

Inženjerska geodezija 1

PREDAVANJE

GODETSKO OBELEŽAVANJE

dr Milutin Pejović, dipl.geod.inž.

mpejovic@grf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Odsek za geodeziju i geoinformatiku

Beograd, 2026.



GEODETSKO OBELEŽAVANJE OBJEKATA

- **Terminologija:** Geodetsko obeležavanje ili iskolčavanje (eng. *setting-out, stake-out, Layout surveying, Construction layout*).
- Geodetsko obeležavanje objekata podrazumeva prenošenje projektovane geometrije objekta na teren koji je predviđen za izgradnju (pozicioniranje u prostoru geometrije projektovanog objekta),
- Geodetsko obeležavanje objekata je obrnut proces od geodetskog snimanja objekata. Kod geodetskog obeležavanja ne postoji objekat na terenu.
- Kao što se objekat gradi po fazama, tako se izvršavaju i geodetski zadaci na obeležavanju objekata.
- ISO 7078: 1985 *Building Construction – Procedures for Setting Out, Measurement and Surveying – Vocabulary and Guidance Notes*:
 - *Setting Out is the establishment of the marks and lines to define the position and level of the elements for the construction work so that works may proceed with reference to them. This process may be contrasted with the purpose of Surveying which is to determine by measurement the positions of existing features*

ŠTA JE PREDMET OBELEŽAVANJA?

- Karakteristične tačke objekta – tačke koje diskrežuju geometriju objekta (npr. liniju trase, granice građenja, pozicije stubova itd.)
- Građevinske mašine i opremu (pozicioniranje/navođenje)

CILJEVI GEODETSKOG OBELEŽANJA

- Obeležavanje mora biti **potpuno**, u skladu sa projektom i dogovorenim pozicijama, tako da omogući nesmetan nastavak radova u skladu sa tehnologijom građenja.
- Apsolutni i relativni položaji obeleženih elemenata objekta moraju odgovarati projektovanim položajima, u okviru dopuštenih odstupanja (tolerancija).
- Dimenzije obeleženih elemenata moraju odgovarati projektovanim dimenzijama, u okviru dopuštenih odstupanja.
- Obeležavanje mora biti usklađeno sa dinamikom izvođenja radova, kako ne bi predstavljalo ograničenje ili zastoј u procesu gradnje.

KAKVO OBELEŽAVANJE MOŽE BITI

PO POLOŽAJU

- Položajno (2D) geodetsko obeležavanje,
- Visinsko (1D) geodetsko obeležavanje,
- 3D geodetsko obeležavanje.

PO NAČINU POZICIONIRANJA

- Markiranje tačaka na terenu,
- Navođenje elemenata i mašina.



PREDUSLOVI USPEŠNOG GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

Uspešno je ono obeležavanje koje ispunjava ciljeve!

Za uspešno obeležavanje neophodno je:

- Postojanje (ili priprema) geodetske mreže, odgovarajuće tačnosti.
- Izbor odgovarajuće metodologije i geodetskih instrumenata,
- Dobra priprema podataka,
- Kontrola geodetskog obeležavanja.



PROCES GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

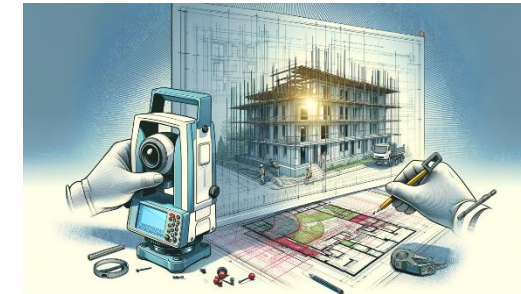
1. Analiza projekta i ulaznih podataka:

- analiza Projekta geodetskog obeležavanja (ako postoji)
- analiza tehničkih crteža,
- pozicija izgradnje,
- upoznavanje sa tehnologijom izgradnje (od tehnologije izgradnje zavise potrebe izvođača za geodetskim obeležavanjem),
- upoznavanje sa ograničenjima i mogućnosti (okolnosti na gradilištu, lokacija tačaka mreže itd.),



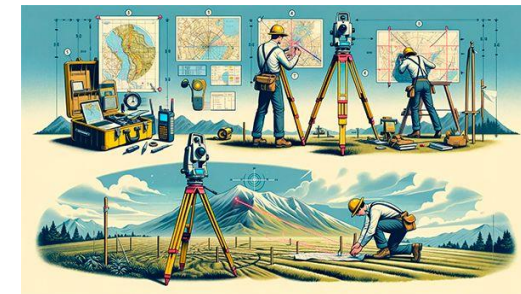
2. Priprema za geodetsko obeležavanje

- Analitička razrada projekta,
- Priprema podataka,
- Izbor metode obeležavanja,
- Kontrola geodetske mreže.
- Kontrola ispravnosti i podešenosti instrumenta



3. Obeležavanje na terenu

- Pozicioniranje instrumenta
- Obeležavanje (Iskolčavanje)
- Kontrola geodetskog obeležavanja
- Osiguranje obeleženih tačaka
- Arhiviranje dokumentacije geodetskog obeležavanja.



Proces geodetskog obeležavanja – Faza 1

1. Analiza projekta i ulaznih podataka

a. Analiza projekta geodetskog obeležavanja (ako postoji)

Projekat geodetskog obeležavanja definiše metodologiju geodetskog obeležavanja za svaku fazu (pozicije građenja). Na osnovu prethodno definisanih građevinskih tolerancija za svaku poziciju izgradnje, u okviru projekta geodetskog obeležavanja definisana je metodologija (izbor metode obeležavanja, priprema podataka, procedure na merenja i kontrole na terenu, kao i način dokumentovanja geodetskih radova tokom obeležavanja.)

b. Analiza ulaznih podataka (tehničkih crteža)

Geometrija objekta koji se gradi grafički je predstavljena u okviru tehničkih crteža građevinskog projekta. Ti crteži najčešće predstavljaju ulazne podatke za geodetsko obeležavanje. Na osnovu tehničkih crteža moguće je sagledati geometriju objekta, pozicije i relativne odnose konstruktivnih elemenata, dimenzije konstruktivnih elemenata, kao i pozicije i odnose glavnih osa konstrukcije objekta. **Važno je biti siguran da ulazni podaci (tehnički crteži) koji su dobijeni, predstavljaju poslednju verziju projektnog rešenja.**

c. Analiza faze (pozicije) izgradnje

U okviru ovog postupka, zadatak geodetskog inženjera je da razume fazu izgradnje objekta koja se najavljuje i da iz ulaznih podataka izdvoji ono što je ključno i potrebno za realizaciju geodetskog obeležavanja za određenu fazu izgradnje objekta.

d. Upoznavanje sa tehnologijom izgradnje

Tehnologija izgradnje je način na koji se realizuje izgradnja nekog objekta ili dela objekta (temeljne konstrukcije, nadzemne konstrukcije itd.). U zavisnosti od tehnologije izgradnje razlikuju se potrebe izvođača za geodetskim obeležavanjem. Na primer, kod izlivanja betonskih konstruktivnih elemenata na terenu potrebno je obeležiti pozicije oplata, dok je kod montaže prefabrikovanih elemenata potrebno obeležiti pozicije oslonaca ili ankera. Ili kod izgradnje infrastrukturnih linijskih objekata (puteva itd.), razlikuje se postupak obeležavanja u zavisnosti od tehnologije građenja. Na primer, primena „machine control“ sistema podrazumeva podešavanje sistema koji će automatizovani navoditi građevinsku mehanizaciju.

e. Upoznavanje sa ograničenjima na gradilištu

Od geodetskog inženjera očekuje se dobro poznavanje okolnosti na gradilištu. Tu se misli na prostornu organizaciju gradilišta, raspored mehanizacije, materijala, kao i geodetske mreže objekta. To može biti izrazito determinišući faktor u realizaciji geodetskog obeležavanja. Na primer, izgradnja nekog dela objekta može biti prostorno izolovana i podrazumeva prethodnu razradu postupka geodetskog obeležavanja, jer već ustaljeni pristupi nisu primenljivi.

Proces geodetskog obeležavanja – Faza 2

1. Priprema za geodetsko obeležavanje

a. Analitička razrada projekta

Analitička razrada projekta podrazumeva geometrijsku aproksimaciju konstruktivnog sistema, odnosno položaja, rasporeda i međusobnih odnosa konstruktivnih elemenata, osnovnim geometrijskim elementima (tačka, prava/kriva linija, površi itd.) i izračunavanje koordinata tačaka koji definišu položaj i dimenzije tih konstruktivnih elemenata koje je potrebno obeležiti u koordinatnom sistemu objekta (geodetske mreže objekta). Stim u vezi, analitička razrada često podrazumeva i georefenciranje ulaznih podataka (tehničkih crteža) kako bi se Rezultat analitičke razrade projekta treba da bude spisak naziva, koordinata i opisa tačaka koje je potrebno obeležiti na terenu. To ne moraju nužno biti karakteristične tačke objekta, već mogu biti i tačke koje će poslužiti za odmeranje na terenu tokom izgradnje.

b. Priprema podataka za obeležavanje

Priprema podataka za obeležavanje podrazumeva izradu prateće dokumentacije (crteža i tabela) koja služi boljem razumevanju šta je predmet geodetskog obeležavanja, kao i pripremu podataka u odgovarajućem file-formatu koji odgovara geodetskoj opremi koja će se koristiti tokom obeležavanja.

c. Izbor metode obeležavanja

Izbor metode obeležavanja zavisi od zahteva koji su diktirani potrebama izgradnje. Zahtevi se mogu odnositi na vrstu, detaljnost i preciznost geodetskog obeležavanja.

d. Kontrola geodetske referentne mreže

Geodetsko obeležavanje podrazumeva pozicioniranje karakterističnih tačaka objekta relativno u odnosu na referentnu geodetsku mrežu objekta ili u odnosu na druge (prethodno markirane) karakteristične tačke objekta. Zbog toga, od ključne je važnosti da geodetska mreža ispunjava uslove prostorne dostupnosti (vidljivosti) i da nisu narušeni relativni odnosi između tačaka, odnosno da geodetska mreža svojom preciznošću ispunjava uslove za adekvatno geodetsko obeležavanje. Iz tog razloga, veoma je važno sprovesti kontrolu geodetske mreže na terenu. Kontrola se sprovodi vizuelnim uvidom i geodetskim merenjima u mreži. Ukoliko referentna geodetska mreža ne ispunjava te uslove, potrebno je izvršiti ponovno uspostavljanje geodetske mreže. U zavisnosti od situacije na gradilištu, to može podrazumevati i uspostavljanje privremenih „radnih“ referentnih tačaka potrebnih za pozicioniranje geodetskog instrumenta. Taj postupak se mora sprovesti uz planirane kontrole kvaliteta novo-uspostavljenih tačaka.

e. Kontrola ispravnosti i podešenosti instrumenta

Kontrola ispravnosti instrumenta obuhvata standardnu proceduru ispitivanja ispravnosti (check) i, po potrebi, podešavanje (adjust) osnovnih geometrijskih, optičkih i elektronskih uslova instrumenta, kako bi se obezbedila tačnost, pouzdanost i sledljivost merenja. Kod totalnih stanica, kontrole obuhvataju proveru tačnosti merenja horizontalnih pravaca (kontrolu kolimacione greške), proveru merenja vertikalnih pravaca (grešku vertikalnog indeksa), kao i kontrolu merenja dužina (EDM), uključujući proveru konstante prizme i stabilnosti mernog sistema. Kod savremenih totalnih stanica instalirani su interni softverski moduli (Check & Adjust) koji omogućavaju sistematsku proveru osnovnih geometrijskih uslova instrumenta, kao i njihovo softversko podešavanje u skladu sa uputstvima proizvođača. Kod optičkih i digitalnih nivelira, kontrole obuhvataju proveru kolimacione greške, proveru ispravnosti libela i rada kompenzatora, dok savremeni digitalni niveliri poseduju i interne softverske rutine za proveru i kalibraciju mernog sistema. Kod GNSS instrumenata ne vrši se klasično mehaničko podešavanje, već se sprovode kontrole koje obuhvataju proveru kalibracije antene, pravilno određivanje visine antene, kao i kontrolu ponovljivosti merenja, dok se pouzdanost sistema obezbeđuje odgovarajućim softverskim podešavanjima i validacijom rezultata.

