakon o uređenju prostora i izgradnji objekata definiše projektnu dokumentaciju, zavisno od vrste objekta i nivoa razrade, kao:

- 1) idejno rješenje (generalni projekat),
- 2) idejni projekat
- 3) glavni projekat i
- 4) izvođački projekat.

Idejno rješenje sadrži podatke o: makrolokaciji objekta; načinu obezbjeđenja infrastrukture (elektro, hidrotehničke, telekomunikacione i dr.); mogućim varijantama prostornih i arhitektonskih rješenja; funkcionalnosti i racionalnosti rješenja.

Idejnim rješenjem može se suziti širina koridora infrastrukture određena planskim dokumentom.

Osnovna razmjera idejnog rješenja za puteve van naselja je 1 : 25000 (10000), odnosno puteve u naselju 1 : 5000 (2500).

Idejni projekat je projekat kojim se određuju: položaj, kapacitet, arhitektonske, tehničke, tehnološke i funkcionalne karakteristike objekta; organizacioni elementi izgradnje objekta; elementi održavanja objekta; procijenjena vrijednost radova na izgradnji objekta.

Idejni projekat sadrži podatke o: mikrolokaciji objekta; tehničko-tehnološkim i eksploatacionim karakteristikama objekta; orijentacionom proračunu stabilnosti i sigurnosti objekta; tehničko-tehnološkim i organizacionim elementima izgradnje objekta; analizi varijantnih energetske sistema objekata sa procjenom energetske efikasnosti objekata; rješenju infrastrukture; analizi varijantnih, konstruktivnih i građevinskih rješenja, orijentacionoj vrijednosti radova na izgradnji objekta.

Idejni projekat sadrži, u skladu sa posebnim propisima i podatke o procjeni uticaja zahvata na životnu sredinu. Njime se može odrediti i faznost (tehničko-tehnološka i funkcionalna cjelina) građenja objekta.

Idejni projekat se izrađuje za potrebe izdavanja građevinske dozvole.

Glavni projekat je projekat kojim se utvrđuju tehnološke, arhitektonsko-građevinske, tehničke i eksploatacione karakteristike objekta sa opremom i instalacijama, sa razradom svih neophodnih detalja za građenje objekta i vrijednost radova na izgradnji objekata.

Glavni projekat sadrži:

- 1) Arhitektonska, odnosno građevinska rješenja, proračun stabilnosti i sigurnosti objekta i proračune iz oblasti građevinske fizike i energetske efikasnosti;
- 2) Razradu tehničko-tehnoloških i eksploatacionih karakteristika objekta sa opremom i instalacijama, uključujući i energetske karakteristike objekata/zgrada;
- 3) Razradu detalja za izvođenje radova obuhvaćenih glavnim projektom, kao i tehničko-tehnološka i organizaciona rješenja za izgradnju objekta;
- 4) Razradu priključaka objekta na odgovarajuću saobraćajnu i drugu infrastrukturu i uređenje slobodnih površina;
- 5) Tehnička rješenja za zaštitu objekta i susjednih objekata od požara i eksplozija i druga tehnička rješenja zaštite;
- 6) Razradu mjera za sprječavanje ili smanjenje negativnih uticaja zahvata na životnu sredinu;
- 7) Troškove izgradnje i održavanja objekta;
- 8) Druge projekte i elaborate, u skladu sa namjenom objekta

Glavni projekat sadrži i građevinski projekat i geodetski projekat, a zavisno o namjeni i tehničkoj strukturi građevine sadrži i arhitektonski projekat, elektrotehnički projekat i dr. Projekti moraju uvijek sadržavati podatke iz elaborata koji su poslužili kao podloga za njihovu izradu, kao i projektovano vrijeme upotrebe objekta i uslove za njegovo održavanje.

Osnovna razmjera glavnog projekta za puteve van naselja je 1 : 1000 (500), odnosno za puteve u naselju 1 : 500 (250).

