

Geodezija 1

Prvi razred

Zdravka Šimić, dipl.ing.geodezije

30.11.2016.

Sadržaj

Uvod u geodeziju	4
Definicije geodezije	5
Podjela geodezije	5
Oblik i dimenzije Zemlje.....	6
Teorije oblika Zemlje	6
Predočavanje zemljine površine (geodetske podloge)	8
Projekcije Zemlje	12
HORIZONTALNA IZMJERA	15
Vrste mjerenja u geodeziji.....	15
Mehaničko mjerenje duljina.....	16
Direktno mjerenje duljina mjernom vrpcom.....	18
Optičko mjerenje duljine	19
Elektroničko mjerenje duljina	20
Pogreške mjerenja duljine	20
Geodetske projekcije.....	22
Geodetski koordinatni sustavi.....	23
Stari koordinatni sustavi.....	27
Geodetske mreže	27
Vertikalna izmjera.....	28
Nivelmanska mreža	28
Nivelmanski vlakovi	31
Instrumenti i metode određivanja visinskih razlika	34
Nivelir	37
Određivanje visinske razlike	43
Geometrijski nivelman	46
Priključak nivelmanskog vlaka na reper	49
Detaljni nivelman.....	50

Uvod u geodeziju

Geodezija je dobila naziv od grčke riječi - γη=zemlja i δαίω=djelim

Geodezija se bavi načinima prikupljanja podataka, metodama izmjere i instrumentarijem i priborom pomoću kojih obavljamo mjerenja, te načinom obrade i prikazivanjem podataka mjerenja.

Osnovni zadatak geodezije je izmjera zemljišta u svrhu izrade karata i planova, a danas je to i izmjera i prikupljanje podataka za stvaranje digitalnog modela reljefa (trodimenzionalni prikaz terena).

Potreba izmjere zemljišta postoji još od starih civilizacija.

Početak nalazimo u starom Egiptu u dolini Nila. Plodne parcele (čestice) obrađivali su razni pojedinci, a kako bi Nil svake godine poplavio parcele i izbrisao granice, potrebno ih je bilo ponovo uspostaviti. Mjerenja su obavljali mjernici HARPEDONAPTI.

Rimsko carstvo je bilo poznato po gradnji cesta, a za to im je trebao grafički prikaz naseljenih mjesta ali i karte cesta koje ta mjesta povezuju. Mjerenja su obavljali AGRIMENSORES.

Geodetska djelatnost u RH organizirana je kroz:

- **Državnu geodetsku upravu (DGU)**, čiji su organi **Područni uredi za i katastar (PUK) i njihove ispostave**
- **Zavode za izmjeru i privatne geodetske tvrtke.**

Geodezija se primjenjuje u gotovo svim gospodarskim djelatnostima:

- katastaru
- građevinarstvu
- rudarstvu
- hidrotehnika
- arhitektura
- prometu
- arheologiji
- poljoprivredi (uređenje zemljišta i grupiranje posjeda)
- šumarstvu (trasiranje i izgradnja šumskih putova)
- zaštiti spomenika kulture (lasersko skeniranje radi rekonstrukcije)
- zaštiti okoliša (izrada ekoloških studija)

Katastar (starogrčki-list, popis) je popis tj. evidencija o zemljištu.

Katastar je upisnik (evidencija) zemljišta i nekretnina neke države. On sadrži podatke o položaju, obliku i površini katastarskih čestica (parcela).

Zakon definira **katastar** kao „evidenciju o česticama zemljine površine, zgradama i drugim građevinama koje trajno leže na zemljinoj površini ili ispod nje te o posebnim pravnim režimima na zemljinoj površini“.

Osnova za katastar su katastarski planovi koji se dobiju geodetskom izmjerom zemljišta, parcela (po površini, kulturi, kvaliteti i korisniku).

Katastarska čestica ili parcela (latinski- dio, čestica) je dio zemljišta koji pripada jednom posjedniku ili vlasniku.

Katastarska čestica dio je područja katastarske općine, odnosno katastarskog područja na moru, određen brojem katastarske čestice i njezinim granicama.

Definicije geodezije

Geodezija je znanost o izmjeri i kariranju Zemljine površine. (klasična definicija s kraja 19. stoljeća - Helmert 1880.)

Geodezija je znanost koja se bavi određivanjem oblika i vanjskog polja ubrzanja sile teže Zemlje i drugih nebeskih tijela kao vremenski promjenljivih veličina, te određivanjem srednjeg Zemljinog elipsoida na temelju opažanih parametara na i izvan Zemljine fizičke površine. (definicija s kraja 20. stoljeća - Torge 1991.)

Geodezija/geomatika je znanost koja se bavi modeliranjem i realizacijom prostornih sustava, definiranjem načina prikupljanja prostornih podataka, njihovim analiziranjem, vizualizacijom i interpretacijom. (moderna definicija geodezije s početka 21. stoljeća - informatičko društvo)

Podjela geodezije

Stara podjela geodezije :

- **višu ili znanstvenu geodeziju** – proučava oblik i veličinu Zemlje kao nebeskog tijela i izmjerom većih površina kod kojih uzimamo u obzir zakrivljenost Zemlje,
- **nižu ili praktičnu geodeziju** – bavi se izmjerom manjih površina kod kojih ne uzimamo u obzir zakrivljenost Zemlje.

Geodezija se danas dijeli na: (Torge 2001, “Geodesy”)

- **Globalna geodezija** (engl. global geodesy): uključuje određivanje oblika i veličine Zemlje, njene orijentacije u prostoru i njenog vanjskog polja ubrzanja sile teže,
- **Geodetska izmjera** (engl. geodetic survey): obuhvaća određivanje Zemljine površine i njenog polja ubrzanja sile teže na području neke države ili više država (**državna izmjera**),
- **Izmjera u ravnini** (engl. plane surveying): obuhvaća određivanje detalja Zemljine površine na lokalnom nivou, pri čemu se njena zakrivljenost i utjecaj ubrzanja sile teže u pravilu zanemaruju (topografska izmjera, katastarska izmjera, inženjerska izmjera).

Prema glavnim djelatnostima geodezija se dijeli na :

- izmjeru Zemlje
- osnovnu i detaljnu državnu izmjeru
- ostale izmjere (za katastar , topografsku izmjeru , hidrografsku izmjeru, izmjeru za potrebe projektiranja i građenja)

Grane geodezije su :

- Primijenjena geodezija – izmjera manjih površina i izrada planova, te izmjerom za projektiranje i gradnju objekata
- Pomorska, satelitska i fizikalna geodezija - izmjera morskog dna, uspostava geodetskih mreža i određivanje oblika i dimenzija Zemlje
- Kartografija - izradom i proučavanjem karata
- Fotogrametrija i daljinska istraživanja – izmjera u modelu koji se dobije iz snimaka terena
- Geomatika

Geodetskom izmjerom dobijemo opisne i mjerene podatke o zemljištu koje se koriste za: izradu planova i karata, prostorno uređenje i korištenje građevinskog zemljišta, izradu katastra i zemljišne knjige, istraživačke radove i ostale potrebe

Oblik i dimenzije Zemlje

Zašto određujemo oblik i dimenzije (veličinu) Zemlje ?

Oblik i dimenzije Zemlje određujemo zbog toga što je potrebno:

- odrediti prostorne odnose prirodnih i izgrađenih objekata,
- prikazati u odgovarajućem obliku položaj i oblik zemljine površine i objekta.

Životni prostor: učionica-zgrada-ulica-mjesto-država-Zemlja

Postupak:

Određimo oblik i dimenzije Zemlje, opišemo Zemlju u fizikalnom ili matematičkom pogledu. Definiramo koordinatne sustave, povežemo ih s referentnim i definiramo koordinatni prostor. Odredimo oblik, veličinu objekta i njegov položaj na referentnoj površini u numeričkom ili grafičkom obliku.

Izvršimo mjerenja u mjernom prostoru. Mjerni prostor transformiramo u koordinatni prostor.

Objekt prikazemo u 2D, 3D grafici (planovi, karte, virtualni prostor ...)

Teorije oblika Zemlje

U antičkoj Grčkoj smatralo se da je Zemlja ravna ploča. Zemlja je omeđeno životno područje, npr. zakrivljena ploča koju nose četiri slona.

Tales (625 do 547 p.n.š.) smatra da je Zemlja je tijelo u obliku diska, koje pliva na beskonačnom oceanu.

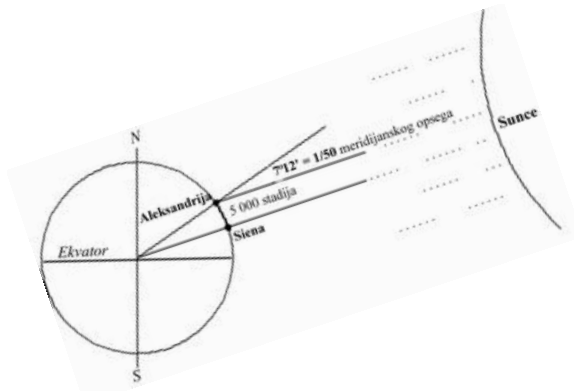
Pitagora (569 do 475 p.n.š.) je promatrajući jedrenjak zaključio da je Zemlja zakrivljena ploha.

Aristotel (384 do 322 p.n.š.) je zaključio da je Zemlja sfernog oblika.

Eratosten (200 g. p.n.e.) tvrdi da je Zemlja kugla. On je prvi odredio dimenzije (polumjer) Zemlje, mjerenjem centralnog kuta i pripadajućeg luka.

U Sieni (danas Asuan, Egipat) na solsticij u podne Sunce je zenitu. Mjereći sjenu okomitog štapa odredio je da je u isto vrijeme u Aleksandriji Sunce odmaknuto za 7.2° od zenita.

Jednaki kut se nalazi u centru kugle. Opseg Zemlje je 50 puta veći od udaljenosti između Siene i Aleksandrije. Udaljenost između Asuana i Aleksandrije je 5000 stadija (1stadij=157,5m). Iz omjera o: $5000=360: 7.2^\circ$, dobio je opseg Zemlje $o = 250000$ tj. oko 40 000 km. Dobivenom opsegu odgovara polumjer Zemlje 6 247km (polumjer Zemlje 6 370km)



U 17. st. Issac Newton zaključio je da je Zemlja rotacijski elipsoid.

Istraživanja europskih znanstvenika s kraja 17. i početka 18. st. dopunjena su spoznajom da površina Zemlje radi različitog rasporeda kopna i mora nema oblik pravilnoga rotacijskog elipsoida.

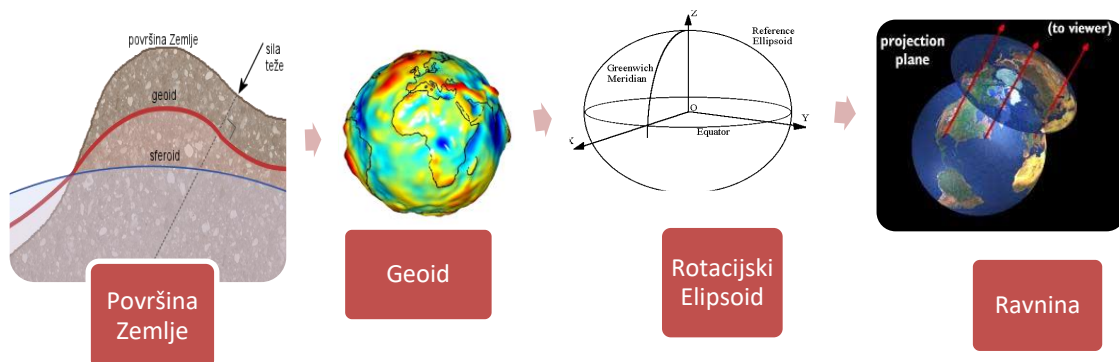
Listing je 1873. za oblik Zemlje upotrijebio termin geoid

Geoid (od grč. **gea** = Zemlja + **oidos** = onaj koji je nalik) „onaj koji je nalik Zemlji“

Zemljina fizička površina ima vrlo nepravilan i složen oblik. **Zemlju definiramo kao geoid.** Plohu geoida najbliže aproksimira srednja razina mora zamišljeno protegnuta ispod kontinenata, a svaka točka geoida okomita je na smjer sile teže.

Geoid je tijelo Zemlje omeđeno nivo plohom mora.

Nivo ploha mora je srednja površina mirnog mora (bez plime i oseke) produžena ispod svih kontinenata.



Obzirom da masa Zemlje nije homogena tj. nema u svim točkama istu gustoću, pa oblik Zemlje odstupa od matematičke definicije elipsoida. Geoid nije matematički definirano tijelo pa ga zamjenjujemo (aproksimiramo) rotacijskim elipsoidom.

Pravilna matematička ploha najbliža plohi geoida je rotacijski elipsoid.

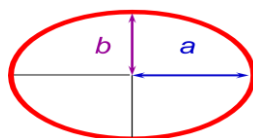
Rotacijski elipsoid je trodimenzionalno matematičko tijelo dobiveno rotacijom elipse oko njezine kraće osi, koja se približno poklapa s rotacijskom osi Zemlje.

Elementi rotacijskog elipsoida:

- **Velika poluos a** - najdulji polumjer elipsoida (radijus ekvatora);
- **Mala poluos b** - najkraći polumjer elipsoida (udaljenost od središta elipsoida do jednog od polova);
- **Spljoštenost μ (f)** - odnos razlike velike (a) i male (b) poluosi elipsoida prema velikoj poluosi; $\mu = (a-b)/a$.

Elipsoid je definiran s dva parametra: dužinom velike poluosi a i spljoštenošću f .

Elipsa je krivulja u ravnini (geometrijsko mjesto točaka) za koje vrijedi pravilo da je zbroj udaljenosti svake točke od dviju zadanih (F_1 i F_2) stalna veličina.



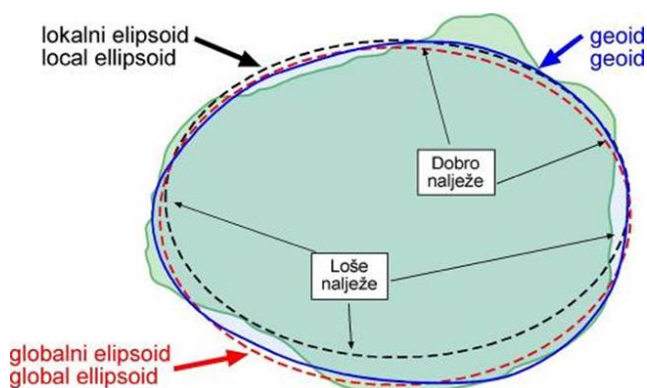
Kad se mjerenja obavljaju na kraćim udaljenostima **elipsoid** se zamjenjuje **kuglom** tj. **sferom** ($R = 6\,370\text{ km}$), no sfera se rijetko upotrebljava.

U geodetskoj praksi se upotrebljavaju **elipsoidi** različitih dimenzija i smještaja u prostoru:

- neki najbolje odgovaraju cijeloj Zemlji pa se nazivaju **globalnim elipsoidima**
- neki najbolje odgovaraju nekoj regiji ili državi i nazivaju se **lokalnim elipsoidima**

Elipsoid na koji se svode geodetska mjerenja i na kojem se ona obrađuju naziva se **referentnim elipsoidom**.

Naziv	Godina	a	b
Everest	1830	6377276.345	6356075.415
Bessel	1841	6377397.155	6356078.963
Clarke	1866	6378206.400	6356583.800
Clarke	1880	6378249.145	6356514.967
Hayford Internacionalni	1909 1924	6378388	6356911.946
Krasovskij	1940	6378245	6356863.019
GRS 1967	1967	6378160	6356774.516
GRS 1980	1980	6378137	6356752.3141
WGS 72		6378135	6356750.520
WGS 84	1987	6378137	6356752.314



U Republici Hrvatskoj je referentni elipsoid do 2004. bio Besselov 1841 elipsoid, definiran 1841. godine. Od 2010. godine kao referentni elipsoid za Republiku Hrvatsku prihvaćen je globalni elipsoid **GRS80** (**G**eodetic **R**eference **S**ystem **1980** - Geodetski Referentni Sustav 1980).

Predočavanje zemljine površine (geodetske podloge)

Zemljinu površinu predočavamo na kartama i planovima. Rezultat geodetske izmjere su karte i planovi i stvaranje baza podataka.

Kartografija je disciplina koja se bavi izradom, promicanjem i proučavanjem karata. Riječ kartografija je složenica od dviju grčkih riječi ($\chi\alpha\rho\tau\eta\varsigma$ – karta, list papira, povelja i $\gamma\rho\alpha\phi\omega$ – pišem, crtam)

Kartografija se dijeli na:

- **matematičku kartografiju** ili teorija kartografskih projekcija
- **praktičnu kartografiju** - oblikovanje karata, sastavljanje karata, izdavanje karata, uporaba karata i održavanje karata

Primarni zadatak geodezije je izmjera i prikazivanje zemljine površine na **planovima i kartama (geodetskim podlogama)** različitog mjerila, a u novije vrijeme i digitalnog modela reljefa (*DMR*). DMR trodimenzionalni matematički prikaz Zemljine površine spremljen u računalo u odgovarajućem digitalnom obliku.