Proces geodetskog obeležavanja – Faza 3

1. Obeležavanje na terenu

a. Pozicioniranje instrumenta

Pozicioniranje geodetskog instrumenta podrazumeva određivanje položaja i orijentacije geodetskog instrumenta u koordinatnom sistemu u odnosu na geodetsku referentnu mrežu. Na primer, ukoliko se obeležavanje vrši totalnom stanicom, moguća su dva osnovna načina pozicioniranja instrumenta: (1) stanica–orijentacija i (2) slobodno pozicioniranje (free-station). Ovim postupcima se geodetskom instrumentu „saopštavaju“ njegova trenutna prostorna pozicija i orijentacija, čime se obezbeđuje pravilna veza između projektovanih koordinata i merenja na terenu. Kod visinskog obeležavanja geometrijskim nivelmanom, pozicioniranje instrumenta podrazumeva određivanje visine horizontalne vizure instrumenta u odnosu na referentnu visinsku tačku (reper). Podrazumeva se ispravno postavljanje (centrisanje) i horizontiranje instrumenta. Kao i svaki drugi posao, pozicioniranje instrumenta se završava kontrolom. Kontrola pozicioniranja se najčešće izvodi obeležavanjem (iskolčavanjem) poznatih markiranih tačaka.

b. Obeležavanje (Iskolčavanje)

Geodetsko obeležavanje na terenu podrazumeva precizno pozicioniranje i markiranje karakterističnih tačaka ili pozicioniranje građevinske mehanizacije ili opreme. Sam postupak obeležavanja se razlikuje u zavisnosti od usvojene metode (o metodama u narednim slajdovima). Markiranje tačaka vrši se na različite načine. Na primer, kod grubih građevinskih radova, koriste se drveni kočici sa markiranom tačkom na vrhu. Kod radova koji zahtevaju veću preciznost, tačke se precizno markiraju specijalnim signalima (markerima).

c. Kontrola geodetskog obeležavanja

Kontrola geodetskog obeležavanja je obavezan korak kojim se završava geodetsko obeležavanje. Kontrola geodetskog obeležavanja ima za cilj proveru tačnosti i pouzdanosti obeleženih tačaka i elemenata objekta u odnosu na projektovane položaje i dopuštena odstupanja. Kontrola se može realizovati ponavljanjem obeležavanja istim instrumentom i priborom, ali uz korišćenje drugih orijentacionih tačaka, kao i ponavljanjem obeležavanja drugim instrumentom, priborom i nezavisnom ekipom, čime se obezbeđuje nezavisnost merenja. Dodatno, kontrola se sprovodi merenjem frontova, odnosno rastojanja između obeleženih tačaka, kao i merenjem uglova između njih, radi provere relativnih odnosa i geometrijske konzistentnosti obeležavanja. U praksi se često primenjuje kombinacija metoda, pri čemu se obeležavanje vrši presecanjem pravaca unapred, dok se kontrola obeležavanja realizuje presecanjem pravaca unazad. Konačno, rezultati kontrolnih merenja analiziraju se primenom matematičkog modelovanja i statističkog testiranja hipoteza, čime se donosi objektivna odluka o prihvatljivosti obeležavanja u odnosu na propisane tolerancije.

d. Osiguranje obeleženih tačaka

Osiguranje obeleženih tačaka predstavlja važnu preventivnu meru kojom se obezbeđuje očuvanje položaja obeleženih tačaka tokom trajanja građevinskih radova. S obzirom na to da su obeležene tačke često izložene oštećenju ili uništenju usled kretanja mehanizacije, zemljanih radova ili promena u organizaciji gradilišta, neophodno je primeniti odgovarajuće metode njihovog osiguranja. One obuhvataju fizičku zaštitu tačaka, prenos referenci na stabilne i bezbedne lokacije (pomoćne tačke), kao i dokumentovanje njihovog položaja putem mernih zapisa, skica i fotografija. Na ovaj način obezbeđuje se mogućnost ponovne uspostave obeležavanja u slučaju oštećenja ili gubitka tačaka, čime se smanjuje rizik od grešaka, zastoja u radovima i dodatnih troškova.

e. Arhiviranje dokumentacije geodetskog obeležavanja

Arhiviranje dokumentacije geodetskog obeležavanja predstavlja takođe važan korak kojim se završava geodetsko obeležavanje. Arhiva treba da sadrži izveštaj iz instrumenta o izvršenom obeležavanju, kao dokaz da je obeležavanje zaista vršeno i da je urađeno u skladu sa kriterijumima koji su propisani ili usvojeni. Pored toga, dokumentacija treba da sadrži opis toka podataka: Koji su bili ulazni podaci, pripremljeni podaci, izveštaj obeležavanja iz instrumenta, rezultati kontrile i fotografije sa terena.

SUMARNO O POSTUPKU GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

1. **Geodetsko obeležavanje je planski, kontrolisan i dokumentovan proces**, kojim se projektovana geometrija objekta prenosi u prostor u skladu sa zahtevima projekta, tehnologijom građenja i propisanim tolerancijama. Njegov kvalitet zavisi od celovitog sagledavanja svih faza procesa.
2. **Osnovu uspešnog obeležavanja čini temeljna analiza projekta i ulaznih podataka**, uključujući razumevanje projektne dokumentacije, tehnologije izvođenja i ograničenja na gradilištu. Bez jasnog sagledavanja zahteva projekta nije moguće izabrati adekvatnu metodologiju niti obezbediti potrebnu tačnost.
3. **Jednako važna je kvalitetna priprema geodetskog obeležavanja**, koja obuhvata analitičku razradu projekta, pripremu i proveru podataka, kontrolu i stabilnost geodetske mreže, kao i proveru ispravnosti i podešenosti geodetskih instrumenata. Greške u ovoj fazi direktno se prenose na teren i teško se ispravljaju u kasnijim fazama gradnje.
4. **Samo izvođenje obeležavanja na terenu mora biti precizno, kontrolisano i pravovremeno**, uz pravilno pozicioniranje instrumenta, obeležavanje projektovanih elemenata, kontrolu izvršenog obeležavanja i osiguranje obeleženih tačaka od oštećenja ili uništenja. Obeležavanje mora pratiti dinamiku radova i omogućiti nesmetano izvođenje građevinskih aktivnosti.
5. **Kontrola i dokumentovanje predstavljaju neodvojivi deo procesa**, jer obezbeđuju proveru tačnosti, mogućnost ponovne uspostave obeležavanja i pravnu i tehničku sledljivost izvedenih radova.

PRIBOR ZA GEODETSKO OBELEŽAVANJE

1. Geodetski pribor za obeležavanje obuhvata skup instrumenata i pomoćnih sredstava koja omogućavaju precizan i jasan prenos projektovanih elemenata u prostor. Osnovu čine geodetski instrumenti, kao što su totalna stanica, GNSS prijemnici i niveliri, koji omogućavaju određivanje položaja tačaka u odgovarajućem koordinatnom i visinskom sistemu.
2. Pored mernih instrumenata, u praksi se koriste i sredstva za fizičko obeležavanje tačaka na terenu, kao što su drveni ili plastični kočići, koji služe za privremeno označavanje položaja tačaka, naročito u početnim fazama izgradnje i kod zemljanih radova. Za vizuelno isticanje obeleženih položaja često se koristi sprej u boji, kojim se naglašavaju linije, ivice i karakteristične tačke objekta.
3. Za trajnije obeležavanje koriste se ekseri, bolcne i slični metalni markeri, koji se ugrađuju u beton, asfalt ili druge čvrste podloge, uz upotrebu odgovarajućeg alata (čekić i sl.). Ovakav pribor omogućava dugotrajnije očuvanje obeleženih tačaka i olakšava njihovu kontrolu i ponovnu upotrebu tokom daljeg toka gradnje.

METODE POLOŽAJNOG 2D GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

Metode položajnog 2D obeležavanja:

- Polarna metoda,
- Ortogonalna metoda,
- Metoda presecanja pravaca,
- Lučni presek
- GNSS pozicioniranje

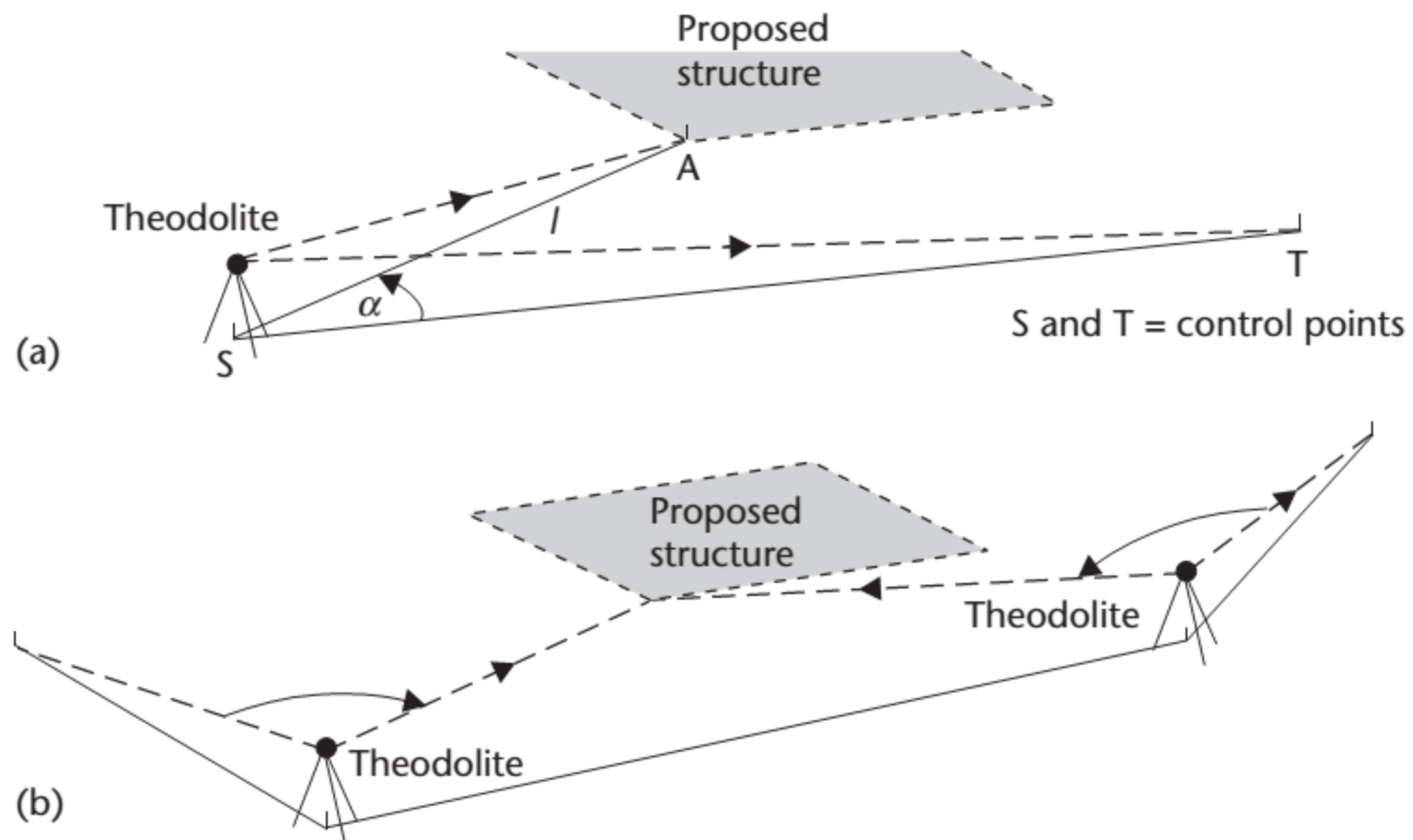
POLARNA METODA POLOŽAJNOG OBELEŽAVANJA

Polarna metoda obeležavanja podrazumeva odmeranje horizontalnog ugla u odnosu na orijentacionu tačku (polarnog ugla) i horizontalne dužine.

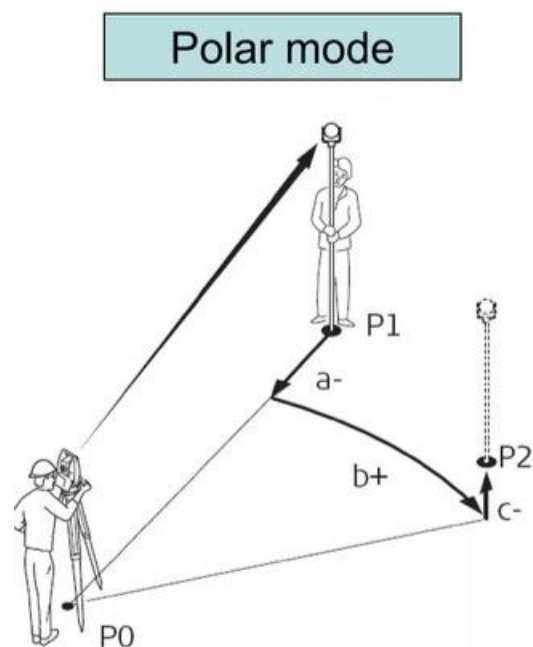
Procedura polarnog obeležavanja podrazumeva:

1. Postavljanje i podešavanje instrumenta (totalne stanice) na poznatu tačku,
2. Unošenje informacija o koordinatama tačaka stanice i orijentacije,
3. Viziranje orijentacione tačke i podešavanje horizontalnog ugla na $H_z=0^\circ$,
4. Odmeravanje polarnog ugla,
5. Grubo navođenje signala (prizme na štapu) na pravac vizure i odmeranje dužine,
6. Markiranje grubog položaja (kočića)
7. Precizno navođenje signala i markiranje tačke.