Projekat održavanja objekta izrađuje se za objekte kod kojih je redovno održavanje od posebnog značaja za nesmetanu i sigurnu upotrebu, a naročito za objekte od opšteg interesa. Projektom održavanja objekta posebno se određuje tehničko osmatranje tla i objekta u toku eksploatacije, namjensko korišćenje objekta sa preduzimanjem mjera neophodnih za stabilnost objekta, zaštitu životne sredine, energetska efikasnost objekata, kao i ostalih mjera potrebnih za korišćenje objekta.

Ukoliko je potrebno, za različite objekte se još u okviru Glavnog projekta, izrađuje Izvođački projekat.

Njime se razrađuju detalji za izvođenje radova obuhvaćenih glavnim projektom. Izvođački projekat sadrži crteže i tekstualne opise čime se objekat u potpunosti definiše za građenje odnosno rekonstrukciju. On se može izrađivati i u fazama. Izvođački projekat se izrađuje za potrebe građenja objekta, ukoliko glavnim projektom nijesu razrađeni detalji za građenje.

Uloga geodezije je najveća upravo u Glavnom odnosno Izvođačkom projektu i mogla bi se grupisati u nekoliko sledećih kategorija:

- Geodetski radovi kod građenja montažnih građevina i montiranja velikih mašina u mašinogradnji;
- Geodetski radovi kod projektovanja i građenja visokih objekata i tornjeva;
- Geodetska kontrola geometrije objekata (testiranje podudarnosti izvedenog i projektovanog objekta i konstruktivnih elemenata);

-Geodetski radovi kod ispitivanja stabilnosti tla i deformacija objekata (deformaciona analiza);

-...

Geodetski radovi po pojedinim inženjerskim fazama se mogu podijeliti na:

- Priprema i izrada geodetskih podloga za potrebe projektovanja;
- Radovi u toku realizacije projekta;
- Snimanje izvedenog stanja (objekta) ;
- Ispitivanje stabilnosti tla i deformacije objekata;

Dakle, jedna od osnovnih faza je prikupljanje podataka i izrada geodetskih podloga za projektovanje. One mogu biti: topografski ili kartografsko topografski planovi (analogni ili digitalni), planovi posebnih razmjera za potrebe projektovanja (1:50, 1:100, 1:200, 1:250 i dr.), ortofoto planovi, digitalni modeli terena, razne skice i prikazi koji su rezultat geodetskog snimanja, itd.

Radovi koji prate tehničko – tehnološku realizaciju projekta su kontinuirano obezbjeđenje geodetske mreže i obilježavanje konstruktivnih elemenata objekta. Konstruktivni elementi objekta treba da su izvedeni po njihovom projektovanom položaju u skladu sa dozvoljenim granicama odstupanja koje su različite za različite elemente. Takođe, tu su obuhvaćeni i radovi na rješavanju tekućih i vanrednih zadataka tokom realizacije projekta – izmjene projekta u toku realizacije.

Jedan geodetski projekat u inženjerskoj geodeziji po pravilu bi trebalo da obuhvata:

- Topografske podloge sa ucrtanim projektovanim objektima;
- Važne detalje izrađene u krupnoj razmeri sa potrebnim podacima;
- Topografske podloge sa ucrtanim svim potrebnim pratećim objektima i putevima;
- Elaborat eksproprijacije;
- Mrežu geodetskih tačaka sa potrebnim podacima;
- Sve potrebne podatke za obilježavanje objekta na terenu;
- Podatke za obilježavanje granica zahvaćenog područja;
- Podatke za obilježavanje pristupnih puteva, zgrada i svih pratećih objekata;
- Način kontrole tačnosti obilježavanja glavnih tačaka i osovina;
- Podatke za montažu i kontrolu svih montažnih konstrukcija;
- Specifikaciju materijala, instrumenata i stručnjaka za realizaciju.

Dakle, inženjersko-geodetski radovi su permanentno prisutni u svim fazama promjena u prostoru, koje podrazumevaju ideju, realizaciju i evaluaciju.

1.3 Geodetske mreže

Da bi se kvalitetno obavljali svi geodetski poslovi u različitim fazama inženjerskih projekata neophodno je imati kvalitetnu mrežu geodetskih tačaka.