Geodetski plan može biti: **katastarski, topografski, topografsko-katastarski, inženjerski, tematski.**

U novije vrijeme geodetski planovi se dijele na **analogne i digitalne.**

Geodetski plan u *analognom* (realnom) obliku je prikaz zemljine površine na papiru.

Geodetski plan u *digitalnom* (virtualnom) obliku je prikaz zemljine površine na zaslonu računala.

Geodetski plan je nedeformirani prikaz manjeg dijela zemljine površine i detalja koji se na tom zemljištu nalaze u određenom mjerilu.

Karakteristike *geodetskog plana*:

- prikazuje manje područje
- krupnijeg je mjerila:
 - najčešća mjerila analognih planova 1: 500 ; 1: 1000 ; 1: 2000 ; 1: 2500
 - mjerila starih grafičkom izmjerom izrađenih planova: 1:2880, 1:1440, 1:2904
- najčešće je jednobojan (crna boja) ili ozolit kopija
- sadržaj plana ovisi o namjeni plana:
 - komunikacije (ceste, željeznice, putove ...), zgrade, kuće, ... (izgrađene objekte)
 - katastarske čestice (parcele),
 - vode, vegetaciju (šume, kulture, markantna drveća ...), reljef
 - reljef terena (konfiguracija) prikazuje se slojnicama (izohipsama) i kotama
 - šahte, električne stupove i druge vodove,.....

Karta je smanjeni, deformirani i generalizirani prikaz dijela Zemljine površine na ravnini.

Karta ima mnogo vrsta, a najčešće su u primjeni: topografske, tematske, statističke, pomorske, političke itd. Za razliku od planova, na kartama je prikazano veće područje.

Karakteristike *karte*:

- sitnijeg mjerila od 1: 5000, 1: 10 000, 1:100 000, ...
- ima mrežu meridijana i paralela
- sadržaj karte ovisi o namjeni karte:
 - višebojna je, reljef se prikazuje bojama,
 - vegetacija, granice kultura,
 - naselja, prometnice i vode su prikazani topografskim znakovima
- namjena: opće topografske, tematske, statističke, političke ...

1.1.1. Mjerilo

1. Mjerilo je odnos dužina na karti prema odgovarajućim dužinama u prirodi

2. Mjerilo je odnos dužina na karti i odgovarajućih dužina na Zemljinom elipsoidu

Objekti definicije mjerila nisu precizni, jer elipsoid ne možemo preslikati u ravninu bez deformacija, pa stoga ni mjerilo u svakoj točki karte ne može imati istu vrijednost.

3. Mjerilo nazivamo odnos između dviju veličina izraženih istim mjernim jedinicama (Frančula, 2004)

Jedinica mjere u mjerilu plana ili karte je 1 m.

Mjerilo	Na planu	U prirodi
1 : 500	2 mm	1 m
1:1000	1 mm	1 m
1:2000	0,5 mm	1 m
1:2500	0,4 mm	1 m
1:10000	0,1 mm	1 m

1 : 500

D na planu : D u prirodi

1 mm na planu → iznosi u prirodi 500 mm = **0,5 m**

1 m iz prirode prikazan je s **2 mm** na planu.

Pri crtanju na planu, smatra se da ljudsko oko može procijeniti 0,2 mm.

1.1.2. Sustavi i jedinice mjera

Sustavi i jedinice za duljinu

Hvatni sustav : karakteristična brojka 6 ; koristio se u zemljama Austro-Ugarske

- **1 hvat (hv)** = 6 stopa = **1,896 484 m**
- 1 stopa = 12 palaca = 0,316 081 m
- 1 palac = 2,634 cm

Engleski sustav

- 1 yard = 3 foot-a = 91,439 m
- 1 foot (fut) = 12 inch-a = 30,48 cm
- 1 inch (palac) = 2,54 cm

Metarski sustav – dekadski ili decimalni: karakteristična brojka 10, osnovna jedinica je **1m**.

uveden je u Francuskoj 1799. god.

Imetar (m) je deset milijuniti dio četvrtine zemljinog meridijana (koji prolazi kroz Dunkerque u Francuskoj - 1791. godine)

*Ta vrijednost prenesena je 1927. godine na šipku od platiniridija (legura od 90% platine i 10% iridija) pri temperaturi od 0° C i tlaku od 1 atm. tzv. **prametar** . Čuva se u Internacionalnom uredu za utege i mjere u Sevres-u kraj Pariza.*

*Otkriveno da ta šipka mijenja svoju duljinu za sićušne veličine pa je **1960.** međunarodno prihvaćen novi način određivanja mjere za duljinu. Zasnovan je na duljini vala svjetlosti koji emitiraju atomi. Ta se duljina nikad ne mijenja, isti atom u istim uvjetima uvijek emitira svjetlost jednake valne duljine. Izabran je atom jednog izotopa plina kriptona.*

Im je određen kao 1 650 763,73 valne duljine koje emitira atom kriptona 86 u vakumu (zračenje narančaste linije).

Metar je dužina puta kojeg prevali svjetlost u vakumu tijekom vremena od 1/299 792 458 sekunde. (Međunarodni odbor za utege i mjere)^{[1],[2]}

1 dkm = 10 m

1 dm = 0,1 m

1 μ = 0,001mm

1 hm = 100 m

1 cm = 0,01 m

1 km = 1000 m

1 mm = 0.001 m

1. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/296598.html>

2. <http://www.bipm.org/en/CGPM/db/17/1>

Sustavi i jedinice za površinu

Hvatni sustav

- 1 čhv = 1,896 m x 1,896 m = **3,596 652 m²**
- 1 j (katastarsko jutro) = 40 hv x 40 hv = **1600 čhv**
- 1 j = **5754, 643 m²**
- 1 m² = **0,278 036 čhv**

- 1 mađarsko jutro = 1200 čhv

Metarski sustav

- 1 m² = 1 m x 1 m
- 1 a (ar) = 100 m² = 10 m x 10 m
- 1 ha (hektar) = 100 a = 10 000 m² = 100 m x 100 m
- 1 km² = 1 000 000 m² = 1000 m x 1000 m
- 1 ha = 1 jutro + 1180,364 čhv
- 1 m² = 100 dm² = 10 000 cm² = 1 000 000 mm²
- 1 dunum = 10 ar = 1000 m² = 0,1 haDUNUM (DULUM) -turcizam

Sustavi i jedinice za kutove

Seksagezimalni sustav (podjela)

Osnovna jedinica 1° (stupanj). **Jedan stupanj je 360. dio punog kuta.**

$$1^\circ = 1/360 \text{ punog kuta}$$

$$1^\circ = 60' = (60 \times 60)''$$

Centezimalni sustav (podjela)

Osnovna jedinica 1g (gon /grad). **Jedan grad je 400. dio punog kuta.**

$$1g = 1 / 400 \text{ punog kuta}$$

$$1g = 100 c \text{ (centi minuta) } = (100 \times 100) \text{ cc (centi sekunda)}$$

$$1gon = \frac{90}{100} = 0,9^\circ \qquad 1^\circ = \frac{100}{90} \cong 1,1111gon$$

Lučna mjera

Osnovna jedinica je jedan **radijan**. Kut se mjeri pripadajućim lukom kružnice.

Ako na jediničnu kružnicu (R = 1) nanesimo polumjer po luku kružnice, tada je pripadajući kut (ρ) tog luka jednak jednom radijanu.

$$360^\circ = 2\pi \text{ radijana}$$

$$180^\circ = \pi \text{ radijana}$$

$$90^\circ = \pi / 2 \text{ radijana}$$

π (Pi) je jednak opsegu kruga podijeljenom s promjerom, pri čemu se dobije vrijednost 3.141592653589793...

$$\pi \text{ rad} = 200 \text{ gon} = 180^\circ$$

Za pretvaranje kutova iz gradi u radijane, grade treba pomnožiti s $\pi / 200$

Za pretvaranje kutova iz stupnjeva u radijane, stupnjeve treba pomnožiti s $\pi / 180$

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} \approx 0,0175 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57,29577951^\circ$$

Projekcije Zemlje

Kartografske projekcije su matematički postupci koji omogućuju preslikavanja zakrivljene plohe (sfere ili rotacijskog elipsoida) Zemlje i drugih nebeskih tijela u ravninu.

Kako bismo Zemljinu površinu prenijeli na ravnu površinu papira, moramo naći način kako što bolje preslikati tu sliku zaobljene površine na ravninu. To se naziva **projiciranje** na ravnu površinu plana ili karte.

Cilj kartografskih projekcija je stvaranje matematičke osnove za izradu karata i rješavanje teorijskih i praktičnih zadataka u kartografiji, geodeziji, geografiji, astronomiji, navigaciji i ostalim srodnim znanostima.

Zadatak kartografskog preslikavanja je ustanoviti vezu između koordinata točaka na Zemljinom elipsoidu (Zemlji) i koordinata njihovih slika u projekciji.

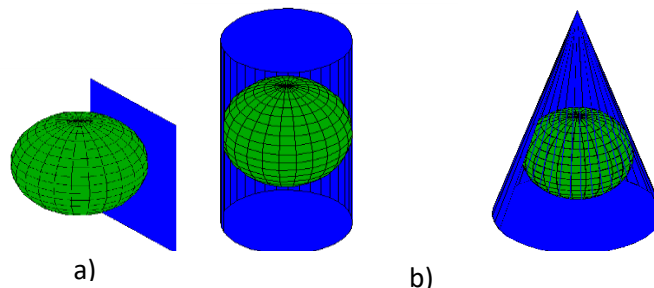
Preslikavanje plohe rotacijskog elipsoida (ili sfere) u ravninu izražava se osnovnim kartografskim jednadžbama: $x = f_1(\varphi, \lambda)$; $y = f_2(\varphi, \lambda)$

Postoji **beskonačno mnogo različitih preslikavanja** plohe rotacijskog elipsoida ili sfere tj. Zemlje u ravninu (plan ili karta).

Učestalu primjenu ima nekoliko desetaka kartografskih projekcija.

Ploha rotacijskog elipsoida ili sfere (Zemlja) može se projicirati tj. preslikati:

- Na **ravninu** koja dodiruje Zemlju u nekoj točki
- Na **plašt geometrijskog tijela** (valjaka ili stošca) koji se može razviti u ravninu i dodiruju Zemlju u liniji



Projekcije Zemlje obzirom na zrake projiciranja su:

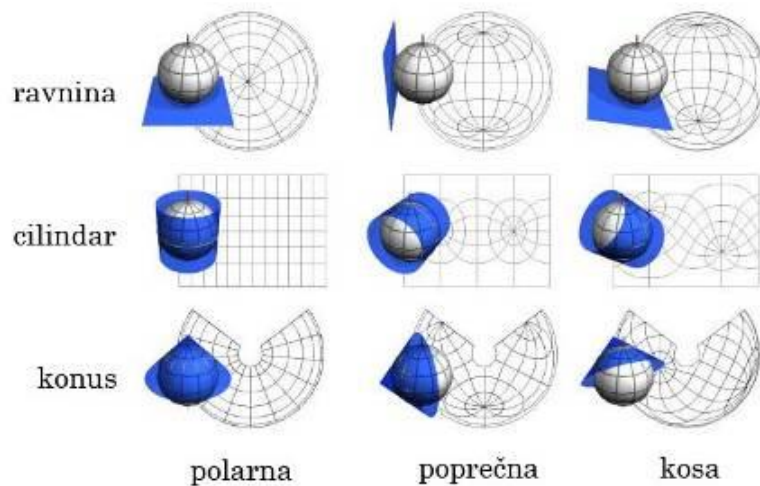
- **ortogonalne projekcije** - zrake projiciranja paralelne i okomite na ravninu projekcije
- **centralne projekcije** - zrake projiciranja prolaze jednom zadanom točkom

Obzirom na plohu preslikavanja projekcije mogu biti :

- **azimuntalne (ravninske)** - Zemlja se preslikava na ravninu
- **cilindrične** – Zemlja se preslikava na plašt valjka ili cilindra
- **konusne** – Zemlja se preslikava na plašt stošca ili konusa

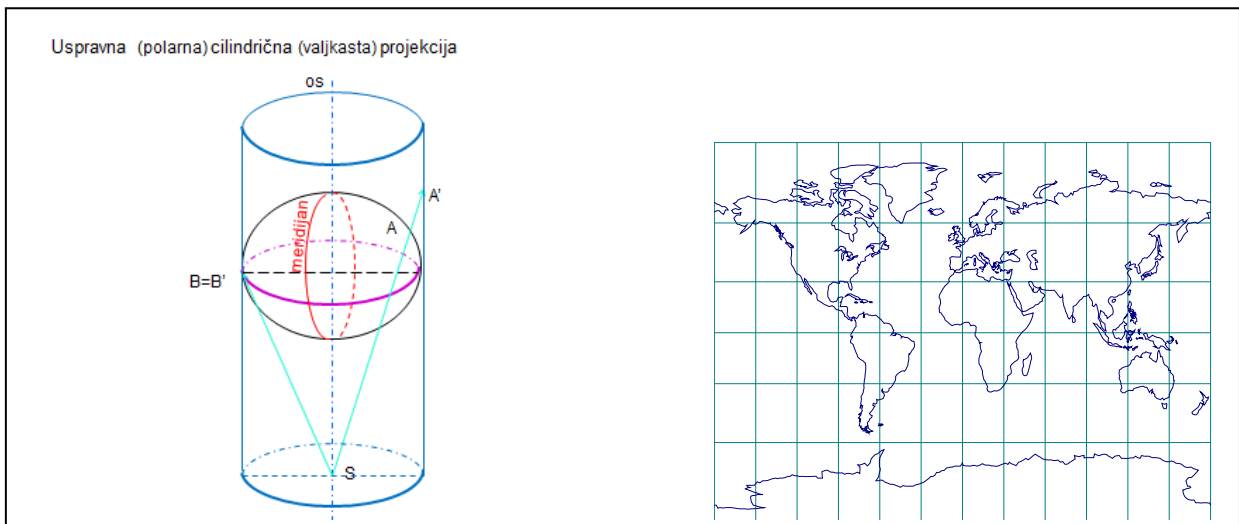
U odnosu na položaj pola projekcije mogu biti :

- **polarne** (uspravne)
- **poprečne** (transverzalne)
- **kose**



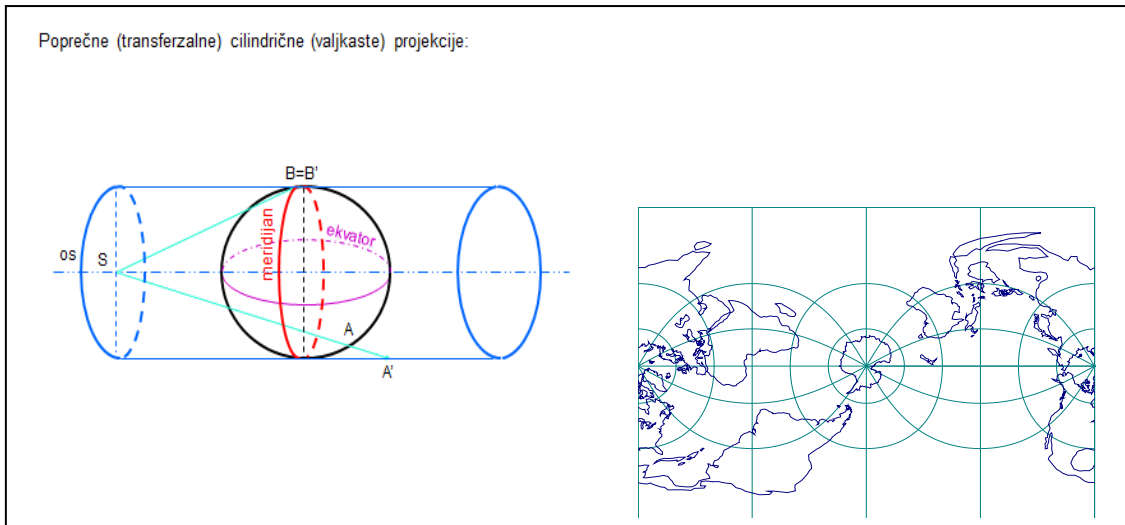
Uspravne (ili polarne) cilindrične (valjkaste) projekcije:

Zemlja se preslikava na plašt valjka čija se os poklapa s osi rotacije Zemlje, a dodirna linija je ekvator. Projekcija je centralna.