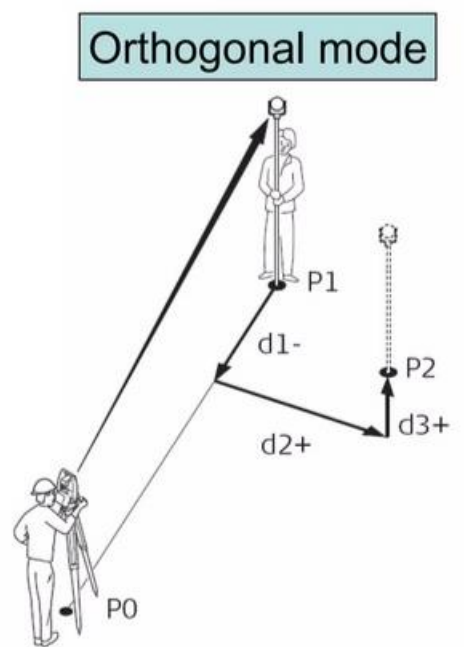
POLARNA METODA POLOŽAJNOG OBELEŽAVANJA



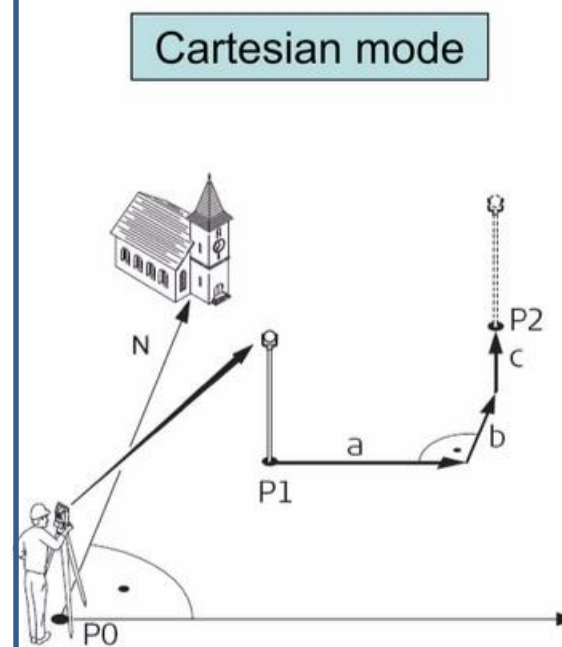
POLARNA METODA POLOŽAJNOG OBELEŽAVANJA



- P0 Instrument station
- P1 Current position
- P2 Point to be staked
- a- Δ Length: Difference in horizontal distance
- b+ Δ Hz: Difference in direction
- c+ Δ Height: Difference in height



- P0 Instrument station
- P1 Current position
- P2 Point to be staked
- d1- Δ Length: Difference in longitudinal distance
- d2+ Δ Trav: Difference in perpendicular distance
- d3+ Δ Height: Difference in height



- P0 Instrument station
- P1 Current position
- P2 Point to be staked
- a Δ East: Difference in Easting coordinate
- b Δ North: Difference in Northing coordinate
- c Δ Height: Difference in height

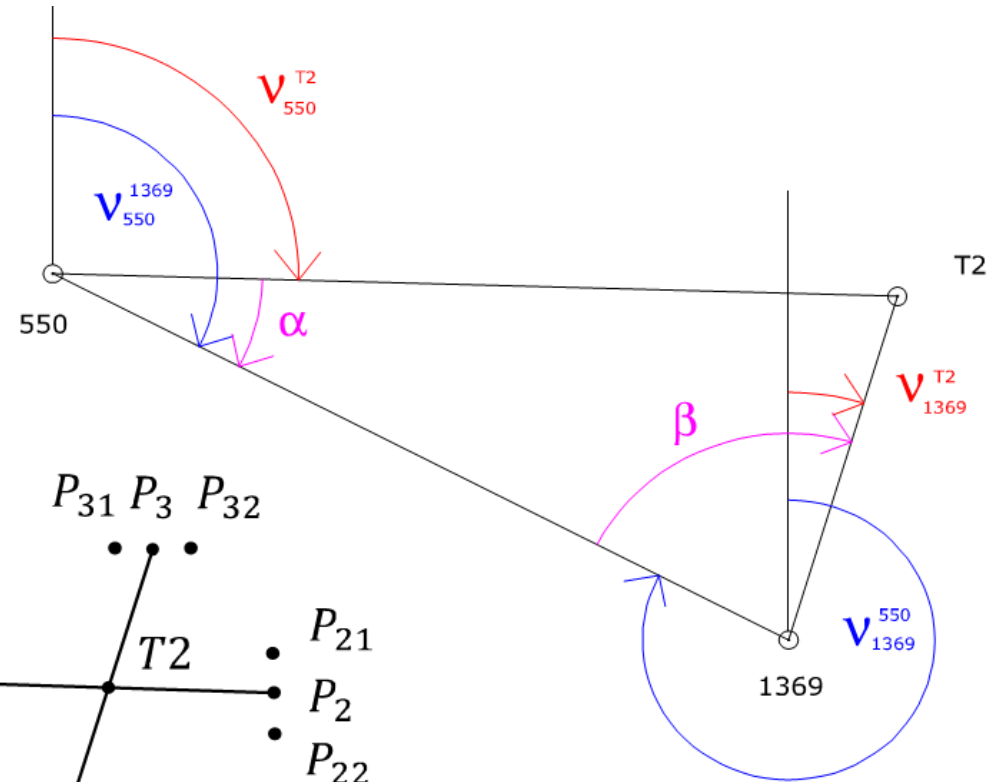
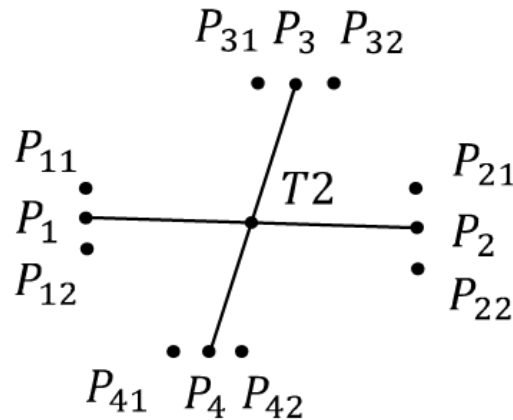
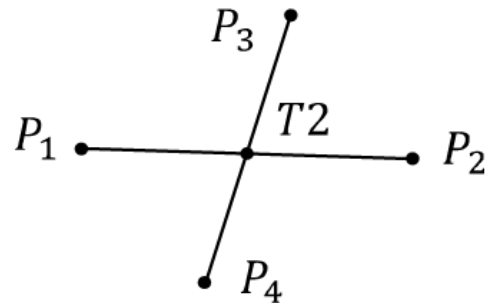
22

METODA PRESECANJA PRAVACA

➤ Računanje elemenata za obeležavanje:

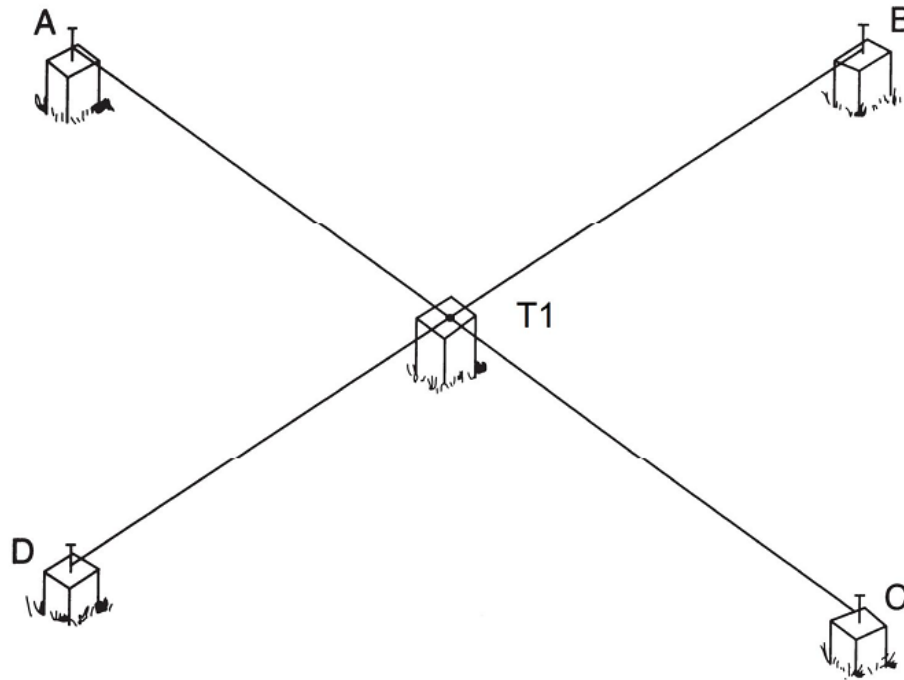
$$\alpha = v_{550}^{1369} - v_{550}^{T2},$$

$$\beta = v_{1369}^{T2} - v_{1369}^{550} + 360^\circ.$$



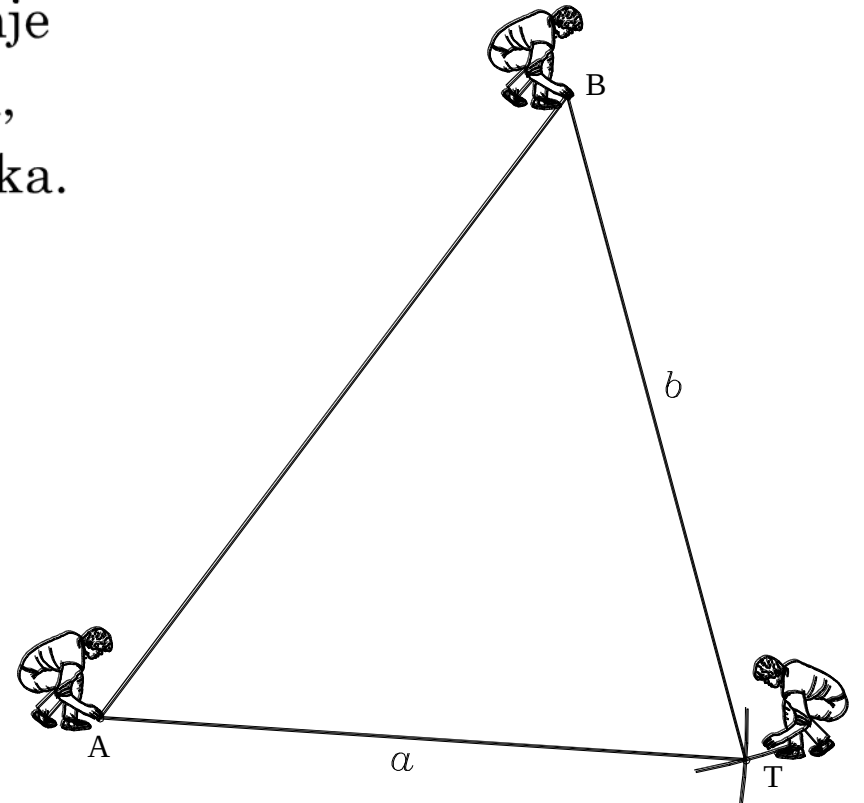
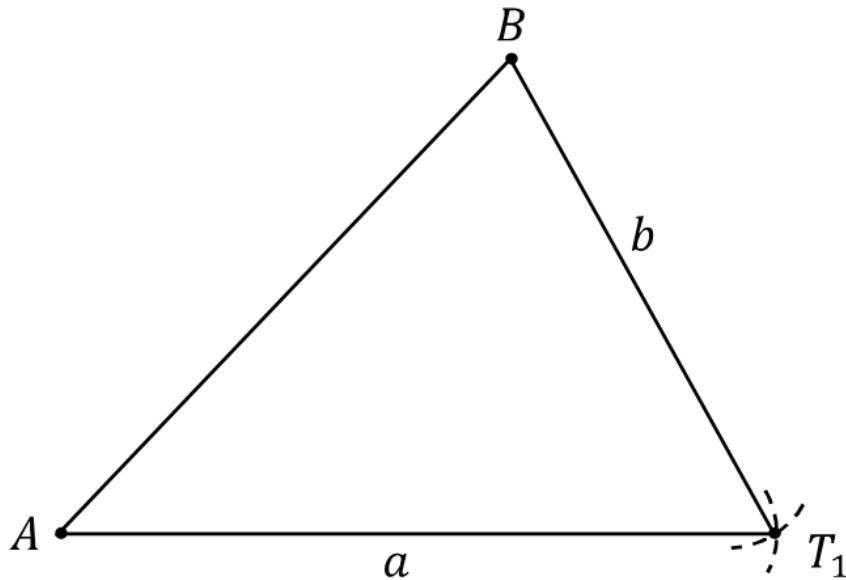
METODA DIREKTNOG PRESECANJA PRAVACA

Obeležavanje direktnim presekom pravaca napred podrazumeva direktno viziranje ili zatezanje kanapa između datih tačaka.



METODA LUČNOG PRESEKA (ODMERANJA DUŽINA)

Obeležavanje lučnim presekom podrazumeva odmeranje dve dužine od poznatih tačaka prema nepoznatoj tački, pri čemu se u preseku tih dužina dobija nepoznata tačka.



OBELEŽAVANJE POLOŽAJA GNSS TEHNOLOGIJOM

Obeležavanje položaja tačaka primenom GNSS tehnologije vrši se direktnim pozicioniranjem GNSS prijemnika na zadate koordinate tačke koja se obeležava.

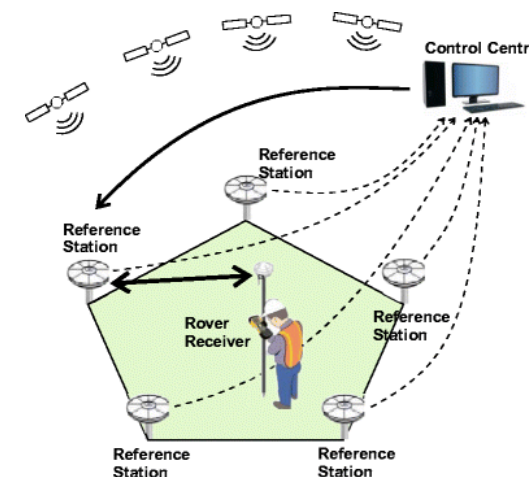
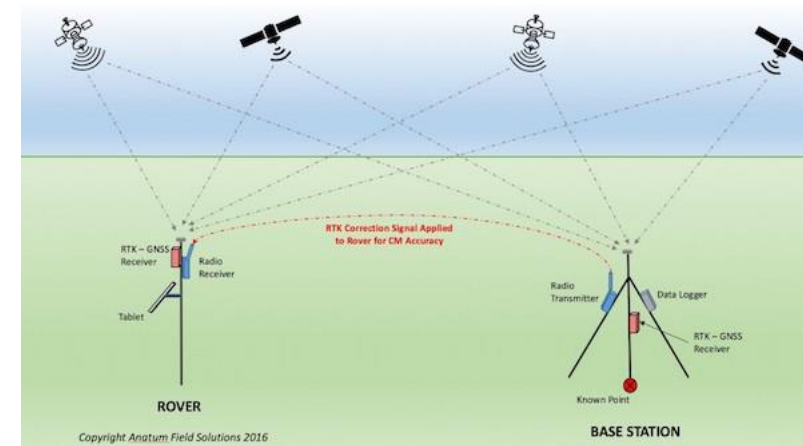
Preduslov uspešnog pozicioniranja tačke GNSS tehnologijom je ispravno definisan koordinatni sistem, odnosno parametri transformacije iz WGS84 koordinatnog sistema u koordinatni sistem projekta.