Postoje različite vrste geodetskih mreža: državne trigonometrijske mreže, referentne, poligonske i nivelmanske mreže koje predstavljaju osnovu za radove na državnom premjeru i katastru zemljišta, ali i u rješavanju pojedinih problema u radovima inženjerskih delatnosti. Tačnost sa kojom su određene pojedine tačke u tim geodetskim mrežama onemogućuje njihovo korišćenje u slučajevima gde se traži veća tačnost od 0.2m u pozicioniranju građevinskih objekata.

Zbog toga se projektuju i izrađuju geodetske mreže posebne namjene.

Definicija geodetske mreže: Skup geodetskih tačaka/repera, datih i traženih, sa skupom L_1, L_2, \dots, L_n , mjernih veličina, koje mogu biti raznorodne, zvaćemo geodetskom mrežom, ako između ovih n mjerenih 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 mjerenih veličina, možemo izraziti pomoću tih q neslobodnih veličina. Brojem u označen je broj traženih – nepoznatih veličina.

Osnovna podjela geodetskih mreža je na neslobodne i slobodne mreže.

- Neslobodne mreže - geodetske mreže kod kojih date veličine određujemo mjerenjima ili ih računamo kao funkcije rezultata mjerenja.

- Slobodne mreže – kod kojih se date veličine uzimaju proizvoljno.

Datum geodetske mreže predstavljaju parametri kojima se definiše koordinatni sistem, odnosno parametri koji definišu položaj geodetske mreže u koordinatnom sistemu, pa tako kod neslobodnih mreža datum mreže definišu date tačke, a kod slobodnih mreža parametri datuma zadaju se proizvoljno.

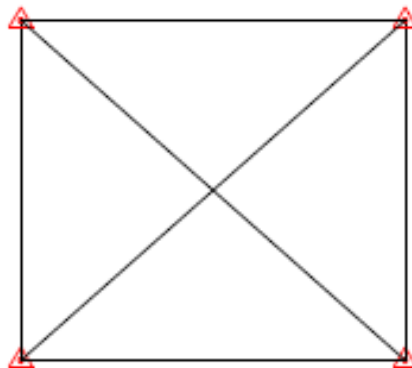
Dakle, geodetska mreža predstavlja osnovu za sve geodetske radove u inženjerstvu i njeni osnovni parametri su:

- Tačnost;
- Preciznost;
- Definitivne koordinate;
- Numerički pokazatelji projektovane tačnosti i pouzdanosti.

Struktura mreže zavisi od tipa radilišta (zemljani radovi u izgradnji, precizni radovi, monitoring deformacija, itd.). Geodetska mreža mora obuhvatiti kompletno radilište.

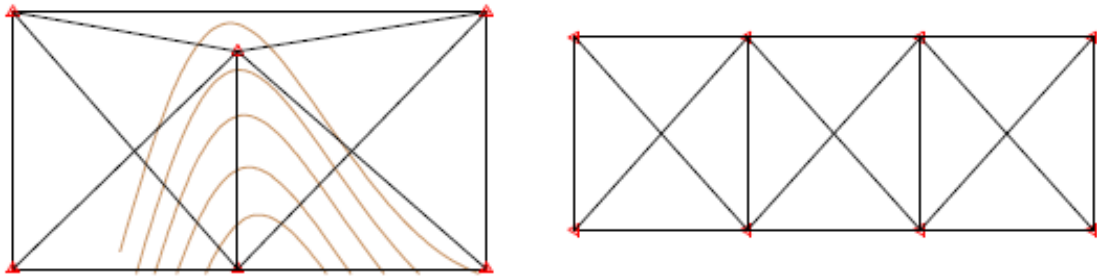
Kontrolna mreža u neposrednom okruženju radilišta naziva se radna mreža, ona se mora povezati sa kontrolnom mrežom koja je stabilizovana van zone očekivanih deformacija usled izgradnje objekata.