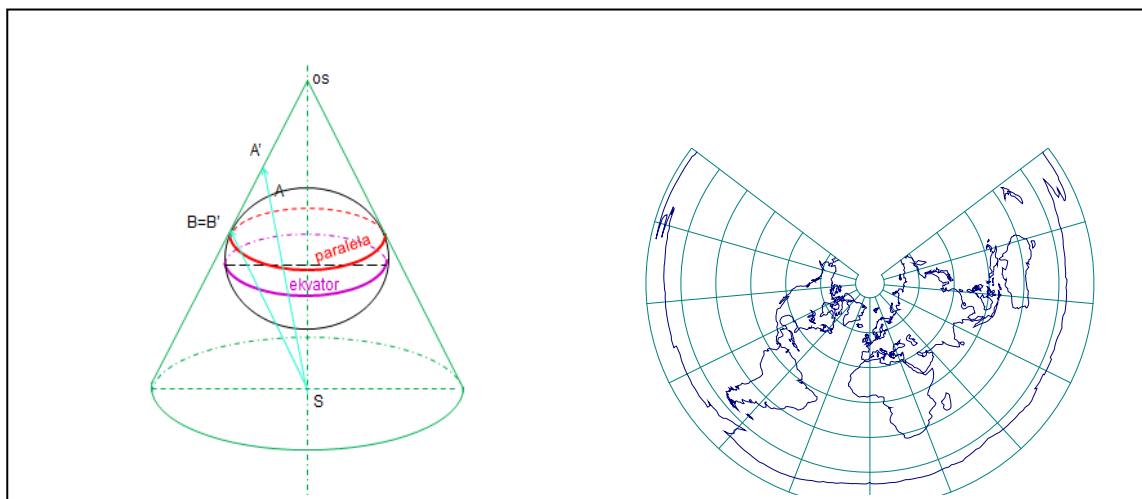
Poprečne (transferzalne) cilindrične (valjkaste) projekcije:

Zemlja se preslikava na plašt valjka čija os leži u ravni ekvatora, a dodirna linija je meridijan. Projekcija je centralna.



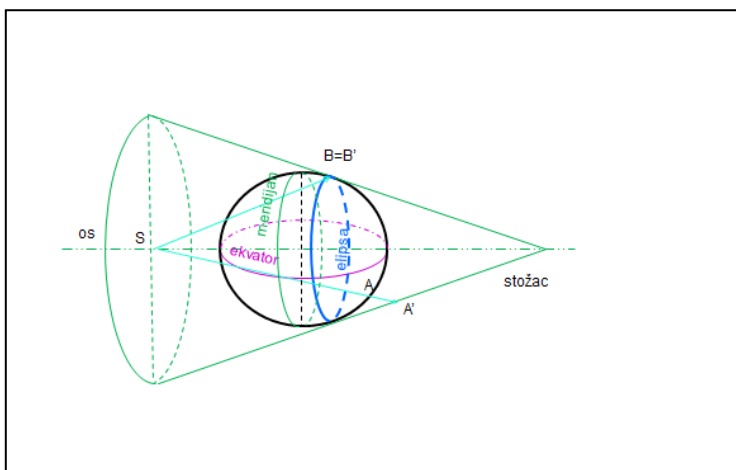
Uspravna konusna projekcija:

Zemlja se preslikava na plašt valjka čija se os poklapa s osi rotacije Zemlje, a dodirna linija je paralela. Projekcija je centralna.



Poprečna konusna projekcija:

Zemlja se preslikava na plašt valjka čija os leži u ravni ekvatora, a dodirna linija je elipsa paralelna s meridijanom. Projekcija je centralna.



Plohu rotacijskog elipsoida ili sferu **nije moguće preslikati u ravninu bez deformacija**. Deformacije koje nastaju pri takvim preslikavanjima dijele se na **deformacije: duljina, površina i kutova**.

Kartografske projekcije po vrsti deformacija dijele se na:

- **konformne** (sačuvani kutovi)
- **ekvidistantne** (sačuvane udaljenosti u nekom smjeru)
- **ekvivalentne** (sačuvane površine)
- **uvjetne** (nisu sačuvani niti kutove, niti udaljenosti niti površine)

HORIZONTALNA IZMJERA

Vrste mjerenja u geodeziji

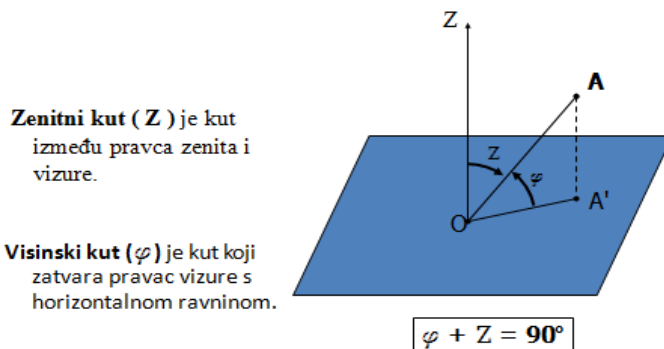
Mjerenja u geodeziji možemo podijeliti na: **horizontalna i vertikalna**. Mjerimo: **duljine i kutove**, a **površine** računamo iz mjerenih veličina.

U geodetskoj izmjeri mjere se **horizontalni i vertikalni kutovi**. Osnovni instrument za mjerenje kutova je teodolit.

Horizontalni kut je onaj kut kojemu krakovi leže u horizontalnoj ravnini. Horizontalni kut α dobit ćemo projekcijom prostornog kuta s krakovima u horizontalnoj ravnini.

Vertikalni kut je kut u vertikalnoj ravnini. Djele se na zenitne i visinske, koji se dijele na elevacijske i depresijske.

Podjela vertikalnih kutova



Mjeriti možemo **horizontalne i vertikalne duljine**.

Vertikalne duljine su: apsolutna visina, relativna visina i visinska razlika

Apsolutna visina je vertikalna udaljenost točke od nivo plahe mora.

Relativna visina je vertikalna udaljenost točke od proizvoljne nivo plohe.

Razlika između dvije apsolutne visine je **visinska razlika**.

Osnovni instrument za mjerenje visinskih razlika je nivelir.

Duljine mjerimo **direktno** i **indirektno**.

Obzirom na princip i fizikalne osnove razlikujemo tri osnovna načina **mjerenje horizontalnih duljina**:

1. **mehanički**
2. **optički**
3. **elektronički**

Mehanički se duljine mjere neposredno vrpcom, lancem, žicom ili letvom.

Optički se duljina mjeri optičkim daljinomjerima.

Elektroničko mjerenje duljina obavlja se pomoću elektromagnetskih valova.

Mehaničkim, optičkim i elektroničkim uređajima i instrumentima duljine mjerimo **direktno**, neposredno vrpcom ili posredno primjenom instrumenata i pribora koji se postavljaju na početnu i krajnju točku dužine.

Indirektno mjerenje duljina zasniva se na rješavanju trokuta.

Mehaničko mjerenje duljina

Mehaničko mjerenje dužina je najstariji način mjerenja duljina. Nedostatak mehaničkog mjerenja je problem zbog konfiguracije terena i svih prepreka koji se na terenu i temperature. U geodetskoj praksi, mjerne vrpce se upotrebljavaju za mjerenje kratkih dužina.

Mehanički se duljine mjere neposredno vrpcom, **direktnim polaganjem mjerne vrpce po teren između dvije točke**.

Mjerna vrpca

Duljina vrpce je 10, 20, 25, 30 ili 50 m, širina 10 do 20 mm, a debljina 0,2 do 0,4mm, s centimetarskom podjelom (mm procjenjujemo). Mogu biti izrađene od: čelika, umjetnog materijala - fibergalsa, invara (36% nikla i 64% čelika) - precizne, zbog malog koeficijenta rastezanja. Namotane su na metalni obroč.

Mjerne vrpce sa drškom



Mjerne vrpce u kućištu (2m, 3m, 5m, 10m...)



Trasirke

Trasirke su crveno-bijeli štapovi duljine 2 m s crvenim i bijelim poljima duljine 20 cm. Služe za obilježavanje (signaliziranje) točaka terena i za određivanje (trasiranje) pravca u prostoru.

Obzirom na materijal izrade mogu biti:

- drvene
- aluminijske - metalne

Po konstrukciji mogu biti:

- jednodijelne
- sklopive (dva ili više elementa)

Držači za trasirke - tronošci

Služe da bi trasirka samostalno stajala u vertikalnom položaju u prostoru.

Vertikalnost se kontrolira pomoću viska iz dva okomita položaja.

Klinovi brojači

Metalni klinovi duljine 30 cm, služe za obilježavanje kraja vrpce ili lanca prilikom postupnog mjerenja duljine.

Duljina mjerne vrpce mora biti ispravna pa se povremeno mora ispitati duljina vrpce. Ispitivanje vrpce obavlja se **komparatorima** za vrpce. Komparacija se obavlja uspoređivanjem duljine vrpce s komparatorom.

Komparator može biti: **invarska vrpca, laserski interferometar, terenski komparator**.

Označena duljina na vrpci vrijedi za određenu temperaturu (npr. 20°C) i određenu silu zatezanja (npr. 100 N).

Mjerna vrpca se ispituje tj. komparira (uspoređuje) s invarskom vrpcom pri temperaturi +20°C i sili zatezanja od 50N.

Terenski komparator:

- na betonskoj ili asfaltnoj površini na svakih 10 m (5x10) postavljeni su željezni klinovi (bolcne) i na njima se na točno 10m izbuše rupice.
- mjerna vrpca položi se na komparator i ustanovi njena duljina.

Nakon kompariranja dobije se certifikat o duljini ispitivane vrpce.

Na duljinu vrpce utječe temperatura prilikom mjerenja, pa se za **točnija mjerenja** mora uzeti u obzir **temperaturna korekcija** mjerene duljine. To je sistematska pogreška.

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot (t_m - t_0)$$

- Δl promjena duljine vrpce pri promjeni temperature
- l_0 duljina vrpce pri kompariranju
- t_0 temperatura kompariranja
- t_m temperatura mjerenja
- α temperaturni koeficijent rastezanja čelika (0,000011)

Primjeri temperaturne korekcije za vrpca od 50 m:

- | $(t_m - t_0)$ | Δl |
|---------------|----------------------------|
| • 5°C | $\Delta l = 0,003\text{m}$ |
| • 10°C | $\Delta l = 0,006\text{m}$ |
| • 20°C | $\Delta l = 0,011\text{m}$ |

Direktno mjerenje duljina mjernom vrpcom

Mjernom vrpcom mjerimo **horizontalne** duljine na približno horizontalnom terenu (ravnom).

Pribor : 3-4 trasirke, mjerna vrpca (ili čelični lanac), 2 tronošca, klinovi brojači.

Za izmjeriti duljinu na terenu potrebno je: iskolčiti pravac, položiti vrpca u horizontalnom položaju po terenu, mjeriti duljinu najmanje dva puta.

Iskolčenje pravca je obilježavanje krajnjih točaka i međutočaka dužine čiju duljinu mjerimo.

Iskolčiti pravac možemo:

- **s kraja** – kad se početna i krajnja točka pravca dogledaju
- **iz sredine** – kad se početna i krajnja točka ne dogledaju.

Postupak mjerenja duljine na terenu:

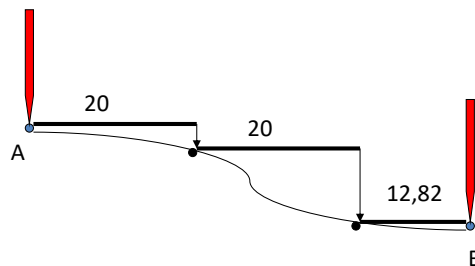
- signalizirati krajnje točke dužine čiju duljinu mjerimo tj. postaviti trasirke u vertikalni položaj u tronošcima na početnu i krajnju točku dužine
- položiti cijelu duljinu vrpce na teren
- nulu vrpce postaviti na početnu točku
- zategnuti vrpca u horizontalnom položaju i usmjeriti je u pravcu krajnje točke
- iskolčiti međutočku u pravcu na kraju vrpce tj. postaviti trasirku u pravcu
- obilježiti kraj cijele duljine vrpce klinom
- izmjeriti ostatak duljine
- mjeriti duljinu u drugom smjeru na isti način
- mjerene podatke upisati u **tr. obr. br.18**

Mjerenje duljine vrpcom na nagnutom terenu

Duljina se vrpcom na nagnutom terenu mjeri:

1. izdizanjem vrpce u horizontalan položaj

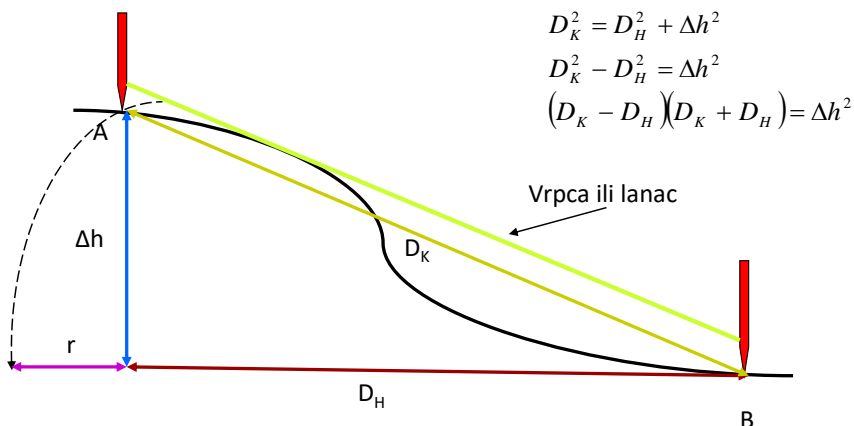
Mjerenje duljine na nagnutom terenu izdizanjem vrpce



$$D = 20\text{m} + 20\text{m} + 12,82\text{m} = 52,82\text{m}$$

2. mjerenjem vrpcom po terenu (mjerenjem kose duljine)

Mjerenje duljine na nagnutom terenu



Kosa duljina mjerena lancem ili vrpcom : D_K

Horizontalna duljina : D_H

Visinska razlika između točaka : Δh

Redukcija koso mjerene duljine : r

$$D_K - D_H = r$$

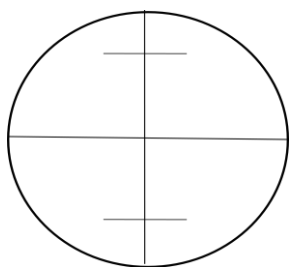
$$r = \frac{\Delta h^2}{D_K + D_H} = \frac{\Delta h^2}{2D}$$

$$D_H = D_K - r$$

14

Optičko mjerenje duljine

Optički se duljina mjeri optičkim daljinomjerima. Ugrađen je u durbin teodolita i nivelira. Na pločici nitnog križa nalaze se tri horizontalne niti: gornja, srednja i donja.



Postupak mjerenja:

- durbin postavimo horizontalno u prostoru
- Optičkim daljinomjerom naviziramo nivelmansku letvu i očitamo gornju i donju nit nitnog križa

Duljinu izračunamo po formuli: $D = K \cdot l + c$

D - duljina od instrumenta do letve

K - multiplikacijska konstanta (iznosi 100)

l - odsječak na letvi

(razlika gornjeg i donjeg očitavanje letve)

c - adicijska konstanta (iznosi od 0 do 0,2m)

Točnost mjerenja je vrlo mala, pa se ta mjerenja koriste isključivo za mjerenja visinskih razlika i svugdje gdje ne trebamo visoku točnost položaja točke.

Elektroničko mjerenje duljina

Elektroničko mjerenje duljina obavlja se pomoću elektromagnetskih valova. Duljine mjerimo pomoću elektrooptičkog daljinomjera i reflektora (prizme).

Elektrooptički daljinomjer (odašiljač) šalje elektromagnetske valove koji se odbijaju od reflektora i vraćaju nazad elektrooptičkom daljinomjeru (prijamnik)

Fizikalni princip elektroničkog mjerenja dužina zasniva se na mjerenju vremena koje je elektromagnetskom valu potrebno za prijelaz mjerene dužine u oba smjera

Duljina se dobije po formuli: $D = (v \cdot t) / 2$

- v – brzina elektromagnetskog vala
- t – vrijeme potrebno da elektromagnetski val prijeđe udaljenost od elektrooptičkog daljinomjera do prizme i natrag

Elektroničko mjerenje duljina je vrlo točno. Elektrooptičkim daljinomjerima mjerimo duljine do 5000m, pa i veće, što ovisi o tipu instrumenta.

Točnost izmjerene duljine je oko 0.01m na km mjerene duljine

Pogreške mjerenja duljine

Mjerenje je proces podložan promjenama, tj. odstupanjima od prave ili istinite vrijednosti.

Sva mjerenja opterećena pogreškama. Izvor pogrešaka može biti čovjek, pribor i instrumenti, vremenski uvjeti...

Odstupanje mjerenja (pogreške) se prema karakteristikama dijele u tri skupine (prema uzroku nastajanja, veličini i predznaku):

2. **Gruba odstupanja**
3. **Sistematska odstupanja**
4. **Slučajna odstupanja**

Gruba odstupanja

Uzrok nastajanja je **čovjek**. Nastaju pri nedovoljnoj pozornosti mjernika, nepažnja, umor...

Po iznosu (apsolutnoj vrijednosti tj. veličini) su **velika**. Po predznaku mogu biti **negativna i pozitivna**. Iz rezultata mjerenja uklanjaju se **ponovnim mjerenjem**.