OBELEŽAVANJE POLOŽAJA GNSS TEHNOLOGIJOM

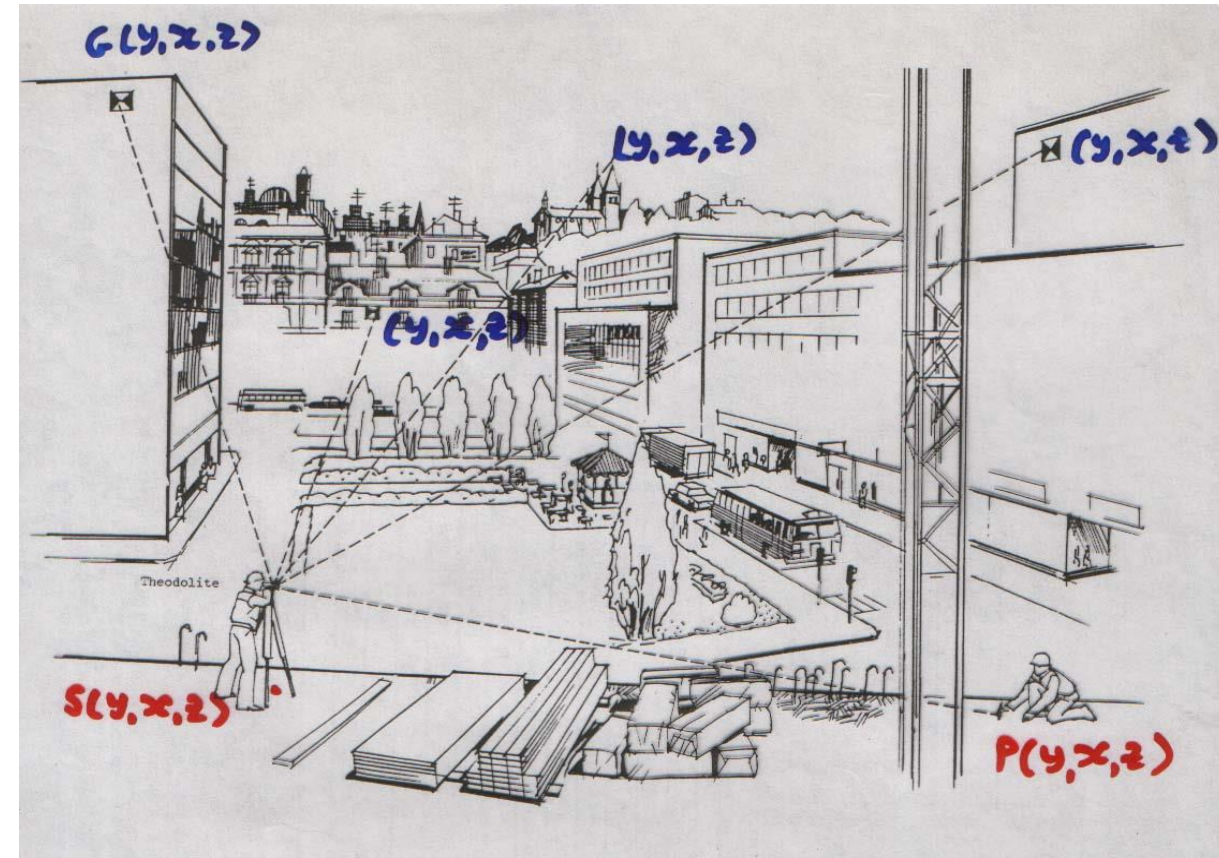
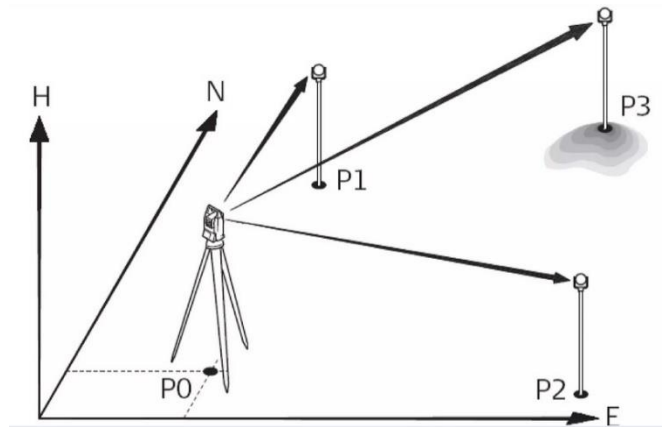
Obeležavanje se može izvršiti:

- Korišćenjem lokalnog RTK sistema Baza-Rover (10mm+1ppm horizontalno i 20mm+1 ppm visinski)
- Korišćenjem mrežnog RTK sistema (10-20mm+1ppm horizontalno i 15-30mm+1 ppm visinski)



PRIMENA PRAKTIČNIH SOFTVERA INSTALIRANIH U INSTRUMENTU

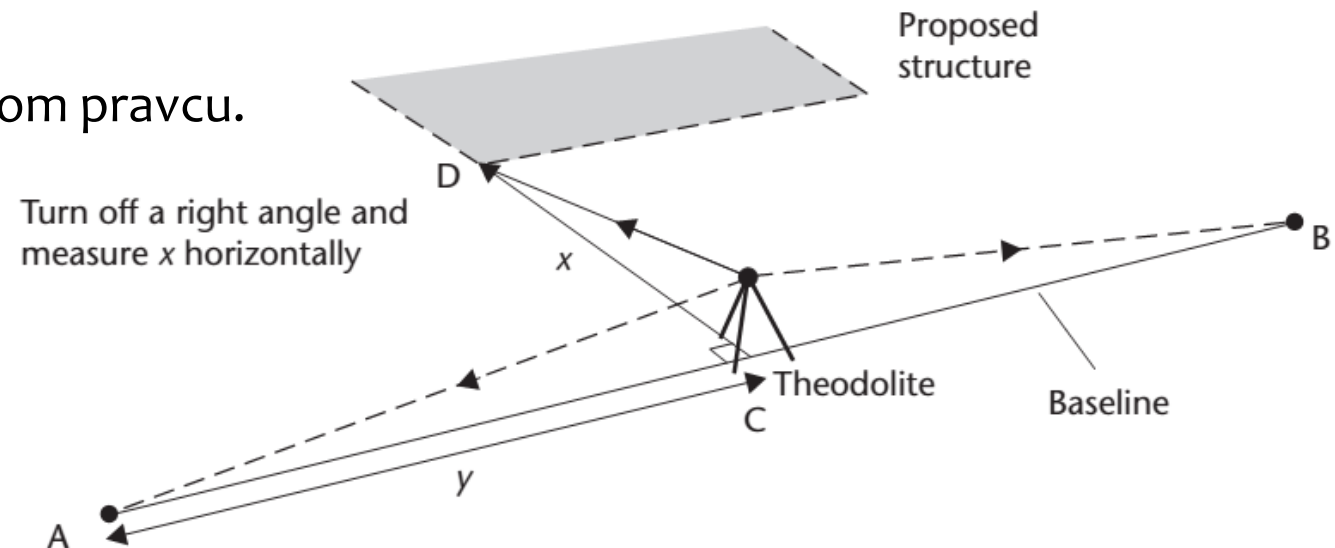
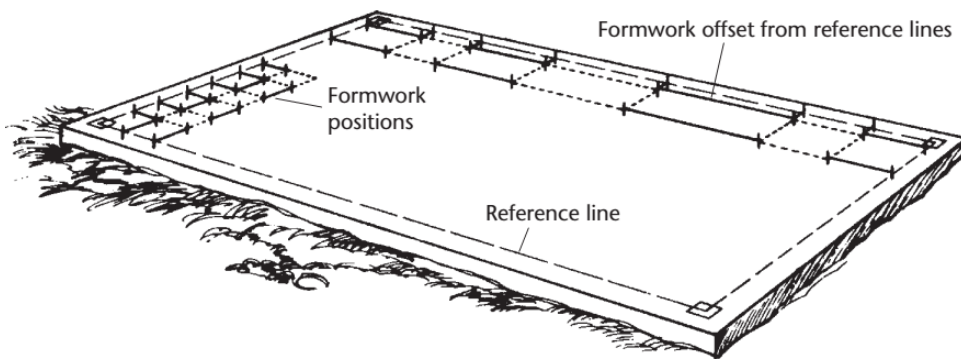
Free-station (Slobodna stanica): Omogućava pozicioniranje instrumenta u koordinatnom sistemu geodetske mreže (projekta) metodom presecanja pravaca nazad. Primena slobodne stanice omogućava pozicioniranje instrumenta na pogodnu poziciju sa koje je moguće obeležiti ili snimiti tačke objekta.



PRIMENA PRAKTIČNIH SOFTVERA INSTALIRANIH U INSTRUMENTU

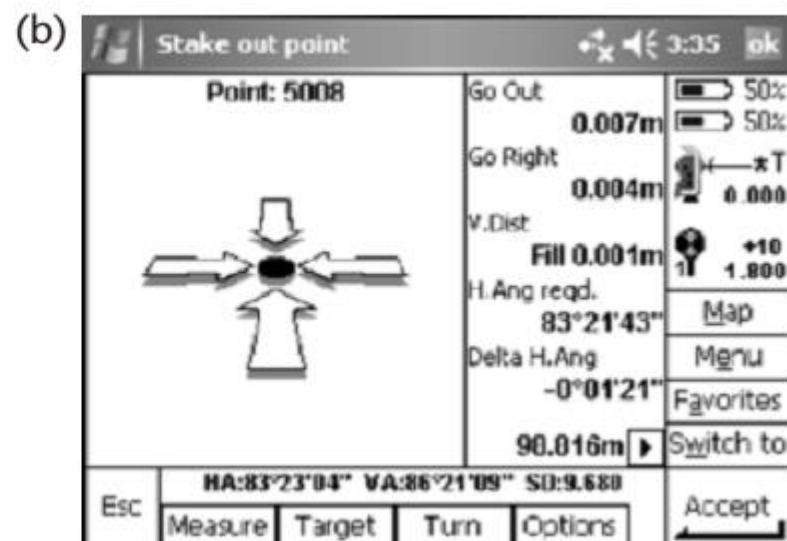
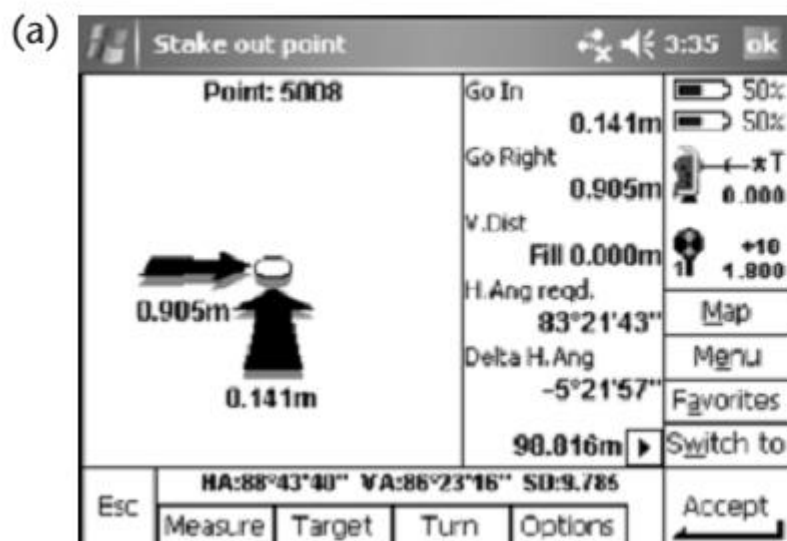
Reference line (referentna linija): Referentna linija je drugi najčešće korišćeni softver u modernim totalnim stanicama. Ona omogućava formiranje virtuelne linije od dve poznate tačke ili od dve snimljene tačke, na osnovu koje je moguće dobiti ortogonalno ili polarno udaljenje tačke koja se obeležava ili tačke koja se snima. Pogodno je za:

- Obeležavanje i kontrolu tačaka na liniji i upravnih odstojanja,
- Obeležavanje i kontrolu tačaka na projektovanom nagibu,
- Obeležavanje tačaka u gridu,
- Obeležavanje segmenata na projektovanom pravcu.



PRIMENA PRAKTIČNIH SOFTVERA INSTALIRANIH U INSTRUMENTU

Stake out (Obeležavanje): Totalne stanice opremljene su adekvatnim softverom za geodetsko obeležavanje. Prethodno pripremljene koordinate tačaka za obeležavanje učitavaju se u instrument i dostupne su softveru za obeležavanje. Potrebno je podesiti stanicu u koordinatnom sistemu objekta (geodetske mreže) i odabrati tačku koju želimo da obeležimo.



PRIMENA PRAKTIČNIH SOFTVERA INSTALIRANIH U INSTRUMENTU

Robotizovane totalne stanice: Robotizovane totalne stanice omogućavaju daljinsku kontrolu nad instrumentom što omogućava smanjenje broja ljudi potrebnih za obeležavanje. Jedan čovek može kontrolisati stanicu i obeležavati tačke na terenu.