Najčešći oblici geodetskih mreža za posebne namjene su:



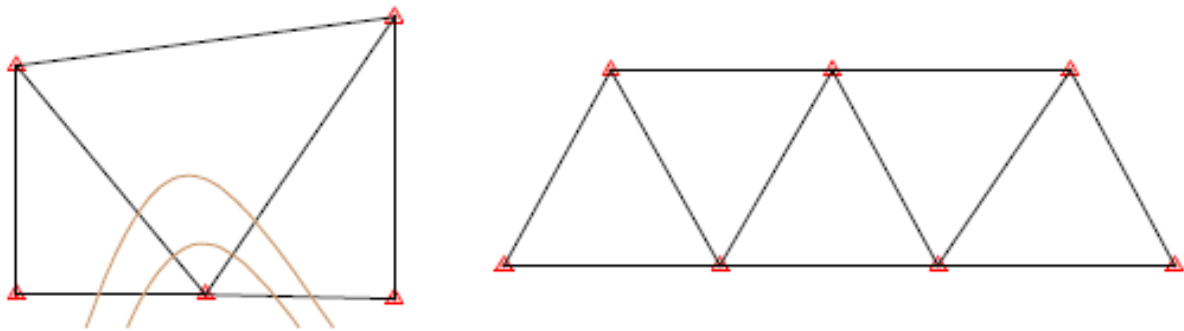
Slika 1. Geodetski četvorougao

Ova mreža ima najjednostavniji oblik i veoma je povoljna za manja područja . Često se koristi prilikom izgradnja tunela, brana itd.



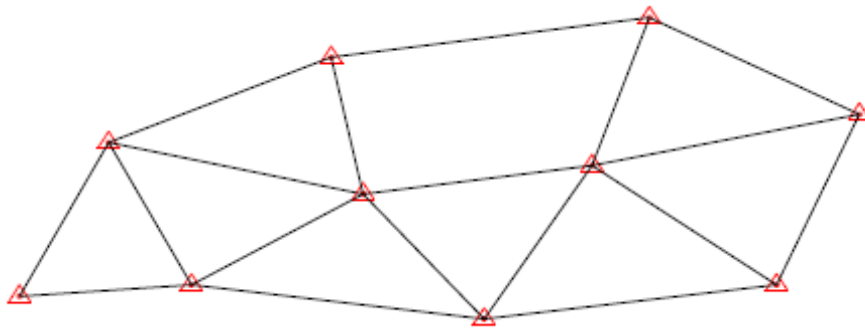
Slika 2. Dvojni geodetski četvorougao ili lanac četvorouglova

Ove mreže se često primjenjuje pri izgradnji linijskih objekata (putevi, pruge, dalekovodi...)



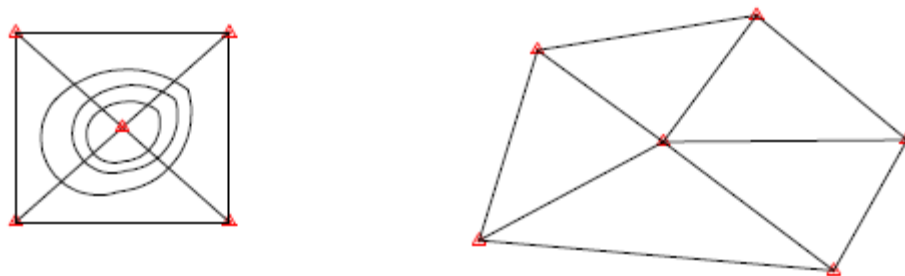
Slika 3. Lanac trouglova

Ove mreže se takođe često primjenjuje pri izgradnji linijskih objekata (putevi, pruge, dalekovodi...) sa time što je njena najčešća primjena u tunelima.