Sistematska odstupanja

Uzrok nastajanja je **instrumentarij i pribor**. Po iznosu su **malena**. **Uvijek su istog predznaka** tj. ili su sva pozitivna ili su sve negativna. Iz rezultata mjerenja uklanjaju se **računanjem ili metodom mjerenja**.

Slučajna odstupanja

Nakon otkrivanja i uklanjanja grubih i sistematskih odstupanja i dalje će postojati neslaganje mjerenja čiji se uzroci nastajanja ne mogu izraziti određenom funkcijom. To su slučajna odstupanja.

Uzrok nastajanja je **nesavršenosti organa za opažanje, nesavršenosti instrumenata i pribora, nedovoljna izvježbanost, i ostalih uzroka čiji utjecaj ne možemo predvidjeti. Malena** su po iznosu. Po predznaku mogu biti **negativna i pozitivna**. Ne mogu se ukloniti iz rezultata mjerenja ali vrijedi pravilo :

Kod velikog broja mjerenja iste veličine možemo očekivati da je zbroj slučajnih odstupanja (pogrešaka) jednak nuli.

Prava vrijednost (najvjerojatnija vrijednost) mjerene veličine jednaka je aritmetičkoj sredini svih mjerenih .

Razlika između stvarne **prave**, odnosno **istinite vrijednosti** i neke mjerene veličine (tj. njezine procjene) naziva se odstupanje mjerne veličine.

Prava vrijednost neke veličine dobit će se ako mjernoj vrijednosti dodamo pravo odstupanje.

Ocjena točnosti

$$\text{Prava vrijednost: } L = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n} \quad ; \quad \text{Pravo odstupanje: } \begin{aligned} v_1 &= L - l_1 \\ v_2 &= L - l_2 \\ v_n &= L - l_n \end{aligned}$$

$$[vv] = \min$$

$$\text{Srednje odstupanje (pogreška) svakog pojedinog mjerenja: } m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

n je broj mjerenja

$$\text{Srednje odstupanje (pogreška) aritmetičke sredine: } M = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

(n - 1)...je broj prekobrojnih mjerenja

Kod **ocjene točnosti** mjerenja uzima se samo utjecaj **slučajnih pogrešaka** na mjerenje. Grube i sistematske pogreške se isključuju iz rezultata mjerenja.

Pogreške neposrednog mjerenja duljina vrpcom :

- netočna duljina vrpce ili lanca
- netočno postavljanje vrpce ili lanca u pravac
- ugib lanca - lančanica
- preslabo ili prejako zatezanje vrpce ili lanca
- promjena temperature
- netočno određena visinska razlika
- nepoklapanje krajeva vrpce ili lanca
- netočno očitavanje ostatka vrpce ili lanca

Geodetske projekcije

Posebnu skupinu projekcija čine **geodetske projekcije, za potrebe državne izmjere i izradu službenih topografskih karata.**

4. kolovoza 2004. godine donesena je Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Rpublike Hrvatske, a u službenoj upotrebi su od 2010.:

- **Koordinatni sustav poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije HTRS96/TM određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske izmjere**
- Koordinatni sustav upravne Lambertove konformne konusne projekcije → HTRS96/LCC određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje pregledne državne kartografije
- Za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske usvaja se projekcijski koordinatni sustav univerzalne poprečne Mercatorove projekcije (Universal Transverse Mercator – UT9)

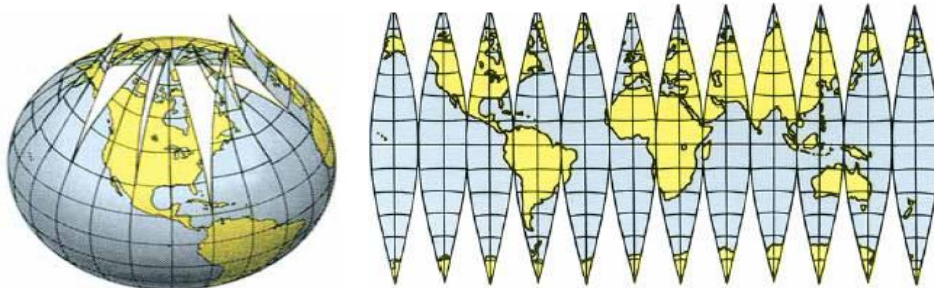
U Hrvatskoj su u službenoj upotrebi:

- **Gauß-Krügerova** ili poprečna (transverzalna) Mercatorova projekcija
- **i od 2010. HTRS96/TM (transverzalna Mercatorova projekcija)**

Gauß-Krügerova projekcija (općenito)

Zemlja je preslikana na niz valjaka (120) tkz. zone preslikavanja širine 3° . Dodirni je svaki treći meridijan računajući od Greenwich-kog meridijana. Plašt valjka dodiruje odabrani meridijan i on se naziva središnji meridijan. Ishodište koordinatnog sustava je u presjeku središnjeg meridijana i ekvatora. Gauß-Krügerova projekcija je transverzalna ili poprečno cilindrična projekcija, a obzirom na deformacije ona je konformna.

Gauß-Krügerova projekcija

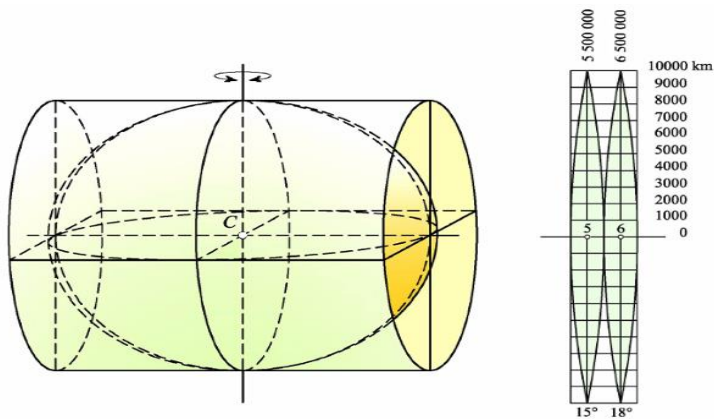


Gauß-Krügerova projekcija za Hrvatsku

Teritorij Republike Hrvatske preslikava se na dva valjka (cilindra) koji diraju elipsoid po 15. i 18. meridijanu. Dakle Hrvatska se preslikava u dvije zone, **5. i 6. zonu** računajući od Greenwich-kog meridijana. Širina zone je 3° tj. $1,5^\circ$ istočno i $1,5^\circ$ zapadno od središnjeg meridijana.

Udaljavanjem od središnjeg meridijana deformacija se povećava, pa se ovakva projekcija koristi samo za relativno uska područja uz zadani meridijan, tzv. zone.

Na rubovima zona deformacija je 0,2 m po km preslikane dužine što je prevelika deformacija za planove 1:500.



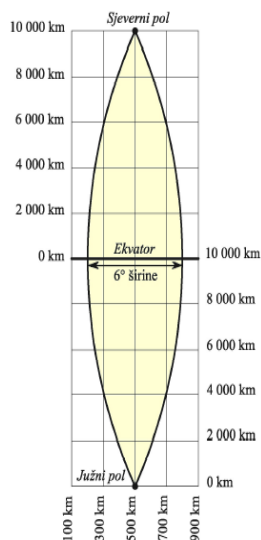
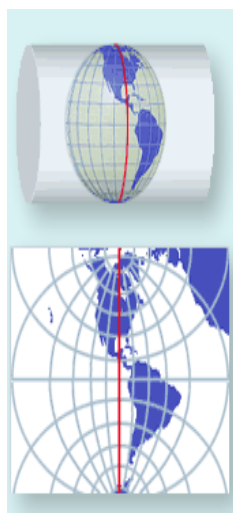
Poprečna Mercatorova (Gauss-Krügerova)-TM za Hrvatsku:

Hrvatska je preslikana na **jedan valjak**, koji dodiruje elipsoid po meridijanu $16^{\circ}30'$, te ima jednu zonu širine 6° .

Projekcije je transverzalna (poprečno) cilindrična, konformna, središnji meridijan je $16^{\circ}30'$ preslikava se u pravoj veličini ili je mjerilo uzduž njega konstantno.

RH ima **jedan pravokutni koordinatni sustav** Mercatorove projekcije - **HTRS 96/TM**

HRVATSKI TERESTIČKI REFERENTNI SUSTAV 96/ TRANSVERZE MERKATOR skraćeno **HTRS96/TM**



Geodetski koordinatni sustavi

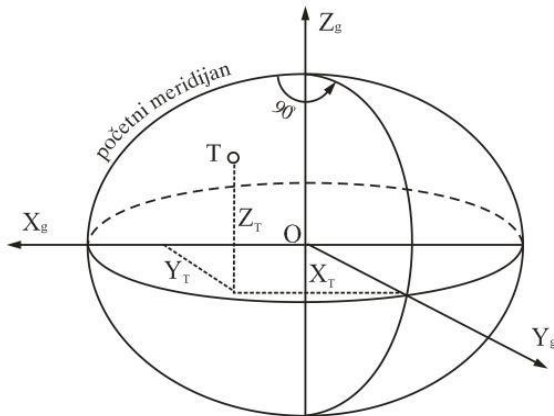
Koordinatni sustav (eng. Coordinate System), je skup matematičkih zakonitosti koje definiraju kako će točkama biti pridružene koordinate

- 1) **3D prostorni (elipsoidni) koordinatni sustavi** - položaj točke određen na površini rotacijskog elipsoida.
 - a) **Kartezijev ili globalni pravokutni koordinatni sustav**
Položaj točke određen Kartezijevim pravokutnim ili geocentričnim koordinatama (X,Y,Z)

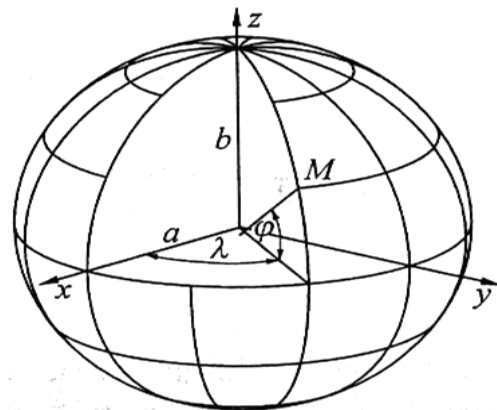
b) **Geodetski koordinatni sustav**

Položaj točke određen geodetskim ili sfernim koordinatama (φ, λ, h)

- **geodetska širina (φ)** - kut između okomice na elipsoid kroz točku i ravnine ekvatora
- **geodetska duljina (λ)** - kut između početne meridijanske ravnine i meridijanske ravnine kroz točku.
- **elipsoidna visina (h)**



a) Kartezijev koordinatni sustav



b) geodetski koordinatni sustav

Položaj točke na **kugli (sferi)** određen je **sfernim koordinatama**.

Položaj točke na **geoidu** (fizičkoj površini Zemlje) određen je geografskim koordinatama:

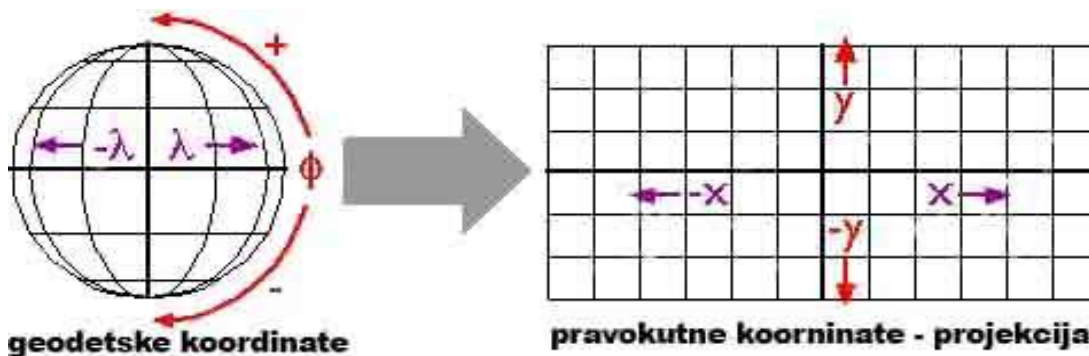
- **geografska širina** je kut koji čini vertikalna kroz zadanu točku i ravnina ekvatora
- **geografska dužina** je kutna udaljenost od početne meridijanske ravnine i meridijanske ravnine položene kroz točku

2) 2D koordinatni sustav u ravnini – položaj točke određen u **ravnini** projekcija:

a) **Pravokutni koordinatni sustav**

Položaj točke u ravnini projekcije određen pravokutnim koordinatama.

- **Gauß-Krügerov koordinatni sustav** – položaj točke određen pravokutnim Gauß-Krügerovim koordinatama (y, x)
- **HTRS 96/TM** koordinatni sustav – položaj točke određen pravokutnim HTRS 96/TM koordinatama (E, N)

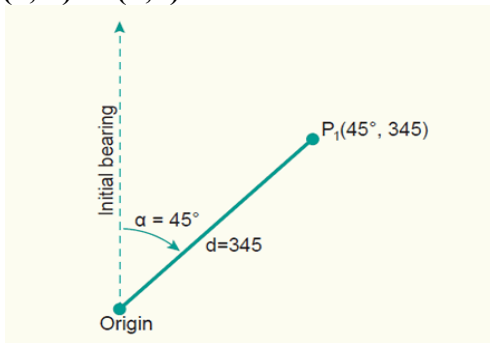


geodetske koordinate

pravokutne koordinate - projekcija

b) Polarni koordinatni sustav

Položaj točke u ravnini projekcije određen **polarnim koordinatama: kut i duljina (v, d) ili (α, d)**



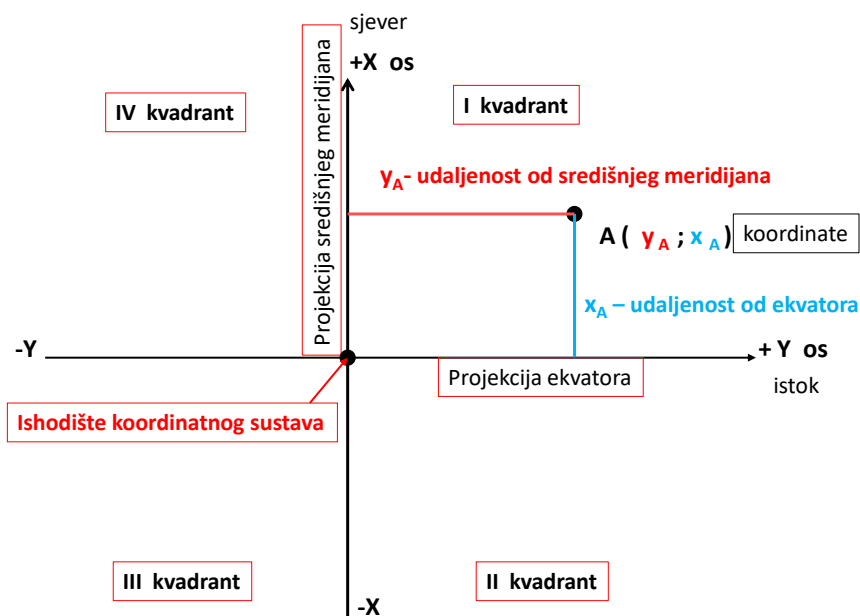
Položaj točke u ravnini plana ili karte određen je

- pravokutnim koordinatama: **Y i X**
- i polarnim koordinatama: **(v, d) ili (α, d)**

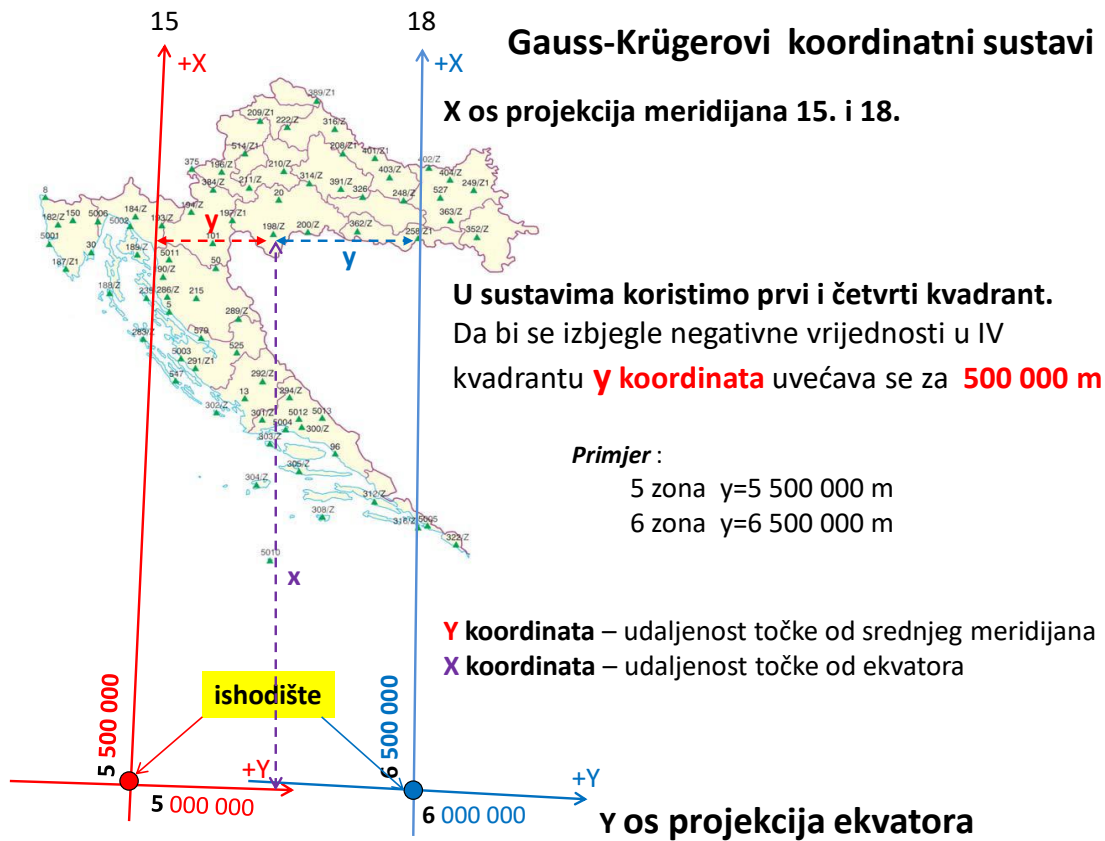
3) 1D Visinski koordinatni sustav - koordinatni sustav u vertikalnoj ravnini

Položaj točke određen apsolutnom ili nadmorskom visinom (**H**) mjerenom od geoida.