VISINSKO (1D) OBELEŽAVANJE

Obeležavanje visina podrazumeva prenošenje projektovanih visina tačaka na teren. U te svrhe koristi se:

- Geometrijski nivelman (nivelir)
- Trigonometrijski nivelman (totalne stanice)
- Rotacioni niveliri
- Hidrostatički nivelman
- GNSS tehnologija

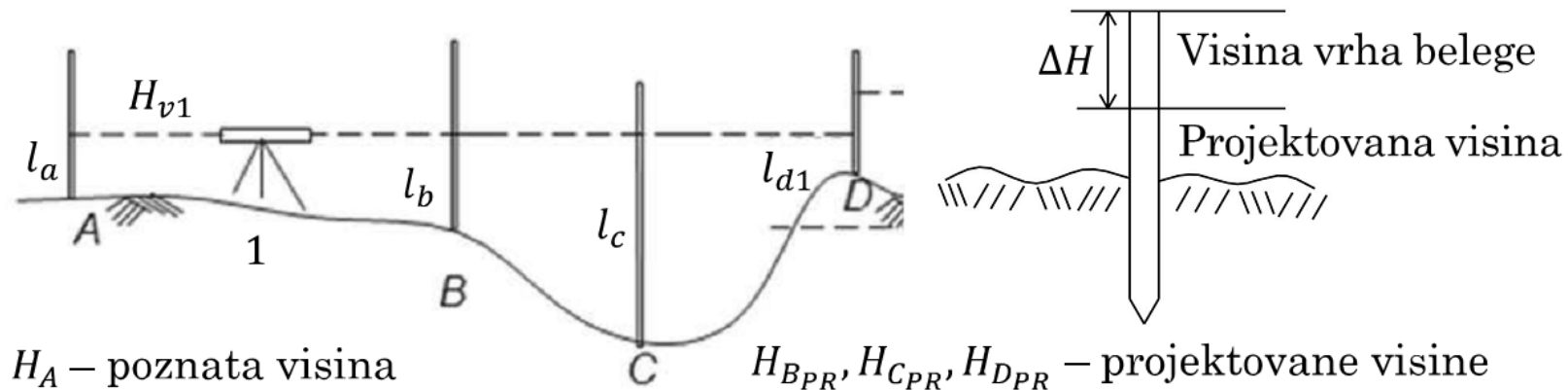
VISINSKO (1D) OBELEŽAVANJE GEOMETRIJSKIM NIVELMANOM

- Obeležavanje visina tačaka geometrijskim nivelmanom zasniva se na određivanju visina tačaka koje se obeležavaju.

$$H_{v1} = H_A + l_a, \quad H_B = H_{v1} - l_b, \quad H_C = H_{v1} - l_c, \quad H_D = H_{v1} - l_{d1}$$

$$\Delta H_B = H_{B_{PR}} - H_B, \quad \Delta H_C = H_{C_{PR}} - H_C, \quad \Delta H_D = H_{D_{PR}} - H_D$$

- Tačke se B, C, D se materijalizuju na terenu, a pored se upisuju vrednosti $\Delta H_B, \Delta H_C$ i ΔH_D .



VISINSKO (1D) OBELEŽAVANJE TRIGONOMETRIJSKIM NIVELMANOM

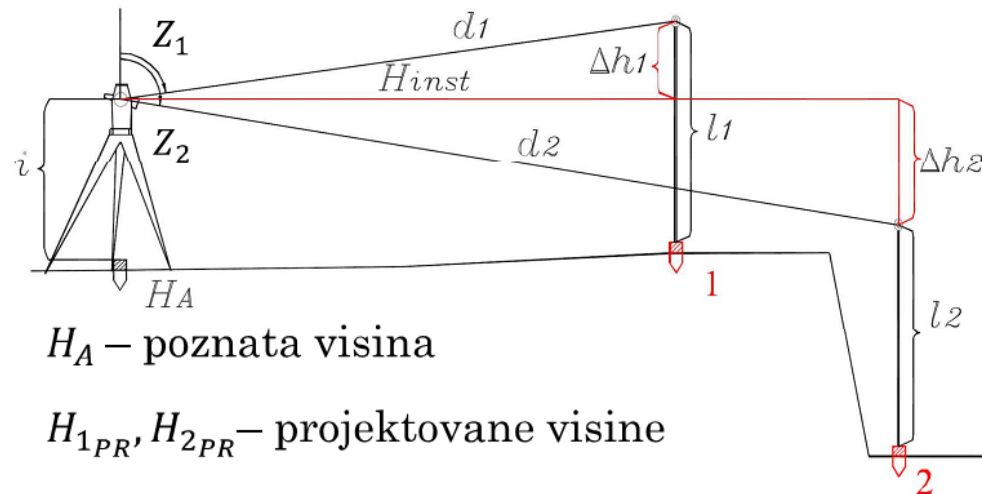
- Obeležavanje metodom trigonometrijskog nivelmana zasniva se na određivanju visine instrumenta i merenju kose dužine i zenitnog ugla do tačke koja se obeležava.

$$H_1 = H_{inst} + d_1 \cdot \cos(Z_1) - l_1, \quad \Delta H_1 = H_{1PR} - H_1$$

$$H_2 = H_{inst} - d_2 \cdot \cos(Z_2) - l_2, \quad \Delta H_2 = H_{2PR} - H_2$$

$$H_{inst} = H_A + i$$

- Tačke 1 i 2 se materijalizuju na terenu i pored njih se upisuju vrednosti ΔH_1 i ΔH_2 .

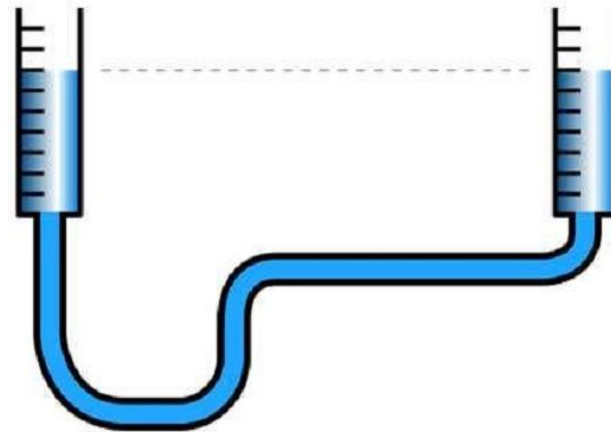


VISINSKO (1D) OBELEŽAVANJE TRIGONOMETRIJSKIM NIVELMANOM

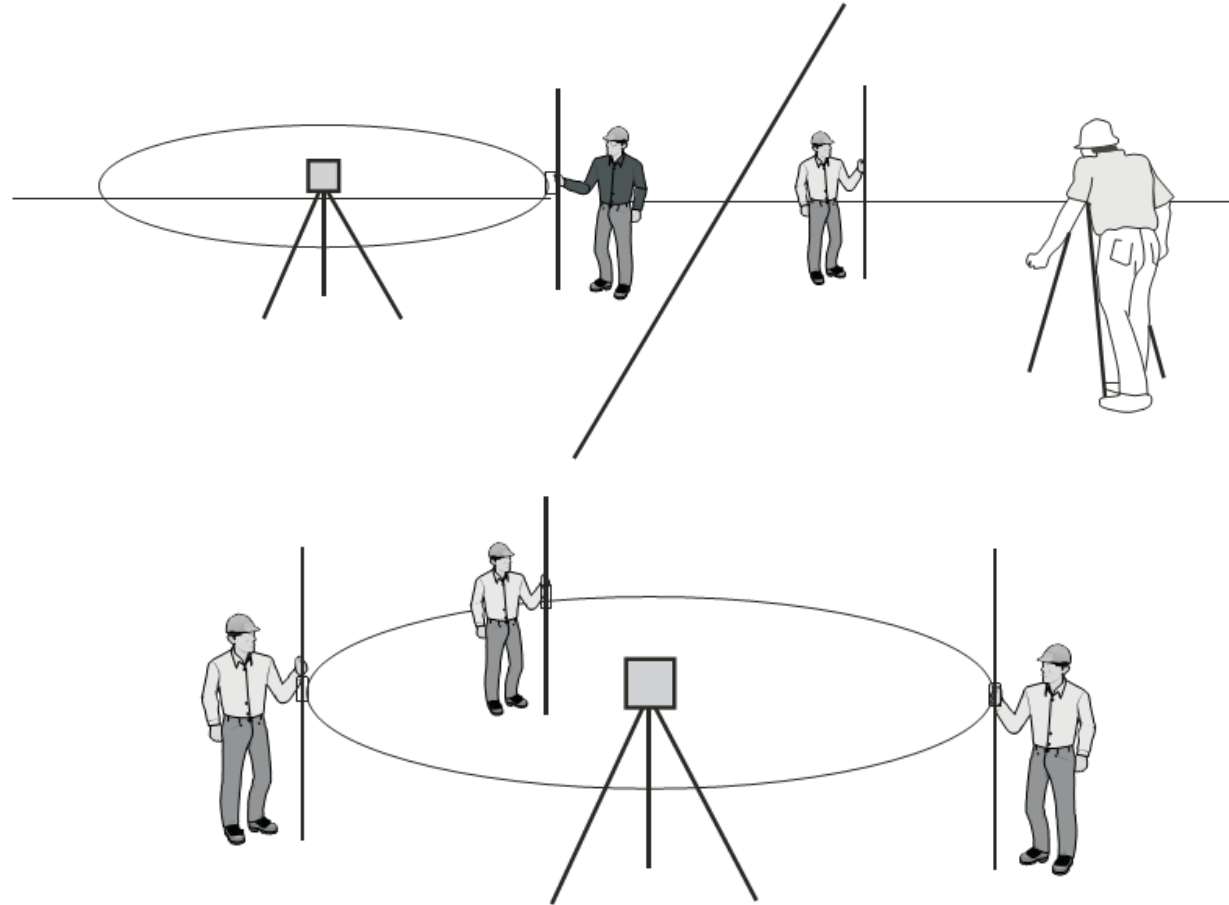
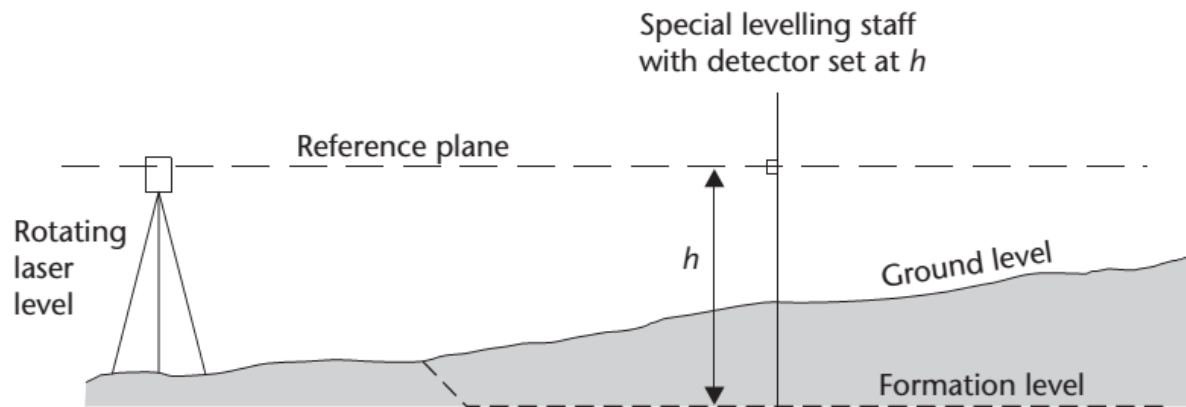


VISINSKO (1D) OBELEŽAVANJE HIDROSTATIČKIM NIVELMANOM

- Obeležavanje visina tačaka metodom hidrostatičkog nivelmana zasniva se na korišćenju pribora koji radi na principu spojenih sudova.
- Dve staklene posude međusobno povezane providnim gumenim crevom koje je napunjeno tečnošću (alkoholom ili destilovanom vodom).