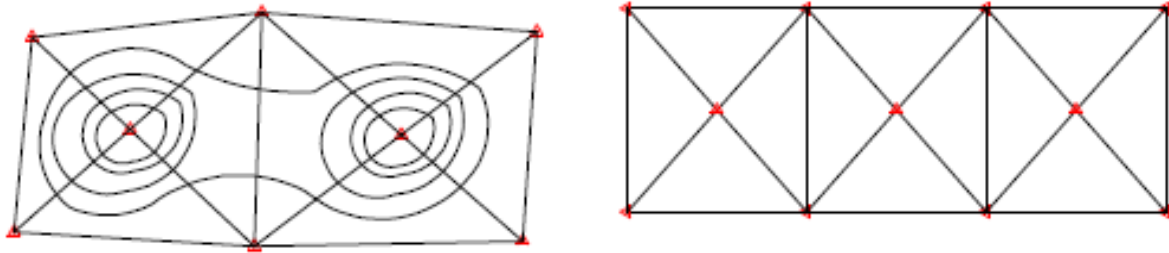
Slika 4. Klasična trigonometrijska mreža

Ove mreže često primjenjuje za velika gradilišta, urbana područja, itd...



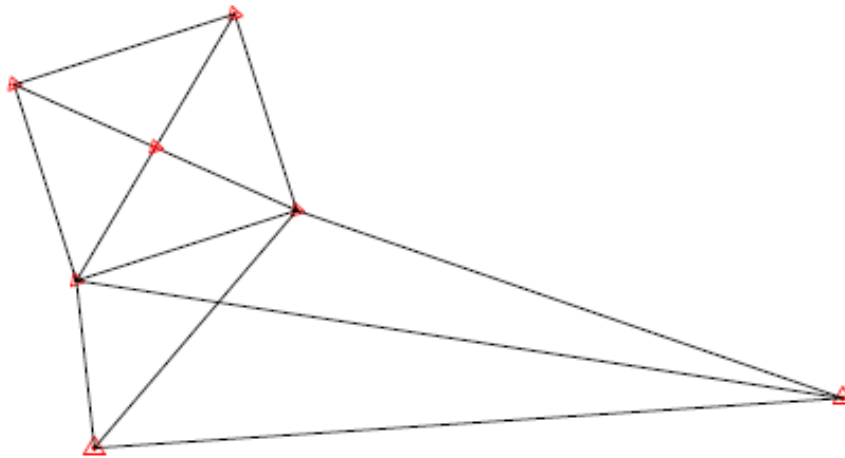
Slika 5. Centralni sistem

Ove mreža se primjenjuje kada objekat obuhvata šire područje i nastaje kada se geodetskom četvorouglu doda jedna tačka.



Slika 6. Sistem ili lanac centralnih sistema

Ove mreža nastaje integracijom dva ili više centralnih sistema i najčešće se primjenjuje kod izduženih radilišta, kompleksa objekata, itd...



Slika 6. Kombinacija različitih oblika geodetske mreže

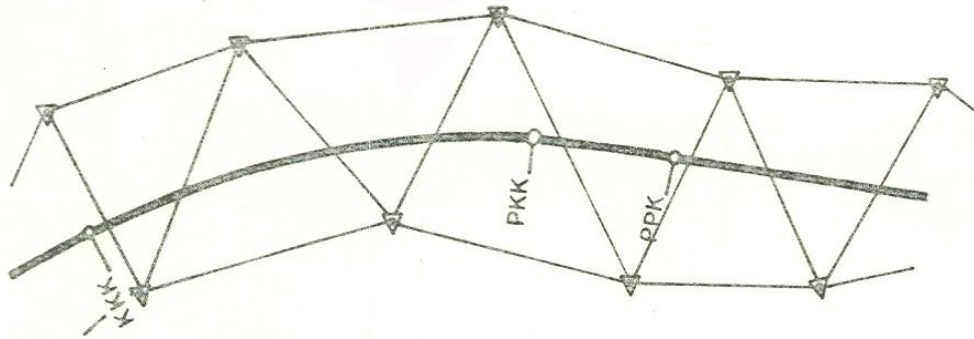
Ovaj oblik mreže je isključivo zavistan od oblika objekta i formira se kao kombinacija različitih sistema. Najčešća kombinacija – geodetski četvorougao i centralni sistem.