Geodetski pravokutni koordinatni sustav u ravnini (2D)

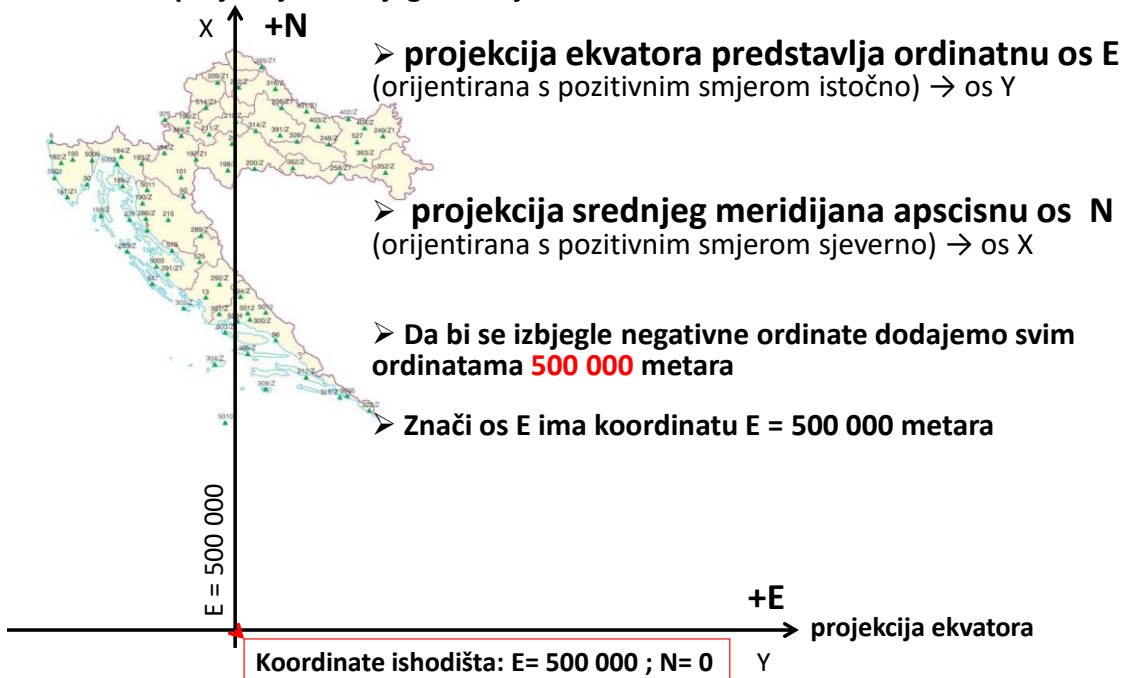


Hrvatska ima **dva pravokutna koordinatna sustava** Gauss-Krügerove projekcije.



Koordinatni sustav **HTRS96/TM**

projekcija srednjeg meridijana $16^{\circ} 30'$



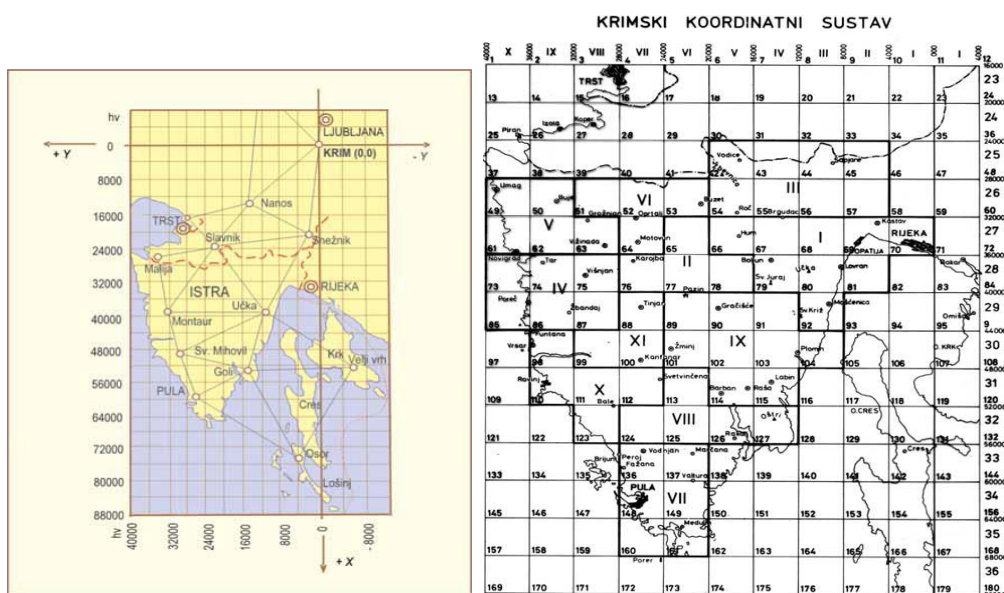
Stari koordinatni sustavi

Krimski koordinatni sustav

Najstariji koordinatni sustav korišten na našem području

Karakteristike:

- Ishodište sustava točka Krimsko brdo (14 km od Ljubljane – trigonometar I reda)
- X os podudara se s meridijanom kroz ishodište s orijentacijom pozitivnog smjera prema jugu
- Y os orijentirana s pozitivnim smjerom prema zapadu



Bečki koordinatni sustav

- Os X se podudara s meridijanom koji prolazi kuglom (jabukom) tornja crkve St. Stephana u Beču
- Y os prolazi 48 km južno do Beča

Kloštar –Ivanički koordinatni sustav

Ishodište sustava toranj franjevačke crkve u Kloštar-Ivaniću

Budimpeštanski koordinatni sustav

Ishodište sustava opservatorij na brdu Gallertheg (Blockberg) kod Budimpešte

Geodetske mreže

Geodetska izmjera je određivanje međusobnog položaja točaka na terenu.

Točke geodetske izmjere dijele se:

- točke geodetske osnove (stalne geodetske točke)
- točke detalja

Izmjeru vršimo na površini Zemlje, a na osnovu podataka mjerenja izrađujemo planove i karte u ravnini projekcije. To je moguće jer je položaj točke određen njenim koordinatama u nekom koordinatnom sustavu.

Geodetske mreže su razmještaj (geometrijska konfiguracija) **tri ili više točaka međusobno povezanih geodetskim mjerenjima.**

Obzirom na dimenziju mreže mogu biti :jednodimenzionalne 1D(visinske), dvodimenzionalne 2D (horizontalne - u ravnini), trodimenzionalne 3D (prostorne). Obzirom na metode izmjere mreže mogu biti: terestičke (triangulacija, trilateracija, poligonometrija, nivelman) i satelitske GNSS (Global Navigation Satellite Systems)

Geodetske mreže služe:

- kao osnova za određivanje dimenzija,oblika i gravitacijskog polja Zemlje
- kao osnova za izmjeru Zemljine površine
- kao osnova za iskolčenje projektiranih objekata
- kao osnova za priključivanje drugih mreža istog ili nižeg ranga

Geodetske mreže materijaliziraju izabrani (državni) koordinatni sustav.

Znači koordinate **geodetskih točaka** određene su u odabranom koordinatnom sustavu.

Geodetska točka označena je na fizičkoj površini Zemlje trajnom stabilizacijom, a na planu ili karti prikazuje se topografskim znakom .

Točke geodetske osnove ili stalne geodetske točke (baza premjera) dijele se na:

- **Visinske geodetske točke**
 - Reperi → pripadaju Nivelmanskoj mreži
- **Položajne točke:**
 - Trigonometrijske → pripadaju Trigonometrijskoj mreži
 - Poligonske → pripadaju Poligonskoj mreži
 - Linijske ili male točke → pripadaju Linijskoj mreži
- **GPS točke** → pripadaju mreži GNSS točaka

Vertikalna izmjera

Nivelmanska mreža

Nivelmanska mreža se postavlja za određivanje vertikalnih odnosa točaka terena (konfiguracije).

Osnovu visinske izmjere čini polje stalnih visinskih točaka (repera) geometrijskog nivelmana definirano u službenom (referentnom) visinskom sustavu Republike Hrvatske, skraćeno **HVRS71** (Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5)

HVRS71 određen je na temelju srednje razine mora.

Ploha geoida je određena srednjom razinom mora od mareografa u Dubrovniku, Splitu, Bakru, Rovinju i Kopru (u epohi 1971.5) je referentna ploha za računanje visina u Republici Hrvatskoj.

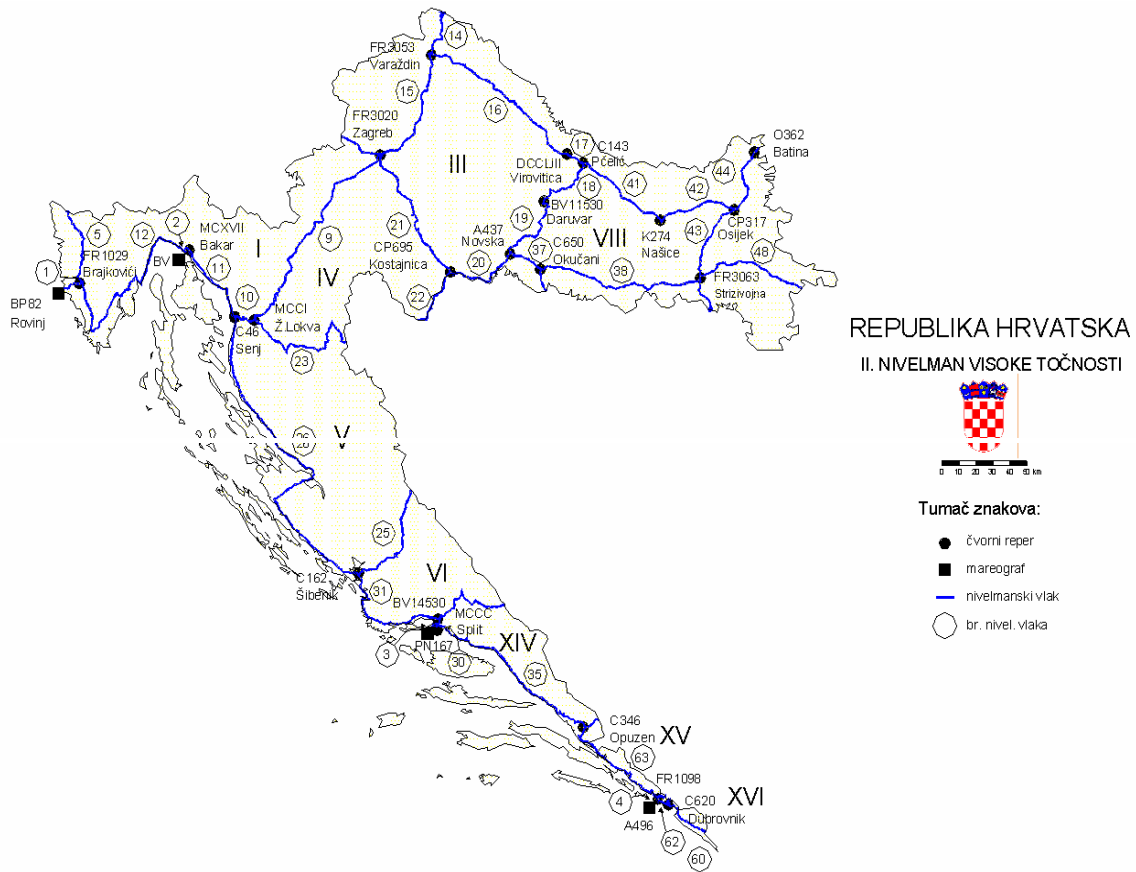
Dijelovi polja stalnih visinskih točaka nazivaju se **nivelmanske mreže**.

Nivelmanske mreže čine zatvoreni poligoni (figure).

Nivelmanske poligone formiraju **nivelmanski vlakovi**, koji se prostiru između čvornih repera ili graničnih repera (na granici države).

Čvorni reperi su stalne visinske točke u kojima se sastaju najmanje tri nivelmanska vlaka.

Mreža se postavlja na principu izmjere iz velikog u malo.



Nivelmanska mreža u RH

Mareograf

Mareografi su uređaji koji mjere vremenske promjene razine mora direktnom ili indirektnom metodom.

Pomoću mareografa kontinuirano se mjere promjene razine mora dugi period (u vremenu) na jednoj lokaciji odnosno u jednoj točki.

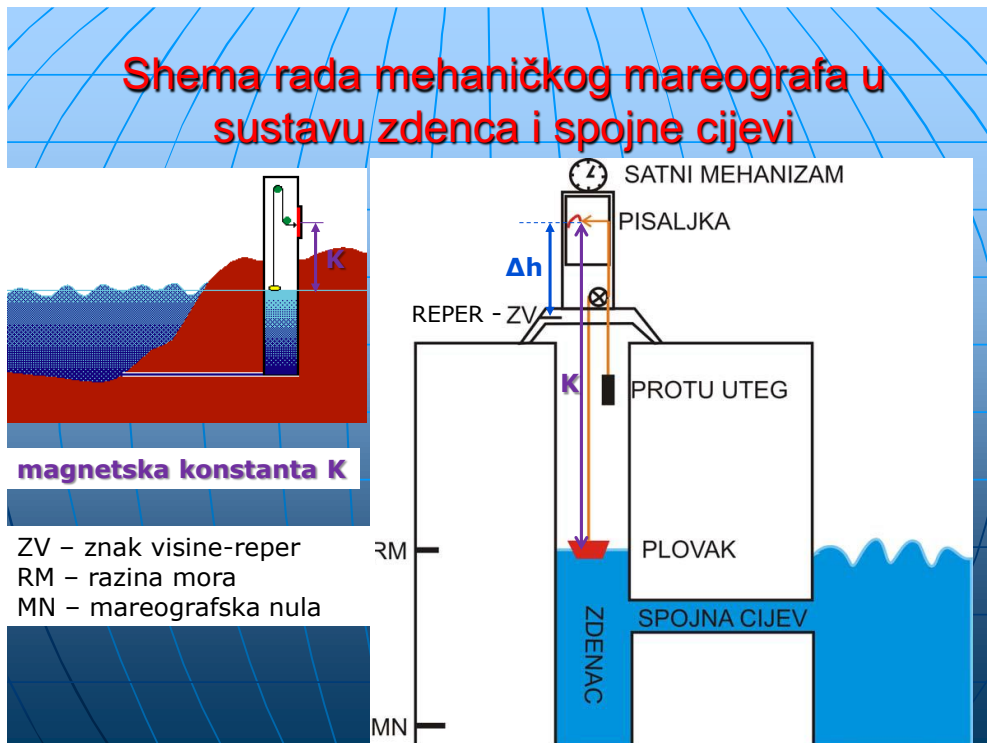
Mareografi prema načinu rada mogu biti: mehanički, tlačni, akustički, radarski

Mehanički mareograf



Mareograf u Splitu

- uređaj se redovito nalazi unutar kućice na obali mora
- mjeri promjene razine mora u zdencu
- zdenac je povezan s vanjskim morem spojnom cijevi
- sustav zdenca i spojne cijevi guši kratke površinske valove a propušta dugo periodičke oscilacije valova
 - one se mehanički bilježe na papir (mareogram)
 - ili u digitalnom obliku u radnu memoriju

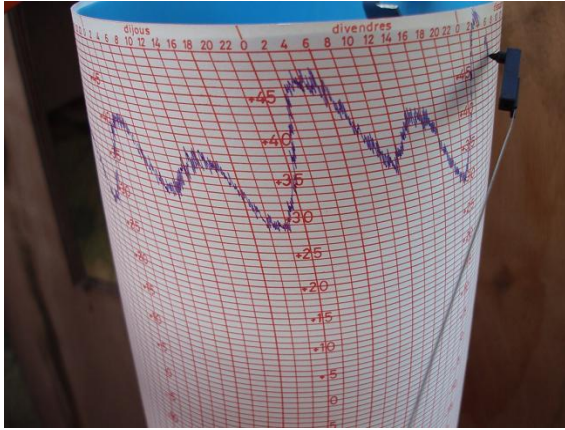


- Mareografska konstanta “K“ je visinska razlika između vrha pisaljke i morske površine
- Vrijednost konstante treba biti uvijek ista (nepromijenjena)
- Kontrolira se jedan do dva puta godišnje

Nulti reper je početni reper nivelmanske mreže, čija je apsolutna visina određena direktno od mareografa: $H_0 = K - \Delta h$

- $\Delta h \rightarrow$ visinska razlika između srednjice (nulte nivo plohe) i repera
- Δh se izmjeri nivelirrom

Mareogram

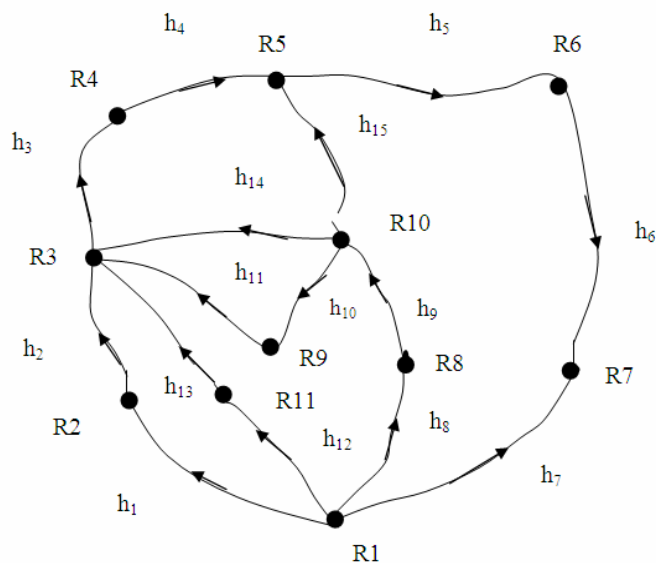


Iz mareograma se izračuna srednja razina mora tj. nulta nivo ploha (geodetska nula).