KORIŠĆENJE ROTACIONIH LASERSKIH NIVELIRA



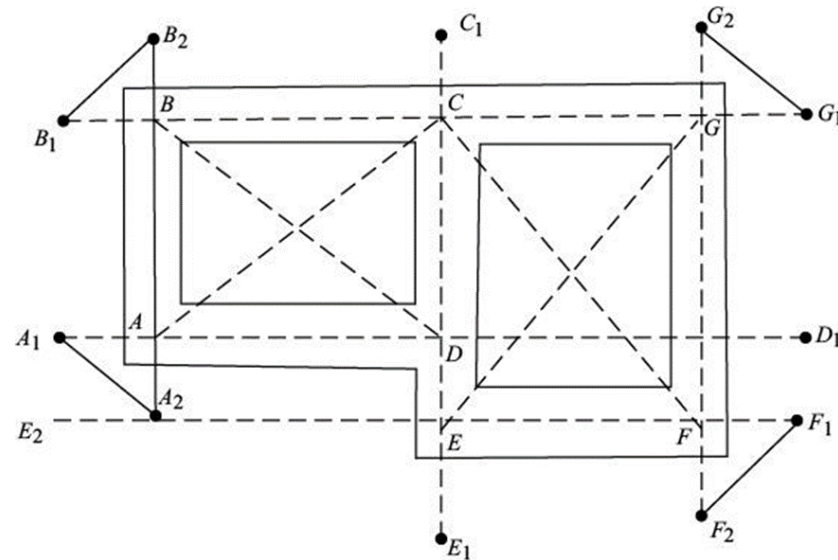
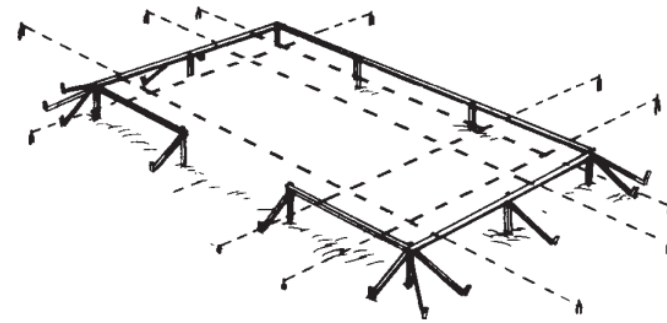
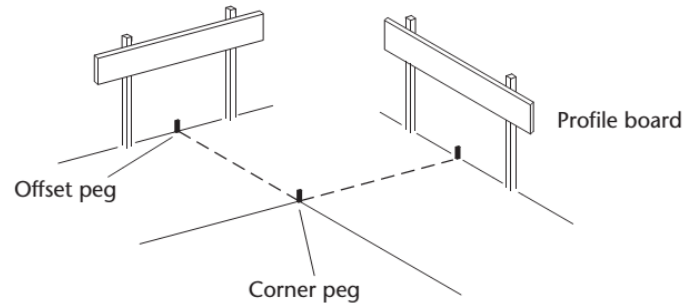
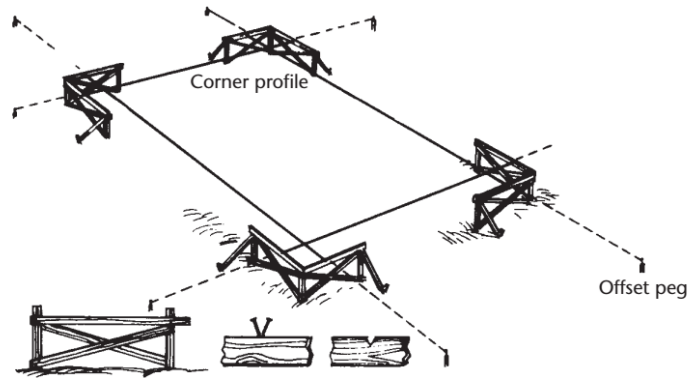
OBELEŽAVANJE ZGRADA

Geodetsko obeležavanje zgrada može se podeliti u faze shodno faza izgradnje:

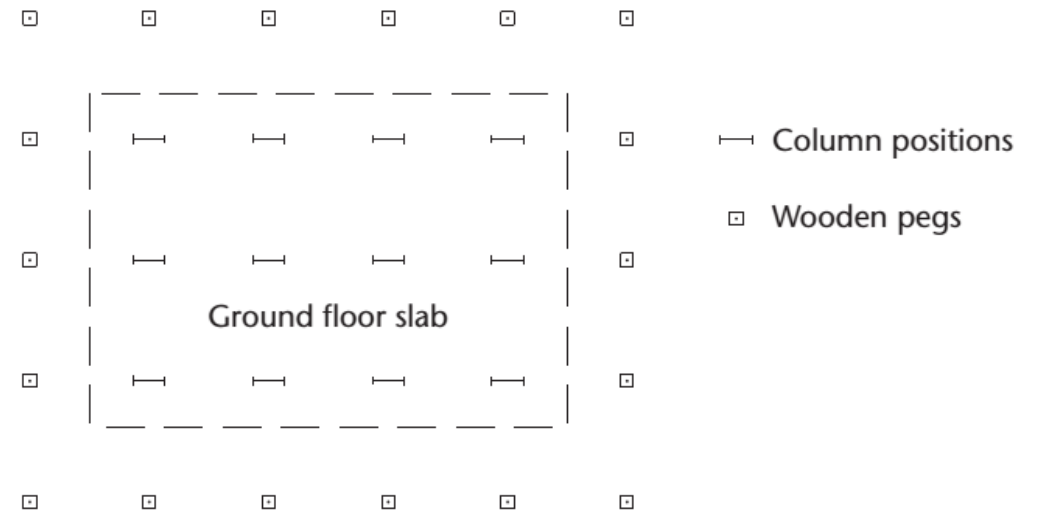
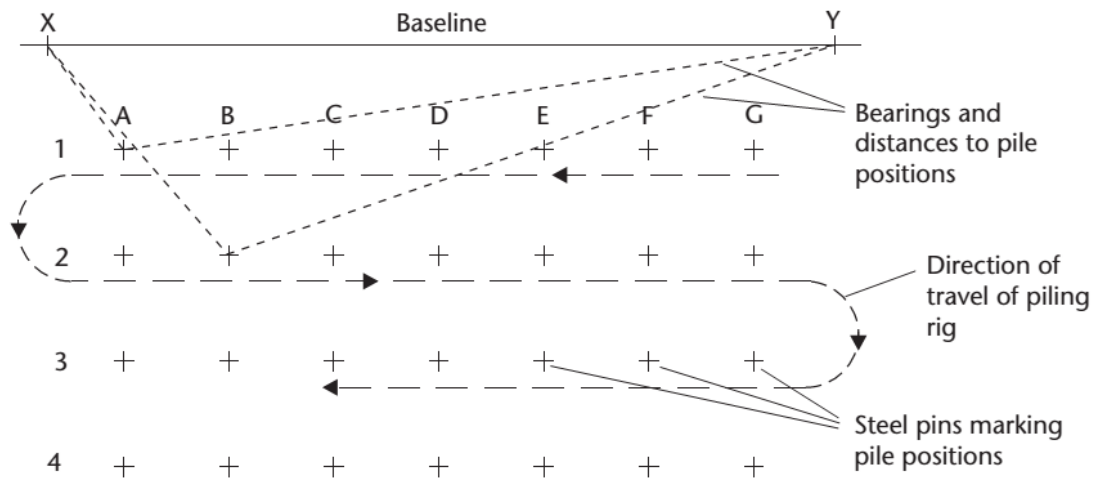
- Pripremni radovi (obeležavanje gradilišta i zemljanih radova)
- Obeležavanje temelja (šipovi i nadglavne grede).
- Obeležavanje nadzemne konstrukcije (stubovi, zidovi, ploče itd).



OBELEŽAVANJE ZGRADA - ISKOPI



OBELEŽAVANJE ZGRADA - ŠIPOVI



OBELEŽAVANJE ZGRADA – PRENOŠENJE REFERETNE MREŽE UNUTAR OBJEKTA

Prikazana slika ilustruje postupak prenosa horizontalne i visinske geodetske referentne mreže na temeljnu, odnosno prizemnu betonsku ploču objekta. Horizontalna referentna mreža prenosi se pomoću totalne stanice postavljene iznad pomoćnih – offset tačaka, pri čemu se projektovane ose objekta materijalizuju na površini ploče obeležavanjem pravaca i ugradnjom metalnih pločica ili markera u beton. Ove tačke predstavljaju stabilne i trajne referentne tačke koje omogućavaju dalji rad unutar objekta.

Vertikalna referentna mreža prenosi se nivelmanskim merenjima sa poznate visinske tačke na ploču, pri čemu se projektovana visina materijalizuje ugradnjom metalnih ankera ili vijaka u betonsku ploču. Na taj način se na objektu uspostavljaju trajni visinske referentne tačke, koji omogućavaju pouzdan prenos visina na više etaže tokom daljih faza izgradnje.

Uspostavljena horizontalna i vertikalna referentna mreža na objektu predstavlja osnovu za dalje geodetsko obeležavanje, uključujući pozicioniranje oplata, ankera, stubova i drugih konstruktivnih elemenata, kao i za kontrolu geometrije objekta u toku izgradnje.

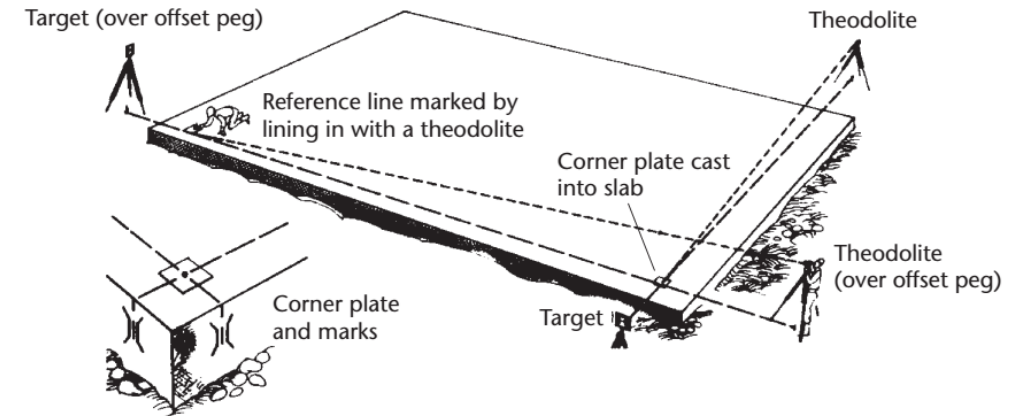
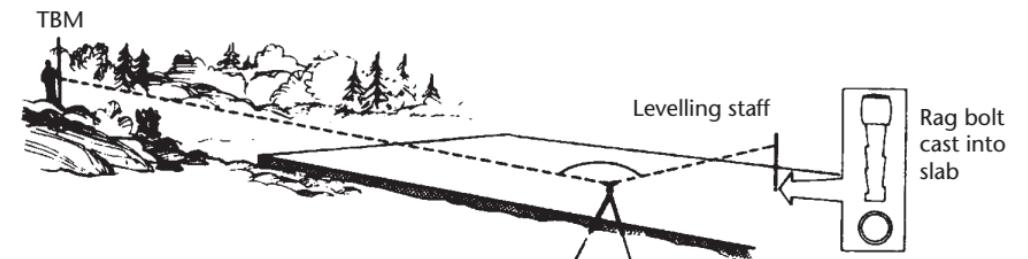


Figure 11.44 • Transferring horizontal control to a ground floor slab.



OBELEŽAVANJE ZGRADA – PRENOŠENJE REFERETNE MREŽE UNUTAR OBJEKTA

Prikazana slika ilustruje postupak prenosa geodetske referentne mreže u višespratnom objektu. Horizontalna referentna mreža objekta uspostavlja se sa tačaka izvan objekta (kontrolne tačke ili free-station pozicije), sa kojih se projektovane ose i karakteristični pravci prenose na objekat presecanjem pravaca i obeležavanjem odgovarajućih markera na konstrukciji. Ovim postupkom se obezbeđuje precizan horizontalni prenos položaja osa kroz više etaža.

Na svakoj etaži, referentne ose se materijalizuju trajnim oznakama („mark“), koje služe kao polazna osnova za pozicioniranje oplata, stubova, zidova i drugih konstruktivnih elemenata. Prikazana šema naglašava značaj simetričnog i nezavisnog presecanja pravaca sa različitih stajališta, čime se povećava pouzdanost prenosa referentne mreže.

Uspostavljena referentna mreža po etažama omogućava dosledan vertikalni prenos osa (plumbiranje), kao i kontinuiranu kontrolu geometrije objekta tokom izgradnje, što je posebno važno kod višespratnih i prostorno složenih konstrukcija.

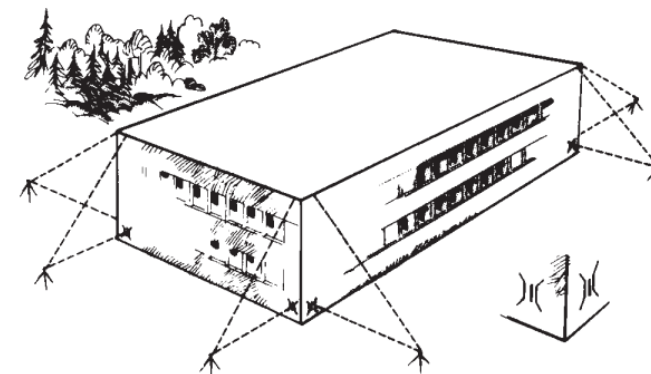
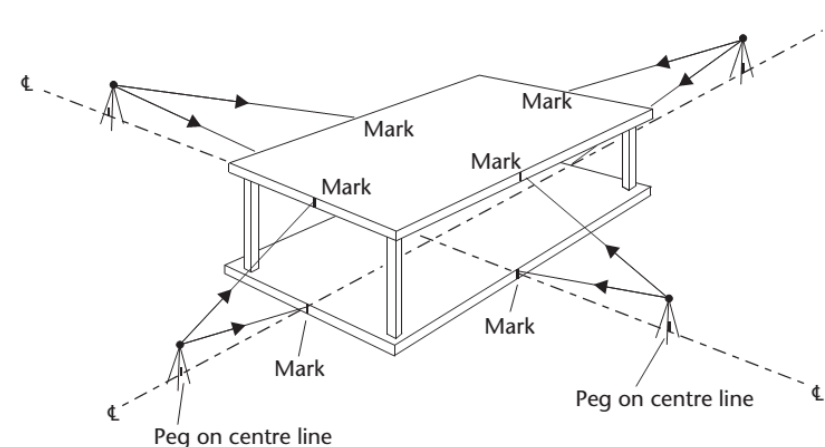


Figure 11.57 • Transfer of control in a multi-storey structure.