Inače, geodetske mreže za posebne namjene se razvijaju u neposrednoj okolini objekta, tako da je važno obezbijediti da objekat ne predstavlja prepreku dogledanju između tačaka.

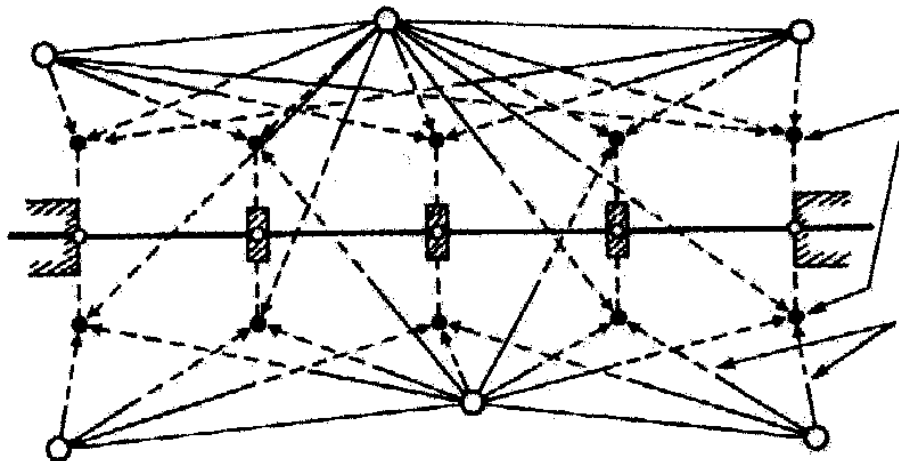
Na slikama ispod mogu se vidjeti neki primjeri geodetskih mikro mreža.



Slika 7. Mikro-mreže na branama



Slika 8. Mikro-mreža saobraćajnice



Slika 9. Mikro-mreža mosta

S' obzirom na dimenzije koordinatnog sistema u kome je definisan položaj tačaka geodetske mreže, postoje visinske, horizontalne i trodimenzionalne mreže.

- Visinske mreže – (jednodimenzionalni model -1D) su skup tačaka (repera) sa poznatim kotama (visinom iznad nivoa mora);

- Horizontalne mreže – (dvodimenzionalni model - 2D) predstavljaju skup tačaka sa poznatim 2D koordinatama u datom kordinatnom sistemu (X i Y, latituda i longituda i sl.).

Ovakva podela mreža je samo okvirna jer je poznato da i reperi moraju imati određen neki horizontalni položaj, kao što i tačke horizontalne mreže moraju imati određenu kotu. Razlika je samo u tačnosti određivanja ovih koordinata.

- Prostorne mreže – (trodimenzionalni model 3D); Razvoj geodezije i globalnog pozicioniranja kao i potreba za predstavljanjem prostora u 3D dovodi do potrebe za trodimenzionalnim mrežama, čije tačke imaju definisane sve tri prostorne koordinate.

Prema vrsti mjerenih veličina koje služe za pozicioniranje tačaka mreže, razlikuju se sledeće metode za postavljanje geodetskih mreža:

- Terestričke (triangulacija, trilateracija, triangotrilateracija, precizna poligonometrija, precizni nivelman);

- Satelitske (GPS, GLONASS, GALILEO);

- Kombinacija prethodno navedenih metoda.

Sa aspekta inženjerskog pristupa važna je podjela na državne i lokalne mreže.

Ove mreže se razlikuju po: tačnosti, geometriji i rasprostranjenosti. Državna mreža pokriva područje cijele države ili veći njen dio, dok lokalna geodetska pokriva samo zonu građevinskog objekta. Dok je geometriju državne mreže lakše isprojektovati, to geometriju lokalne geodetske mreže diktira topografija terena na kom se gradi objekat. I u pogledu tačnosti lokalna geodetska je mnogo tačnija jer se zahtijeva i veća tačnost obilježavanja zbog čega se uglavnom i razvija a ne koristi se državna. Lokalne geodetske mreže biće detaljnije opisane u nekom od narednih predavanja.