Nivelmanski vlakovi

Nivelmanska mreža dijeli se na sljedeće redove:

- **nivelman visoke točnosti**, (opseg poligona iznosi najviše 300 km)
- **precizni nivelman** (duljina vlakova najviše 80 km)
- **tehnički nivelman povećane točnosti** (duljina vlakova najviše 50 km)
- **tehnički nivelman** (duljina vlakova najviše 30 km)
- **gradski nivelman**.



Nivelmanski vlakovi sastoje se od **repera i nivelmanskih strana**.

Nivelmanska strana je visinska razlika između dva susjedna repera.

Nivelmanski vlakovi mogu biti: zatvoreni nivelmanski vlakovi i obostrano priključeni nivelmanski vlakovi.

Zatvoreni nivelmanski vlak počinje i završava na istom reperu.

Obostrano priključeni nivelmanski vlak se uspostavlja između dva različita repera.

Vlak treba prolaziti preko stabilnog i čvrstog zemljišta te ga postavljati s iste strane saobraćajnice. Vlak treba biti određene duljine, potrebno je izbjegavati dugačke vlakove zbog mogućnosti nagomilavanja sistematskih pogrešaka.

Reperi

Reper (od francuske riječi - oznaka) je točka s određenom apsolutnom ili nadmorskom visinom.

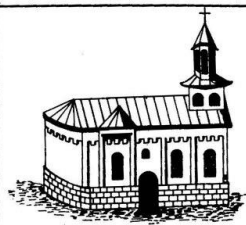
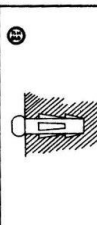
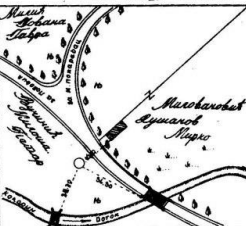
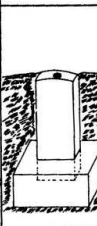
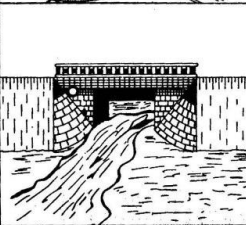
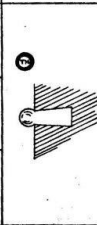
Reperi se stabiliziraju (postavljaju) na pogodna mjesta u čvrste i stabilne objekte ili tlo. Pri stabilizaciji repera treba paziti da se na njega može postaviti nivelmanska letva. Repere postavljati u stabilne i čvrste objekte, te izbjegavati lokacije podložne uništenju.

Nakon stabilizacije repera potrebno je izraditi **položajni opis repera**.

položajni opis

SAVEZNA GEODETSKA UPRAVA

Nivelmanski obrazac br.8
Strana

Broj repera S. Republika K. Opština Datum postav.	OPIS POLOŽAJA REPERA	Kako je obebežen reper	PRIMEDEBA
846 <i>Staračub</i> 5.6.1964.			Reper je usao na zapadnu stranu kapele u Staračubi
847 <i>Staračub</i> 3.6.1964.			Kameniti stub dimenzije 0,40x0,40x1,00 na otvorenom mjestu
84 <i>Staračub</i> 10.7.1964.			Reper je usao na dužinu strane mosta na buvljaku Vodenu Buda Vesolac - Mladunice

Reperi su načinjeni od metala i ugrađuju se:

- **horizontalno:** u objekte (zgrade, upornjake mostova, temelje većih objekata i sl.
 - zidni reperi
- **vertikalno:** u prirodni ili umjetni kamen koji je betoniran u čvrsto, stabilno tlo
 - zemljani reperi



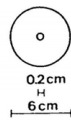
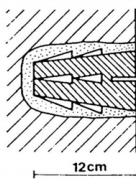
Visoki reper – s rupicom
Ugrađen u ravnini zida u visini vizure



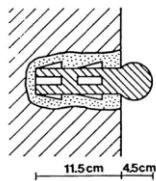
Niski reper u obliku kugle(valjka)
Ugrađen u zid objekta (0,50-0,70 m)

Oznaku za nadmorsku visinu predstavlja: sredina rupice ili najviši vrh metalne oznake.

Stabilizacija repera

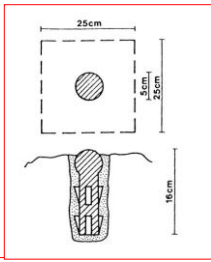


Visoki reper – s rupicom
Ugrađen u ravnini zida u visini vizure instrumenta

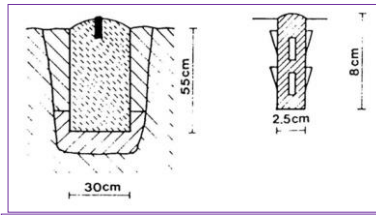


Niski reper u obliku kugle
Ugrađen u zid objekta
0,50-0,70 m od zemlje

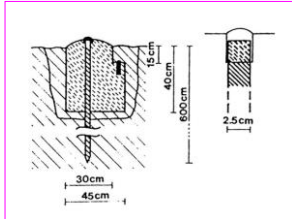
Stabilizacija repera



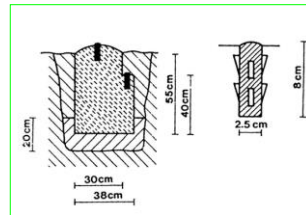
vertikalno ugrađen reper s glavom u živoj stijeni (oznaka VRS)



vertikalno ugrađen reper u kamen s betonskom podlogom ili betonskom masom (oznaka VK)



vertikalni reper - cijev – s pomoćnim podzemnim reperom (oznaka VC)



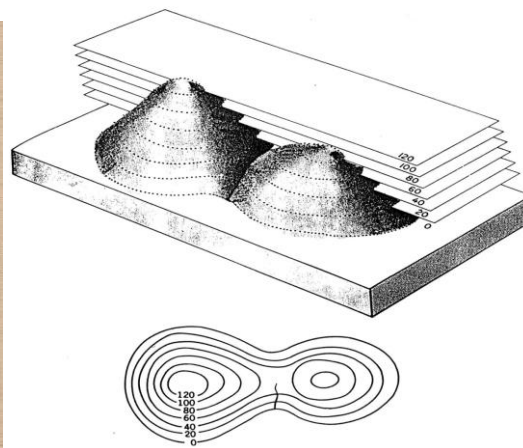
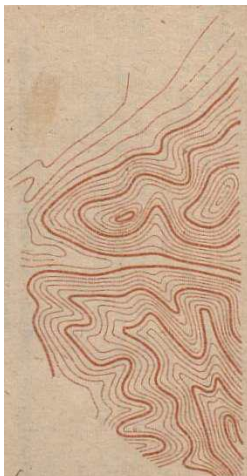
vertikalni reper u betonskoj masi s podzemnim reperom (oznaka VM)

Instrumenti i metode određivanja visinskih razlika

Na planu se visinski prikazuje teren pomoću slojnica (izohipsa) . **Izohipse ili slojnice** su linije koje povezuju točke iste visine. Na planu se crtaju se u **sepia** boji.

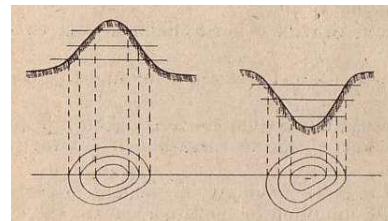
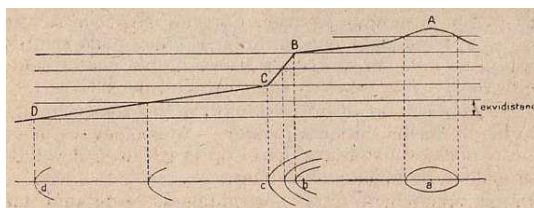
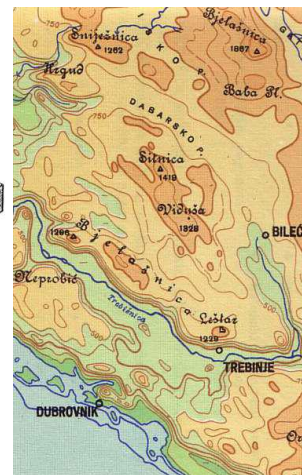
Visinski prikaz terena

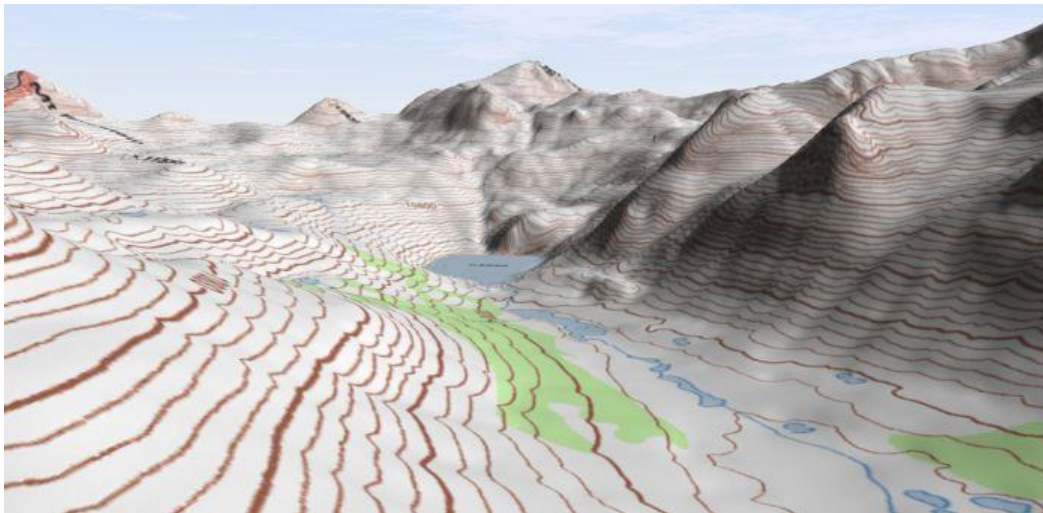
dio plana



Ekvidistancija - razmak između slojnica

dio karte





Visinski prikaz terena tj. konfiguracija ostvaruje se pomoću određenih apsolutnih ili nadmorskih visina točaka terena.

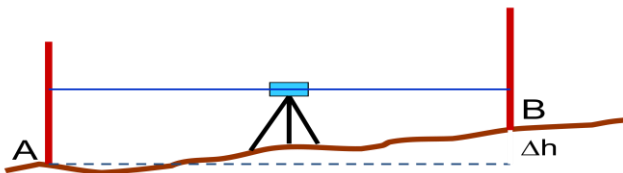
Visina točke terena dobije pomoću **visinskih razlika (Δh)** od neke početne točke.

Visinske razlika (Δh) određuju se različitim metodama tj. nivelmanom:

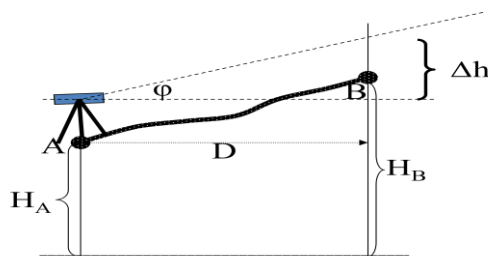
- **geodetskim:** geometrijski nivelman, trigonometrijski nivelman, gps mjerenje
- **negeodetskim:** hidrostatski nivelman, barometrijski nivelman

Nivelman je metoda određivanja visinskih razlika i visina točaka terena.

Geometrijskim nivelmanom određuje se visinske razlike pomoću **horizontalne vizure**. Osnovni instrument za mjerenje visinskih razlika je **nivelir**.

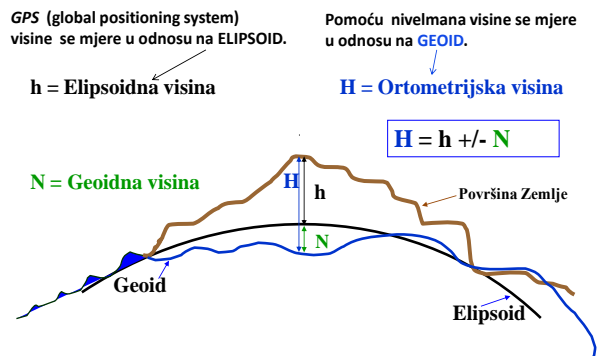
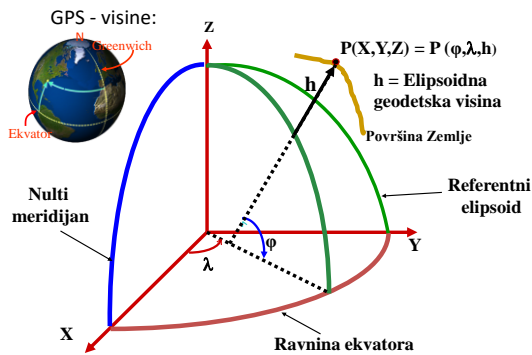


Trigonometrijski nivelman : mjerimo horizontalnu duljinu, i visinski kut teodolitom, a visinsku razliku izračunamo.



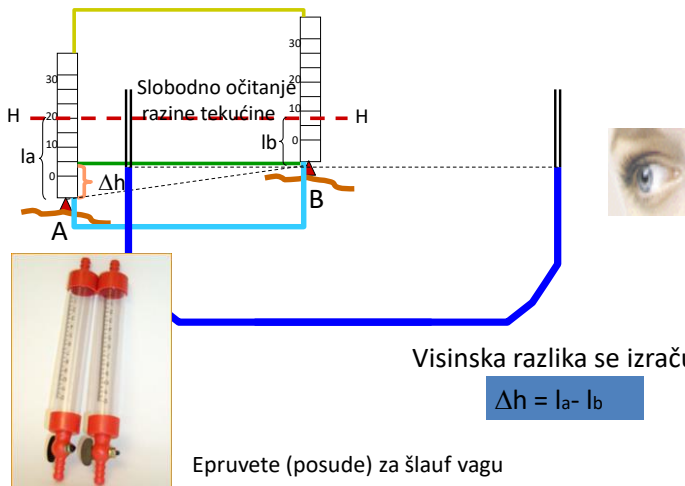
GPS mjerenje - pomoću umjetnih zemljinih satelita dobiju se 3D koordinate (X,Y,Z) ili (ϕ, λ, h) bilo koje točke na Zemlji. Pri mjerenju koriste se GPS mjerni uređaji.

GPS visine



Hidrostatskim nivelmanom visinska razlika određuje se po zakonu spojenih posuda

Hidrostatski nivelman



Gumeno crijevo je napunjeno vodom. Na krajevima su staklene ili plastične posude sa skalom.

Barometrijski nivelman - Povećanjem nadmorske visine, smanjuje se tlak zraka. Za mjerenje se koristi skala izražena u metrima nadmorske visine. Mjerenje počinje i završava na točki poznate visine.