OBELEŽAVANJE ZGRADA – PRENOŠENJE VISINE

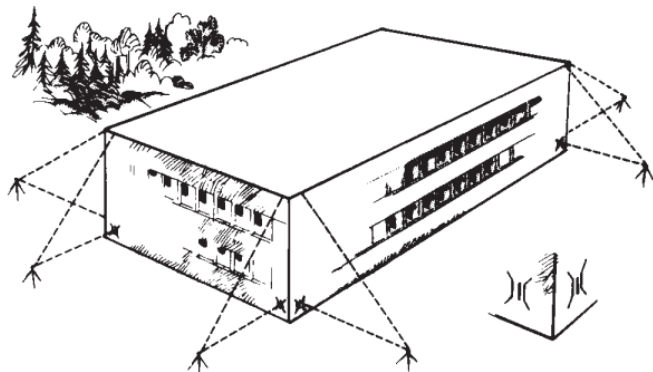
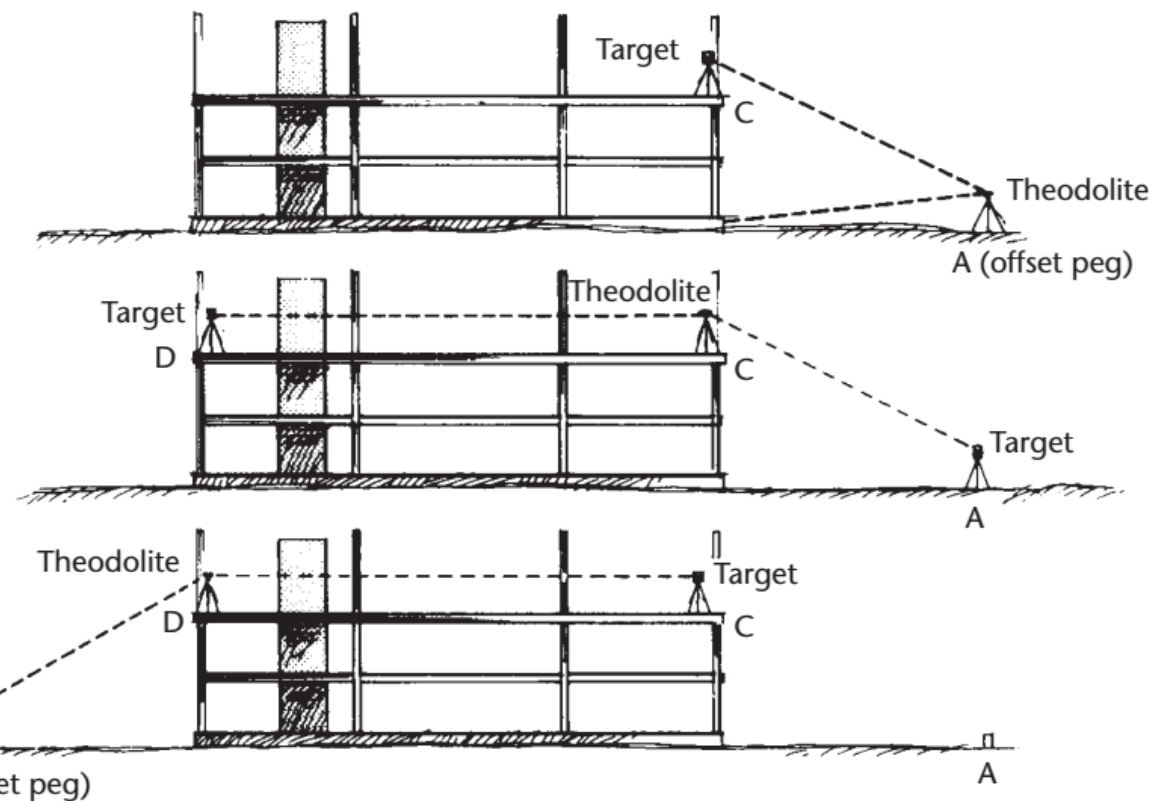
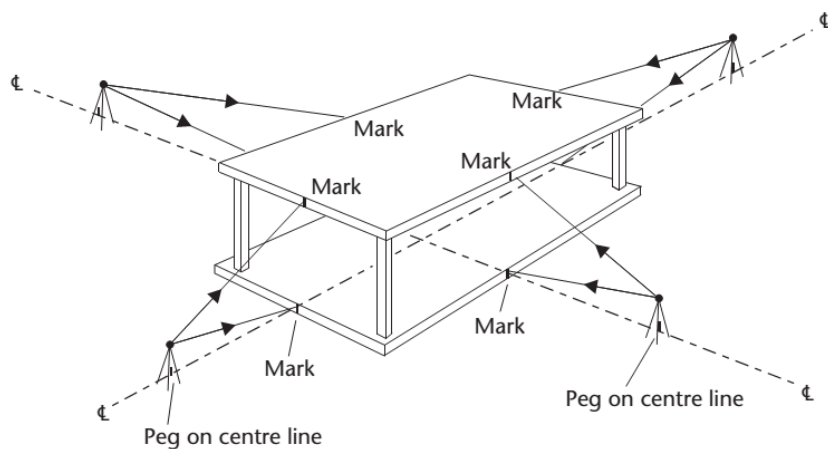
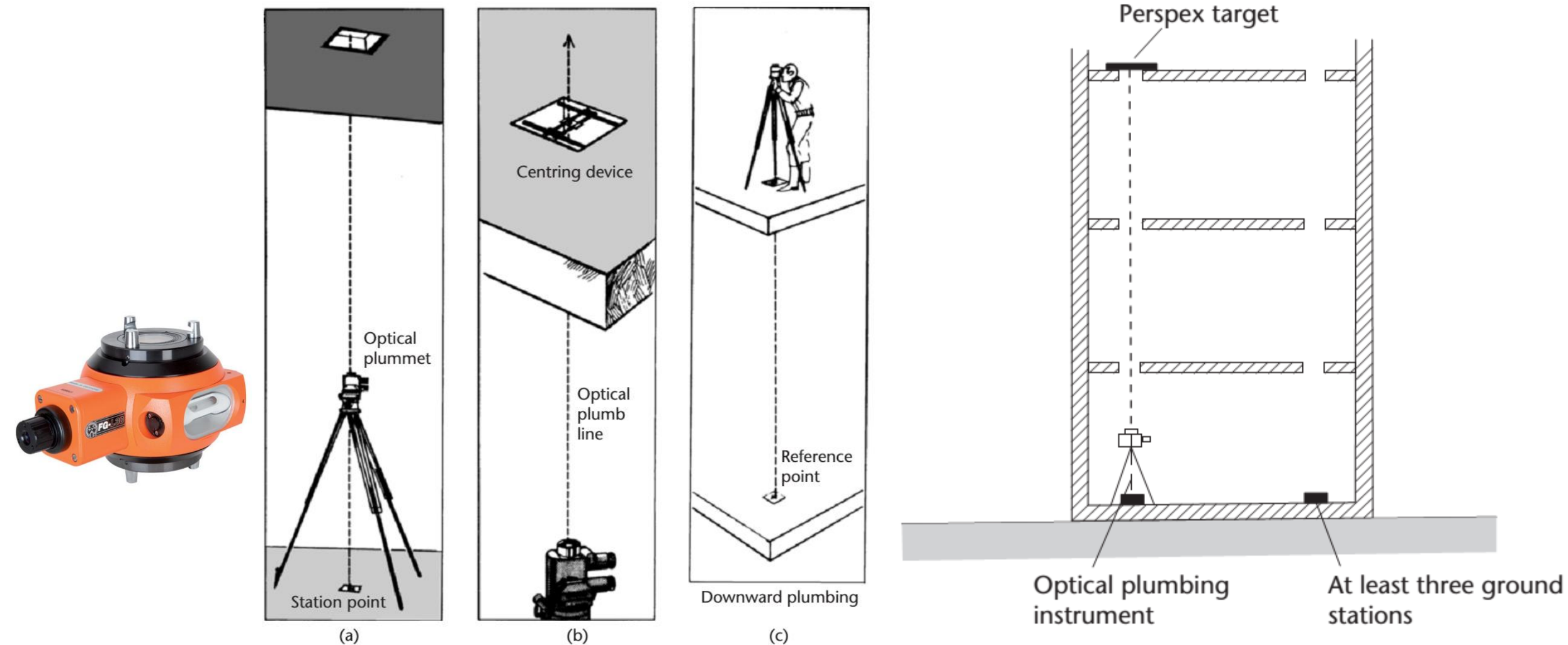


Figure 11.57 • Transfer of control in a multi-storey structure.



OBELEŽAVANJE ZGRADA – prenošenje vertikale



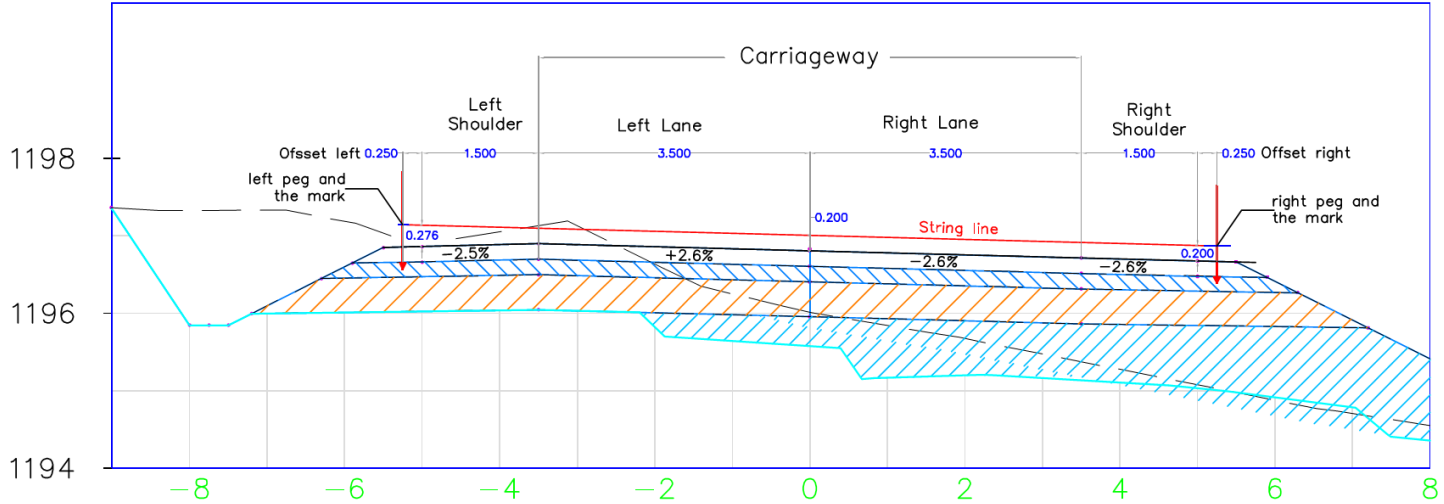
OBELEŽAVANJE PUTEVA



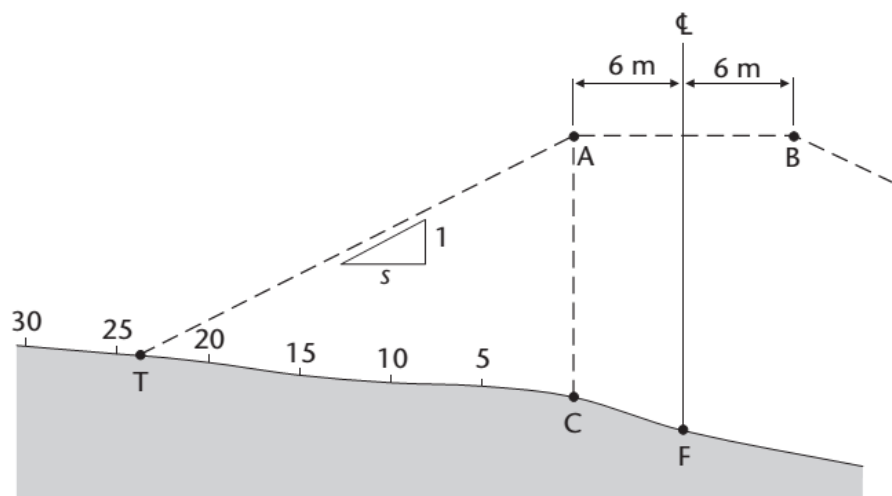
OBELEŽAVANJE PUTEVA

CHAINAGE										Levels on Pegs				CHAINAGE	DIPING FOR SHOLDER 5m	
										For Left Pavement		For Right Pavement				
	E	N	TOP OF BASE	LHS SHOLDER	Cross Slope left (%)	Cross Slope right (%)	RHS SHOLDER	Offset LHS	Offset RHS	Left Peg (L-LP)	Left Peg (R LP)	Right Peg (L-RP)	Right Peg (R-RP)		LHS	RHS
24+800	407214.658	25315.515	1195.204	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1195.540	1195.540	1195.267	1195.267	24+800	0.276	0.200
24+810	407206.570	25309.634	1195.404	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1195.740	1195.740	1195.467	1195.467	24+810	0.276	0.200
24+820	407198.424	25303.834	1195.604	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1195.940	1195.940	1195.667	1195.667	24+820	0.276	0.200
24+830	407190.221	25298.115	1195.804	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1196.140	1196.140	1195.867	1195.867	24+830	0.276	0.200
24+840	407181.960	25292.480	1196.004	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1196.340	1196.340	1196.067	1196.067	24+840	0.277	0.200
24+850	407173.644	25286.926	1196.204	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1196.540	1196.540	1196.267	1196.267	24+850	0.276	0.200
24+860	407165.272	25281.457	1196.404	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1196.740	1196.740	1196.467	1196.467	24+860	0.276	0.200
24+870	407156.846	25276.071	1196.604	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1196.940	1196.940	1196.667	1196.667	24+870	0.276	0.200
24+880	407148.367	25270.770	1196.804	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1197.140	1197.140	1196.867	1196.867	24+880	0.276	0.200
24+890	407139.835	25265.554	1197.004	-2.50%	2.60%	-2.60%	-2.60%	5.25	5.25	1197.340	1197.340	1197.067	1197.067	24+890	0.277	0.200