Nivelir

Nivelir je instrument za mjerenje visinskih razlika u geometrijskom nivelmanu.

To je najjednostavniji geodetski instrument. Osnovni dio nivelira je **dalekozor (durbina)** koji se zajedno s uređajem za horizontiranje okreće oko **vertikalne (glavne) osi nivelira**.

Geodetska vizurna os (linija) nivelira mora biti u horizontalnoj ravnini, a to se postiže uređajem za horizontiranje.

Podjela nivelira

- Prema izvedbi uređaja za horizontiranje nivelire dijelimo na: **nivelire s libelama i nivelire s kompenzatorima** (automatske nivelire)
- Prema tehnološkom razvitku i specifičnoj konstrukciji razlikujemo: **optičke nivelire, laserske nivelire, digitalne nivelire**
- Po **točnosti** (na osnovu srednje visinske razlike po 1 km obostranog niveliranja) nivelire dijelimo :
 1. **niveliri najviše točnosti** → točnost niveliranja $\leq 0,5$ mm/km
 2. **niveliri visoke točnosti** → točnost niveliranja $\leq 1,0$ mm/km
 3. **niveliri više točnosti** → točnost niveliranja $\leq 3,0$ mm/km
 4. **niveliri srednje točnosti** → točnost niveliranja $\leq 8,0$ mm/km
 5. **obični ili jednostavni niveliri** → točnost niveliranja > 8 mm/km
- U **praksi** se niveliri nazivaju po namjeni koja je povezana s točnosti mjerenja: **precizni niveliri, inženjerski niveliri, građevinski niveliri**

Dijelovi nivelira

Nivelir se sastoji od dva osnovna dijela:

- **gornjeg** koji se okreće se oko vertikalne osovine
- i **donjeg**.

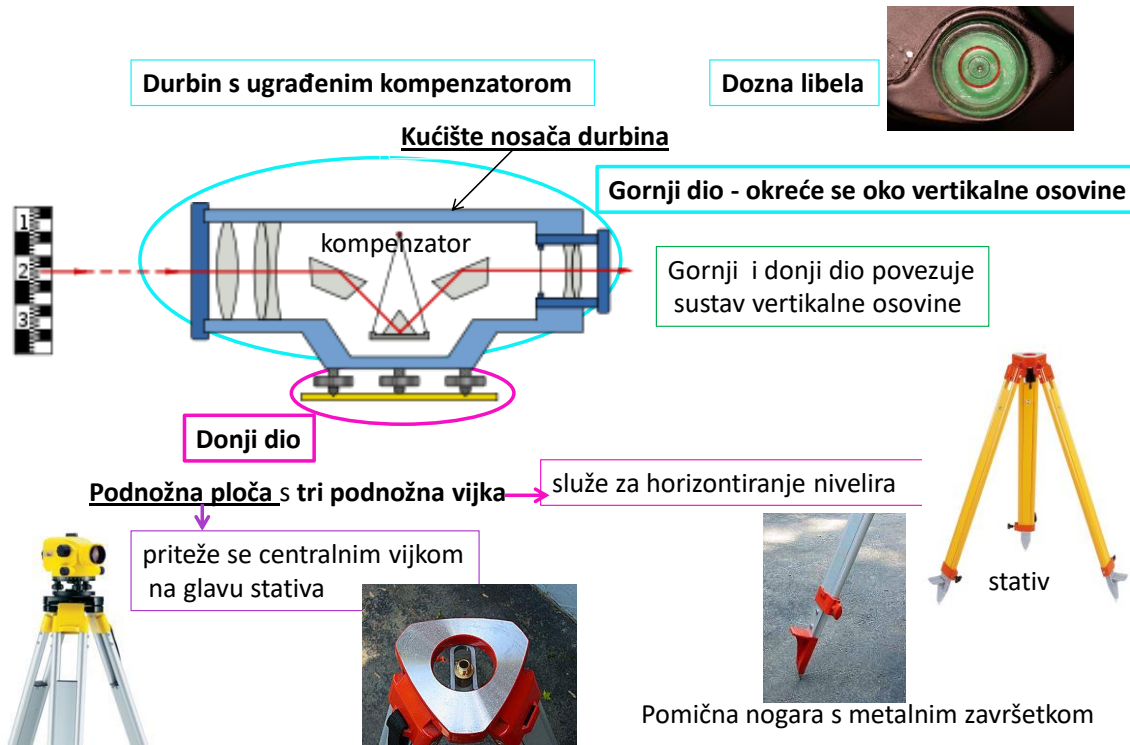
Donji dio se sastoji od **podnožne ploče s tri podnožna vijka** koja služe za horizontiranje nivelira. Za vrijeme mjerenja donji dio se **središnjim vijkom** pritegne na glavu stativa.

Gornji dio nivelira s libelom sastoji se od: **kućišta, nosača durbina s elevacijskim vijkom, dalekozora (durbina), nivelacijske libele:cijevne** (služi za fino horizontiranje) i **dozne** (služi za grubo horizontiranje)

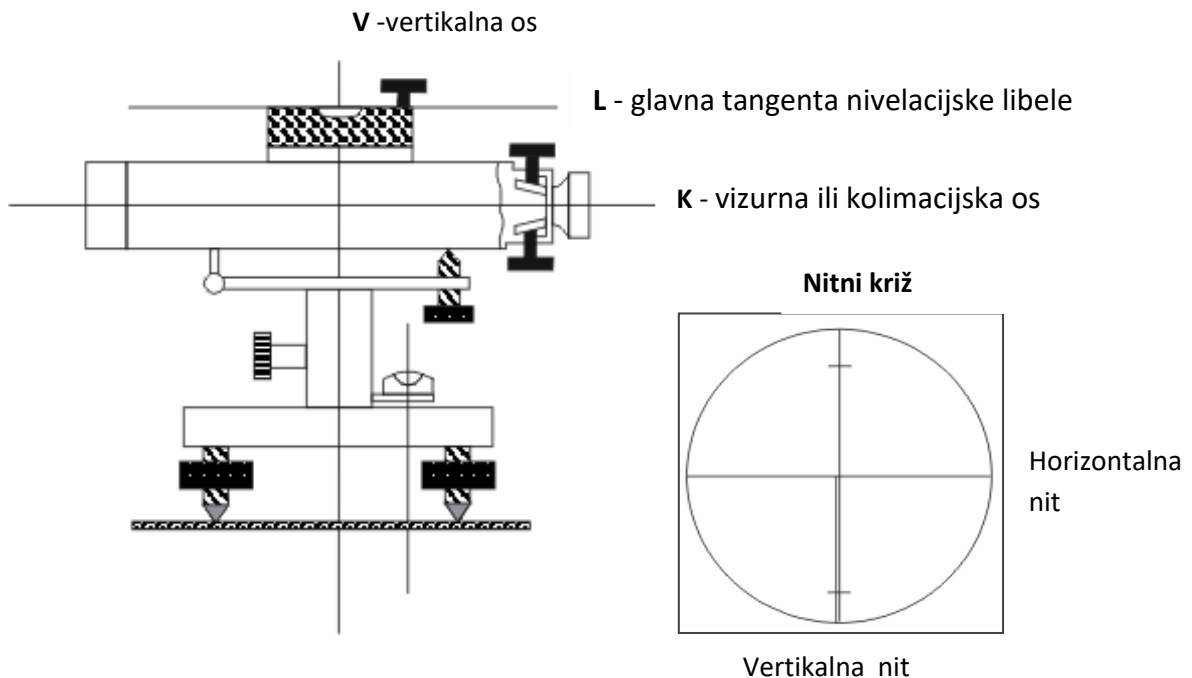
Gornji dio nivelira s kompenzatorom ("automatski niveliri") sastoje se od: **kućišta, dalekozora (durbina), vijaka za fini pomak durbina, dozne libele, uređaja za kompenzaciju**.

Uređaj za kompenzaciju je optičko mehanička sprava, koja automatski horizontira vizurnu os (liniju) i zamjenjuje cijevnu libelu.

Osnovni dijelovi automatskog nivelira



Osi nivelira:



Vizurna os je pravac koji prolazi sjecištem glavnih niti nitnog križa i glavnom točkom objektiva.

Vizura zamišljena linija koja spaja sjecište glavnih niti nitnog križa i točku na koju se vizira.

Viziranje je dovođenje nitnog križa (tj. njegove slike) na točku cilja (vizurnu točku, objekt...).

Dalekozor (durbin) služi za **povećanje vidnog kuta** i za **viziranje pri mjerenju**.

Osnovni dijelovi dalekozora su: **objektiv, okular, staklena pločica s nitnim križem**

Durbin je složeni optički sustav. Može biti s vanjskim i unutarnjim fokusiranjem. Kod geodetskih instrumenata koriste se durbini s unutarnjim fokusiranjem.

Objektiv je sustav sabirnih leća koji stvara realnu sliku udaljenih predmeta po zakonima optičkog preslikavanja.

Okular je povećalo kojim se promatra realna slika koju stvara objektiv.

Nitni križ su **crtice** (niti) urezane na staklenu pločicu koja je s dva ili četiri **korekcijska vijka** pričvršćena za **cijev okulara**. Služi za viziranje.

Viziranje je uspostavljanje pravca između dvije zadane točke terena ili dovođenje slike predmeta u sjecište niti nitnog križa.

Dioptriranje dovođenje nitnog križa u ravninu jasnog viđenja tj. **izoštavanje slike nitnog križa**.

Fokusiranje dovođenje slike predmeta u ravninu jasnog viđenja tj. **izoštavanje slike predmeta**.

Paralaksa nitnog križa nepoklapanje slike predmeta s ravninom nitnog križa.

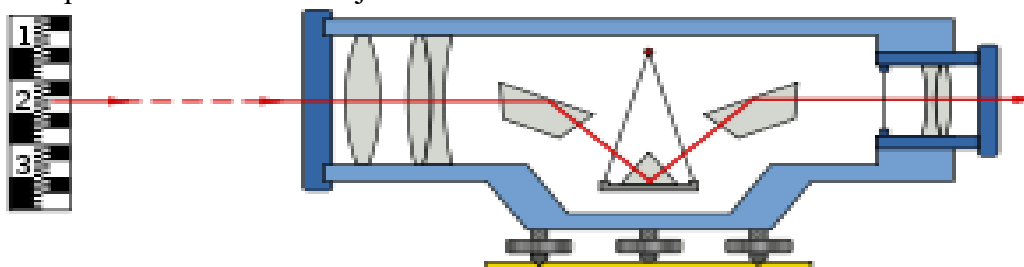
Dozna libela je staklena posuda čija je gornja ploha dio kugle. Sa vanjske strane stakla nalazi se jedan kružić (ili više koncentričnih). Središte kružića je **marka libele**. U najvišoj točki kugle je zamišljena tangencijalna ravnina. Oslonjena je na tri vijka. Maje ja točnosti i koristi se za **grubo horizontiranje instrumenata i postavljanje letvi i prizmi u vertikalni položaj**.

Horizontiranje dozne libele je dovođenje mjehura libele u položaj vrhunjenja, tj. u sredinu kružića.

Kompenzacijski uređaj omogućuje automatsko horizontiranje geodetske vizurne linije u radnom području kompenzatora (obično od 5' do 30').

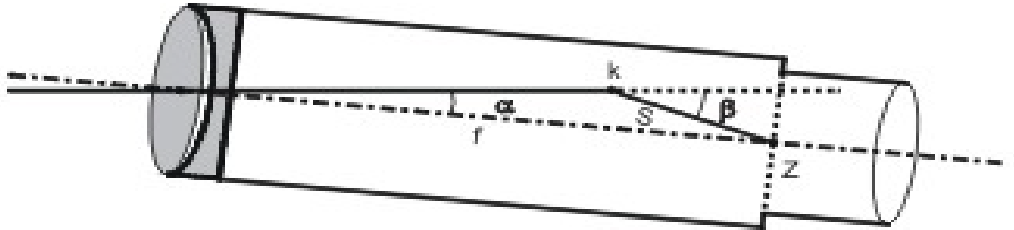
Zadatak kompenzatora je da pri nagnutom dalekozoru (tj. nagnutoj vertikalnoj osi) unutar područja kompenzacije **automatski postavlja vizurnu liniju (os) u horizontalni položaj u prostoru**.

Uređaj za kompenzaciju je složene optičko – mehaničke građe, a kompenzatorom se naziva samo pomični element uređaja.



Kompensator je kod većini nivelira **smješten** unutar kućišta dalekozora, **između objektivna i nitnog križa**. Kompensator radi na principu fizikalnog njihala.

Kao kompensator koriste se: prizme za refleksiju (pravokutna, sustav prizama), ravno zrcalo, kutno zrcalo, leća, te u nekim slučajevima i tekućina tj. libela.



Ispitivanje nivelira

Pri mjerenu nivelir mora zadovoljiti slijedeće uvjete:

1. **Glavna tangenta nivelacijske libele mora biti paralelna s vizurnom osi durbina** (radni uvjet nivelira)
2. **Glavna os nivelira tj. vertikalna os mora biti vertikalna u prostoru** i okomita na glavnu tangentu nivelacijske libele
3. **Horizontalna nit nitnog križa mora biti horizontalna u prostoru**, kad je glavna tangenta nivelira vertikalna u prostoru

Ispitivanje glavnog uvjeta nivelira tj. radnog uvjeta nivelira

Radni uvjet se ispituje niveliranjem iz sredine i s kraja.

Na terenu stabiliziramo dvije točke A i B na razmaku od 50-60 m (poželjno je na točkama postaviti nivelmansku papuču).

1. Niveliranje iz sredine:

Nivelir postavimo u sredinu između točaka A i B. Na točke u vertikalnom položaju postavimo nivelmanske letve. Očitamo odsječak na letvama (l_a i l_b). Izračunamo visinsku razliku:

$$\Delta h_{a-b} = l_a - l_b.$$

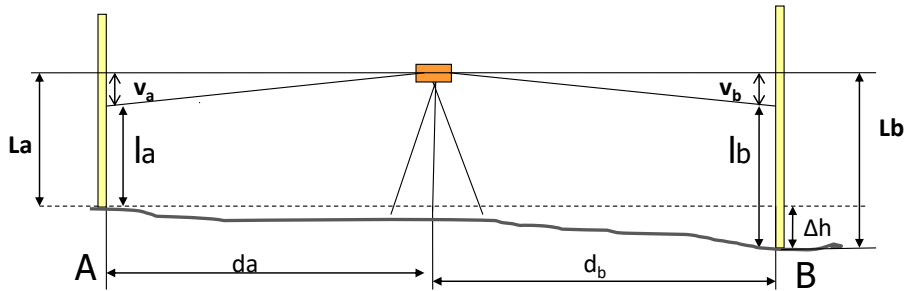
Niveliranje iz sredine

$$\Delta h = L_a - L_b$$

$$\Delta h = (l_a + v) - (l_b + v)$$

$$\Delta h = l_a - l_b$$

$$v_a = v_b = v \text{ jer je } d_a = d_b$$



Ako vizurna os nije horizontalna u prostoru postoji **pogreška neparalelnosti tangente nivelacijske libele s vizurnom osi durbina** v_a i v_b .

Visinska razlika je ispravna (točna) budući da je nivelir u sredini razmaka, pa su v_a i v_b jednake veličine.

Niveliranjem iz sredine dobijemo pravu vrijednost visinske razlike (Δh_{a-b}).

2. Niveliranje s kraja

Nivelir prenesemo što bliže jednoj letvi (npr. A) ili uz samu letvu.

Očitanje l_a na letvi A može se smatrati ispravnim jer je pogreška očitavanja zbog blizine letve zanemariva.

Dvostruku pogrešku neparalelnosti tangente nivelacijske libele s vizurnom osi durbina $2v$ ako postoji sadržavat će očitavanje l_b na letvi B.

Niveliranje s kraja

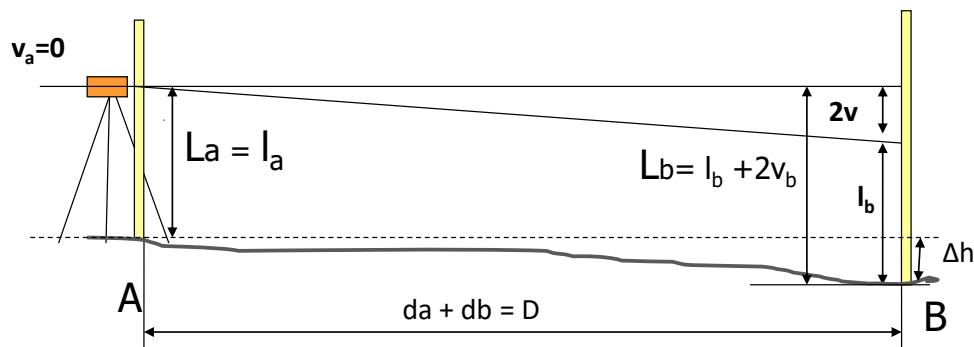
$$\Delta h = L_a - L_b$$

$$\Delta h = l_a - l_b - 2v$$

$$2v = (l_a - l_b) - \Delta h$$

$$d_a + d_b = D$$

$2v$ – dvostruka pogreška neparalelnosti vizure i glavne tangente nivelacijske libele



Niveliranjem s kraja dobijemo dvostruku pogrešku neparalelnosti vizurne osi s glavnom tangentom: $2v = (l_a - l_b) - \Delta h$

Dvostruku pogrešku ($2v$) neparalelnosti vizurne osi s glavnom tangentom izračunamo tako: od visinske razlike dobivena niveliranjem s kraja oduzmemo visinsku razliku dobivenu niveliranjem iz sredine

Rektifikacija (popravljanje)

Izračuna se **prava vrijednost** očitavanja na daljoj letvi : $L_b = l_b + 2v$

Korekcijskim vijcima nitnog križa dovedemo nitni križ na očitranje L_b .