24+880



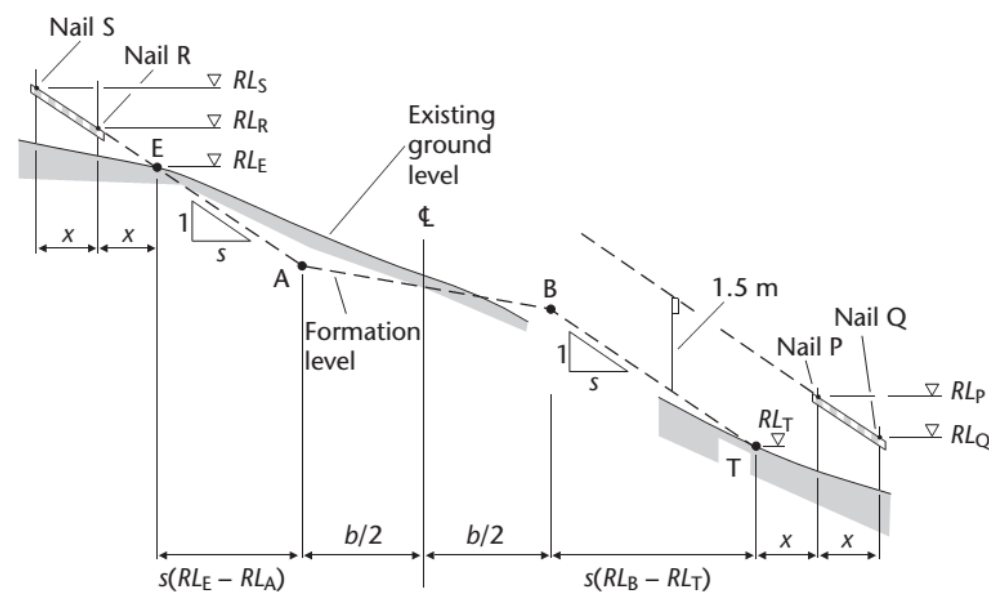
OBELEŽAVANJE PUTEVA – obeležavanje nasipa



Obeležavanje dna nožice nasipa

$$RL_S = RL_E + \left(\frac{2x}{s} \right)$$

$$RL_R = RL_E + \left(\frac{x}{s} \right) = RL_S - \left(\frac{x}{s} \right)$$

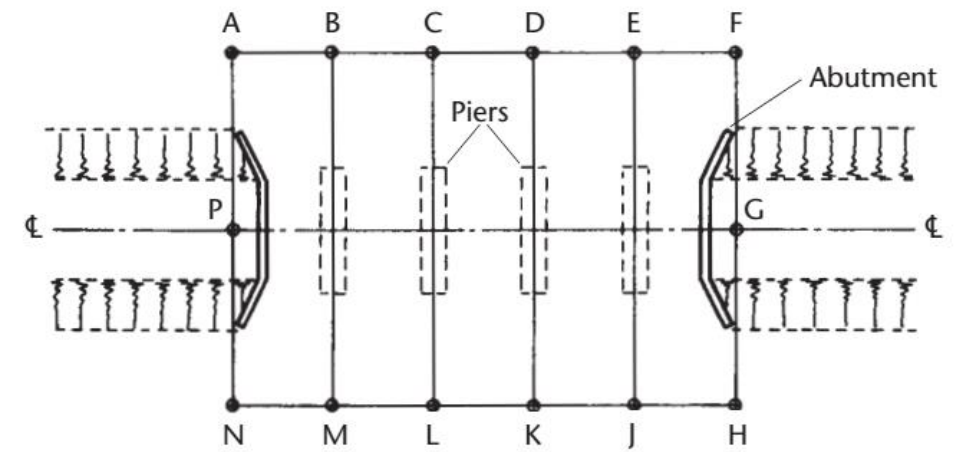
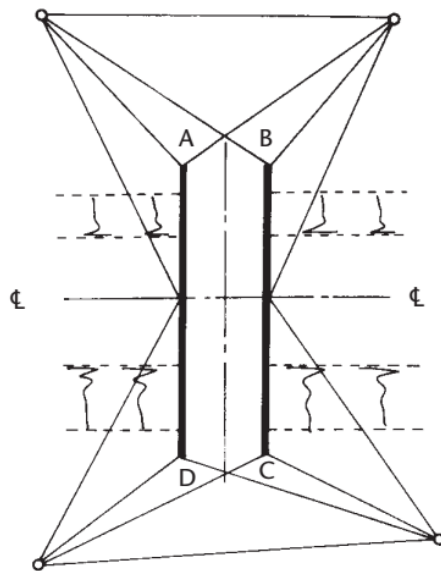
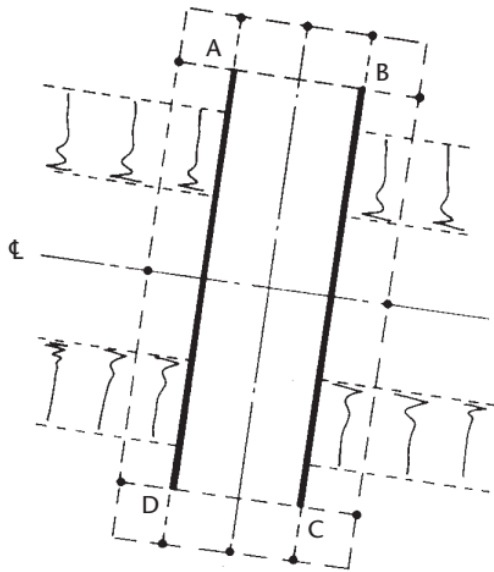


Obeležavanje projektovanog nagiba

$$RL_Q = RL_T - \left(\frac{2x}{s} \right) + 1.5$$

$$RL_P = RL_T - \left(\frac{x}{s} \right) + 1.5 = RL_Q + \left(\frac{x}{s} \right)$$

OBELEŽAVANJE MOSTOVA



KONTROLA GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

- Ponavljanje obeležavanja - isti instrument i pribor, druge orijentacione tačke.
 - Ponavljanje obeležavanja - drugi instrument, pribor i ekipa.
 - Merenje frontova - rastojanja između obeleženih tačaka.
 - Merenje uglova između obeleženih tačaka.
 - Kombinacija metoda - presecanje pravaca napred pri obeležavanju, a presecanje pravaca nazad prilikom kontrole obeležavanja.
-

KONTROLA PODRAZUMEVA PRETHODNO DEFINISANA DOZVOLJENA ODSTUPANJA

DOBRA PRAKSA PRILIKOM OBELEŽAVANJA

- **Koristite naprednu opremu:** Moderni geodetski instrumenti poput totalnih stanica, GPS uređaja i laserskih nivelira značajno poboljšavaju tačnost i efikasnost prilikom obeležavanja. Upotreba robotizovanih totalnih stanica omogućava precizna merenja čak i u izazovnim uslovima.
- **Pažljivo pregledajte projektne planove:** Pre početka obeležavanja, geodeti moraju detaljno pregledati projektne planove kako bi razumeli sve dimenzije, kote i specifikacije. Unakrsna provera ovih planova sa stanjem na terenu pomaže u ranom otkrivanju potencijalnih neslaganja.
- **Uspostavite jasnu komunikaciju:** Efikasna komunikacija između geodeta, inženjera, arhitekata i građevinskih ekipa je ključna. Redovni sastanci i ažuriranja osiguravaju da su sve strane usklađene i svesne eventualnih promena ili problema.
- **Redovno vršite inspekcije:** Periodične inspekcije tokom procesa gradnje pomažu uveravanju da su svi obeleženi tačke tačni i da nisu pomereni. Ovaj proaktivni pristup pomaže u očuvanju integriteta obeležavanja tokom projekta.
- **Sve dokumentujte:** Detaljna dokumentacija svih aktivnosti obeležavanja, uključujući merenja, proračune i prilagođavanja, je neophodna. Ova dokumentacija pruža referencu za rešavanje svih sporova ili neslaganja koja mogu nastati.

TAČNOST OBELEŽAVANJA

GEODETSKO OBELEŽAVANJE INŽENJERSKIH OBJEKATA PODRAZUMEVA ISPUNJENJE KRITERIJUMA TAČNOSTI!

Tačnost geodetskog obeležavanja može se klasifikovati u:

- Apsolutnu tačnost,
- Relativnu tačnost.

Tačnost geodetskog obeležavanja određuje izbor i razradu metodologije obeležavanja.

Neophodna tačnost uslovljena je kriterijumima koji se obično zadaju u vidu građevinske tolerancije ili dopuštenih odstupanja i razlikuje se za određene faze radova:

- Pripremni radovi (obeležavanje gradilišta i zemljanih radova)
- Obeležavanje temelja
- Obeležavanje nadzemne konstrukcije

Vrednosti dozvoljenog odstupanja

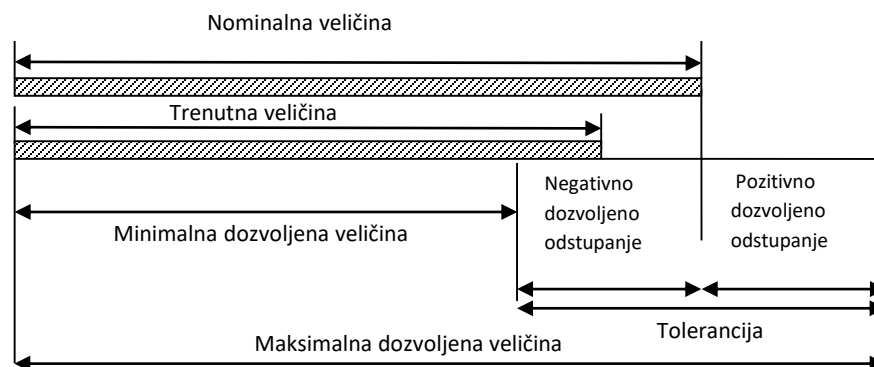
Vrsta radova	Δ [cm]
Zemljani radovi	5-6
Beton	2
Čelik	0,5-1
Staklo	0,1-0,3

Građevinska tolerancija

Na slici dat je grafički prikaz tolerancije u odnosu na: nominalnu (istinitu) veličinu, minimalnu i maksimalnu dozvoljenu i trenutnu veličinu. Prikazano je minimalno Δ_{min} i maksimalno Δ_{max} dozvoljeno odstupanje. Tolerancija je jednaka sumi minimalnog i maksimalnog dozvoljenog odstupanja:

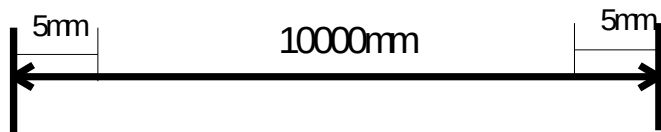
$$T = \Delta_{min} + \Delta_{max},$$

ako je $\Delta_{min} = \Delta_{max}$, onda je $T = 2\Delta$, gde je Δ - dozvoljeno odstupanje.



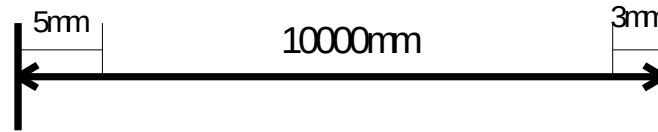
Veličina tolerancije se može odrediti na osnovu teorije (npr. primenom greške funkcije) ili na osnovu inženjerskog znanja i iskustva. Proračunata teorijska vrednost ili procenjena iskustvena vrednost tolerancije mora da se proveriti eksperimentalnim putem, najčešće pomoću modela.

Dozvoljena odstupanja



a) $\Delta_1 \equiv \Delta_2 = 5 \text{ mm}$

- simetrična dozvoljena
odstupanja



b) $\Delta_1 = 5 \text{ mm} , \Delta_2 = 3 \text{ mm}$

- asimetrična dozvoljena
odstupanja

BRITISH STANDARD

Building setting out and measurement —

Part 1: Methods of measuring, planning
and organization and acceptance
criteria

BS 5964-1:
1990

ISO 4463-1:
1989

*Incorporating
Amendment No. 1*

Osvrt na standarde i specifikacije

Načelo kriterijuma prihvatljivosti tačnosti tačke geodetske mreže i obeležene tačke objekta utvrđeno je u standardu BS5964 i SD 12/96 'Priručnik ugovornih dokumenata za radove na putevima - geodetski pregledi' koji su prihvaćeni je na međunarodnom nivou. Sledeće specifikacije primenjuju ovo načelo na građevinske radove i povezuju se, koliko je moguće, sa pomenutim publikacijama.

Kriterijumi prihvatljivosti su određeni u terminima interne, a ne apsolutne tačnosti i dati su kao dozvoljena odstupanja za rastojanja, azimute, uglove i visine. Unutrašnja tačnost je kritičnija za proces izgradnje od apsolutne tačnosti tačaka u višem kontrolnom sistemu.

Odnos između dozvoljenog odstupanja (PD) i srednje kvadratne greške (RMSE) je:

$$PD = 2.5 \times RMSE$$

Dozvoljeno odstupanje nije tolerancija već statistička varijacija koja uzima u obzir normalnu raspodelu grešaka merenja. U praksi, kada se radi sa tolerancijama, obeležavanje treba da bude tri puta tačnije od tolerancije da bi se u obzir uzela normalna raspodela grešaka.

PROJEKAT GEODETSKOG OBELEŽAVANJA

Metodologija geodetskog obeležavanja razrađuje se u okviru Projekta geodetskog obeležavanja. Projekat geodetskog obelažavanja izrađuje se u cilju definisanja:

- Koordinatnog sistema objekta (geodetska mreža),
- Predmeta obeležavanja - projektovane pozicije i geometrije objekta,
- Procedura preuzimanja podataka (tehnički crteži iz projekta),
- Metodologije geodetskog obeležavanja za određene pozicije izgradnje objekta u skladu sa definisanim građevinskim tolerancijama-dopuštenim odstupanjima, (pripremni radovi, radovi na betonskoj konstrukciji, radovi na čeličnoj konstrukciji, instalacije itd.)
- Procedura kontrole geodetskog obeležavanja,
- Načina izveštavanja.

Hvala na pažnji!