Ispitivanja uvjeta vertikalne osi

Kod tehničkog nivelmana vertikalna os alhidade ne mora biti strogo vertikalna u prostoru, pa ju nije potrebno ispitivati.

Kod preciznog nivelmana vertikalna os alhidade mora biti vertikalna u prostoru.

Ispitivanje horizontalnosti horizontalne nit nitnog križa

Ispitivanje:

Pri horizontalnoj vizuri vizirati lijevim krajem horizontalne niti nitnog križa neku točku i pomicati alhidadu do kraja vidnog polja, pa ako horizontalna nit stalno pogađa točku uvjet je ispunjen.

Ispitivanje automatskih nivelira

Provjera funkcije kompenzatora, tj. ispitivanje da li se kompenzator (njihalo) njiše ili je možda zakočen. Nivelir postavimo na stativ s jednim podnožnim vijkom u smjeru letve i **horizontiramo doznu (kružnu) libelu. Nakon izoštravanja slike letve, zakrećemo podnožni vijak, tj. pomaknemo libelu do ruba marke.** Ako je kompenzator (njihalo) u funkciji, slika letve u odnosu na nitni križ će se pomaknuti i vratiti u prvobitni položaj. Ponovimo radnju zakretanjem vijka u drugi smjer i provjerimo njihalo.

Kompenzator lomi horizontalnu vizuru i preslikava je u presjek niti nitnog križa. Koristi silu teže (gravitaciju) za horizontiranje vizure. Bez obzira na mali nagib durbina zraka svjetlosti koje prolazi kroz kompenzator i presjek niti nitnog križa izlazi uvijek horizontalno.

Ako horizontalna vizura nakon prolaska kroz kompenzator ne pogađa presjek niti nitnog križa postoji **pogreška kompenzatora**. Ovisi o udaljenosti letve od nivelira.

Pogreška kompenzatora je sistematska pogreška eliminira se niveliranjem iz sredine u laboratoriju.

Ispitivanje: na zidovima laboratorija ugrađene su nivelmanske letva na udaljenosti oko 80 m visinska razlika između letvi je nula ($\Delta h = 0$). Nivelir postavima u položaj niveliranja s kraja i očitamo očitavanja obiju letvi. Očitavanja na letvama bi trebala biti jednaka, a dozvoljena razlika očitavanja je $\pm 3\text{mm}$. Ako očitavanja nisu ista, korekcijskim vijcima nitni križ pomaknemo na potrebno očitavanje.

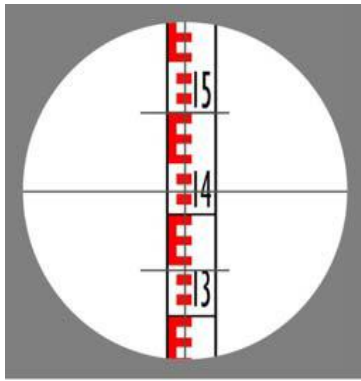
Određivanje visinske razlike

Visinske razlike nivelirrom određuju se iz direktnih mjerenja, horizontalnom vizurom. Nivelir se postavi na stativ u sredinu između točaka čija se visinska razlika određuje. Grubo se horizontira doznom libelom, a fino horizontiranje obavi kompenzator.

Mjerni dalekozor se pripremi za mjerenje.

- 1. dioptriranje – tijekom mjerenje samo jedanput**
- 2. grubo viziranje- nišanom na durbinu**
- 3. fokusiranje – svaki put kad se vizira novi cilj**
- 4. fino viziranje – vijkom za fini pomak durbina**

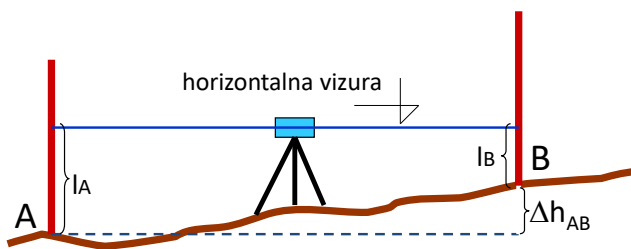
Na točke se postave nivelmanske letve u vertikalni položaj pomoću dozne libele. **Očitaju se odsječci na letvi tj. mjesta gdje horizontalna nit nitnog križa pogađa letvu.**



$l=1,412$

vidno polje durbina nivelira

Mjerenje visinske razlike



$$\Delta h_{AB} = l_A - l_B$$

$$H_B = H_A + \Delta h_{AB} \rightarrow \text{visina početne točke} + \Delta h$$

$$H_A = 100.000\text{m}$$

$$l_A = 2.743$$

$$l_B = 1.382$$

$$\Delta h_{AB} = 1.361$$

$$H_B = 101.361\text{m}$$

Nivelmanske letve

- **Po materijalu**
 - drvene
 - metalne - aluminijske, invarske...
- **Po dužini**
 - 4 metarske (najčešće)
 - 5 metarske
 - 1, 2, 3 metarske – specijalne invarske
- **Po konstrukciji**
 - jednodijelne
 - preklopne
 - teleskopske (na izvlačenje)

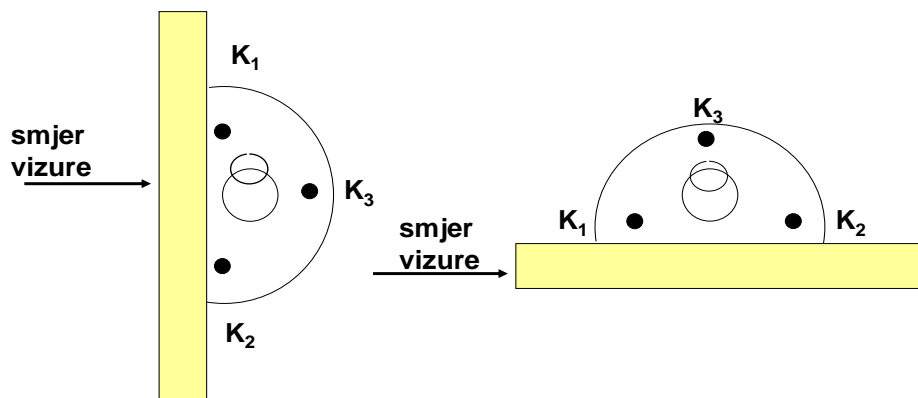
- **Po podjeli**
 - centimetarske
 - polucimetarske
 - barkod podjelom

Podjelu letve potrebno je kontrolirati pomoću metalnog ravnala (lineala) za kartiranje.

Na letvu je ugrađena dozna libela, kojom se postiže vertikalnost letve, pa je potrebno ispitati ispravnost dozne libele.

Kod generalnog nivelmana letva se postavlja na metalne "papuče" pri niveliranju u mekom terenu.

Ispitivanje i rektifikacija dozne libele letve



Postavi se letva 40 m od nivelira okrenuta s podjelom u smjeru vizure. Horizontira se nivelir i vizira se rub letve vertikalnom niti nitnog križa.

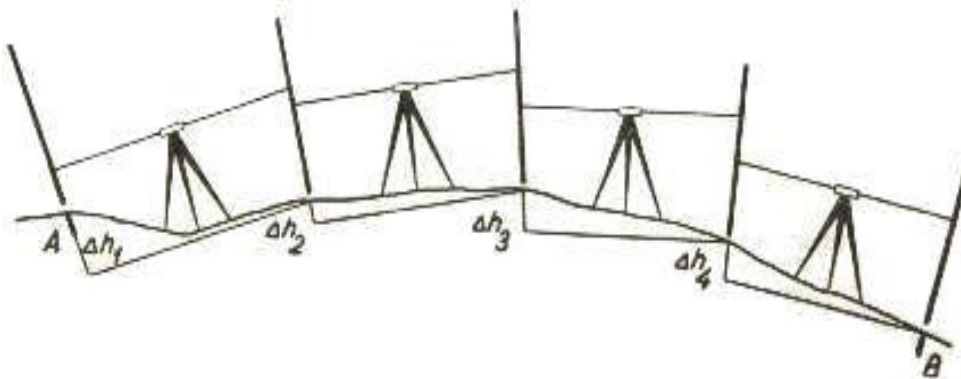
Ukoliko postoji odstupanje ruba letve i vertikalne niti, letva se nagnje dok se rub letve i vertikalna nit nitnog križa ne poklope. Dozna libela letve ne vrhuni, pa se pomoću dva korekcijska vijka vrhuni libela. Nakon toga letva se okrene bočnom stranom u smjeru vizure. Vizira se vertikalnom niti nitnog križa bočni rub letve i eventualni otklon uklonimo nagnjanjem letve. Dozna libela letve ne vrhuni, pa trećim korekcijskim vijkom vrhuni se libela.

Geometrijski nivelman

Dijeli se :

1. **Generalni nivelman** kojim se određuju se visine repera.
 - **Precizni nivelman visoke točnosti** (nivelman I.reda)
 - **Precizni nivelman** (nivelman II.reda)
 - **Tehnički nivelman povećane točnosti** (nivelman III.reda)
 - **Tehnički nivelman** (nivelman IV.reda)
2. **Detaljni nivelman** kojim se određuju visine točaka terena.
 - **Plošni nivelman**
 - **Nivelman profila**

Tehnički nivelman



$$H_b = H_a + \sum \Delta h_{ab}$$

Tehnički nivelman je metoda određivanja apsolutnih visina repera.

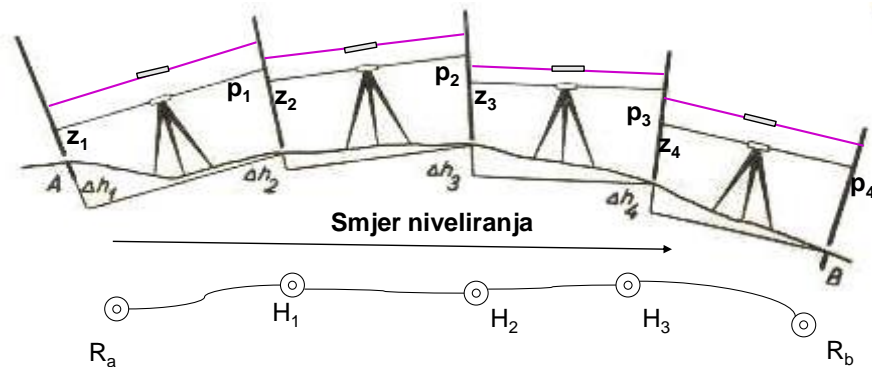
Reperi su povezani u nivelmanski vlak (obostrano priključeni nivelmanski vlak ili zatvoreni nivelmanski vlak).

Visina repera se određuju pomoću visinskih razlika : **$H_b = H_a + \sum \Delta h_{ab}$**

Visinske razlike (Δh) se određuju niveliranjem iz sredine, razlikom očitavanja na letvi:

$\Delta h = l_z - l_p$ (l_z – očitavanje na zadnjoj letvi ; l_p – očitavanje na prednjoj letvi)

Visinska razlika se određuje dva puta promjenom visine nivelira.



$$\Delta h = I_z - I_p$$

$$H_b = H_a + \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$$

Mjereni podaci upisuju se u Nivelmanski obrazac br.1

Nivelmanski obrazac br.1

Br. vlaka	Vezna točka	I.mjer. z' p' Δh'	I.mjer. z' p' Δh'	Prom. visine Instr.	Aritme. Sredina Δh	Dužina Vizure m	Primjeba
12	R42	1234	1328	94		42	
	a	1108	1200	92		43	
		0126	0128		0,127		
	a	1693	1742	49		81	
	b	1014	1062	48		80	
		0679	0680		0,680		
	b	1032	1149	126		100	

a , b, c, ... vezne točke

Maksimalne duljine vizure (ovisi o atmosferskim uvjetima) i iznosi:

- Vlak I.reda 40-60 m
- Vlak II.reda 60-80 m
- Vlak III.reda 80-100 m
- Vlak IV.reda100-120 m

Ako je udaljenost između repera dulja od **maksimalne duljine vizure**, tada se između repera umeću vezne točke (označavaju se malim slovima abecede – a, b, c,).

Apsolutne visine repera se računaju u Nivelmanskom obrascu "K"

Poznato (zadano):

- apsolutna visina početnog repera → H_a
- i apsolutna visina završnog repera → H_b

Treba izračunati:

- apsolutne visine **novih** repera (i veznih točaka u vlaku): $H_1, H_2, H_3, H_4 \dots$

$[\Delta h]$ → **zbroj visinskih razlika dobivenih mjerenjem** ⇒ vrijednost **ima**

Vrijednost ima dobije se kada se zbroje sve mjerene visinske razlike u nivelmanskom vlaku (zbroj aritmetičke sredine Δh i niv.obrasca br.1).

$\Delta h = H_b - H_a$ → **visinska razlika između apsolutnih visina repera** ⇒ **treba**

Vrijednost treba dobije se ako se od visine završnog repera oduzme visina početnog repera.

$f_h = (H_b - H_a) - [\Delta h]$ → **odstupanje (pogreška)** ⇒ $f_h = \text{treba} - \text{ima}$

Odstupanja (pogrešku) mjerenja visinskih razlika f_h dobijemo kad od vrijednosti treba oduzmemo vrijednost ima.

Pogrešku mjerenja visinskih razlika f_h uspoređujemo s dopuštenim odstupanjem Δ .

Ako je $f_h > \Delta$ potrebno je ponoviti mjerenje.

Ako je $f_h < \Delta$ možemo izjednačavati visinske razlike tj . računati popravke visinskih razlika v i apsolutne visine repera H .

Popravke visinskih razlika v računamo tako da odstupanje (pogrešku) f_h raspodijelimo

proporcionalno duljinama : $v = \frac{f_h}{[D]} D$ uz uvjet : $f_h = [v]$

$$H_1 = H_a + \Delta h_1 + v_1$$

$$H_2 = H_1 + \Delta h_2 + v_2$$

$$H_3 = H_2 + \Delta h_3 + v_3$$

$$H_b = H_3 + \Delta h_4 + v_4$$

Dopušteno odstupanje Δ ovisi o ukupnoj duljini vlaka i terenskim uvjetima.

Za vlak između dva repera (**obostrano priključeni**) dopušteno odstupanje je:

- Vlak III. reda $\Delta = \pm 20 \sqrt{D + 0.04D^2}$
- **Vlak IV. reda** $\Delta = \pm 32 \sqrt{D + 0.06D^2}$

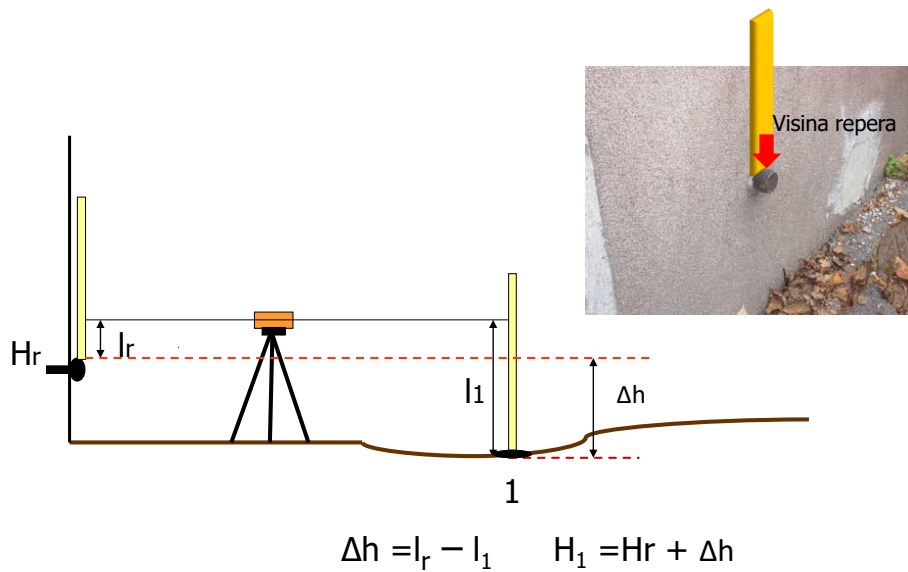
Za zatvoreni nivelmanski vlak dopušteno odstupanje je:

- Vlak III. reda $\Delta = \pm 10\sqrt{D + 0.04D^2}$
- **Vlak IV. reda** $\Delta = \pm 24\sqrt{D + 0.06D^2}$

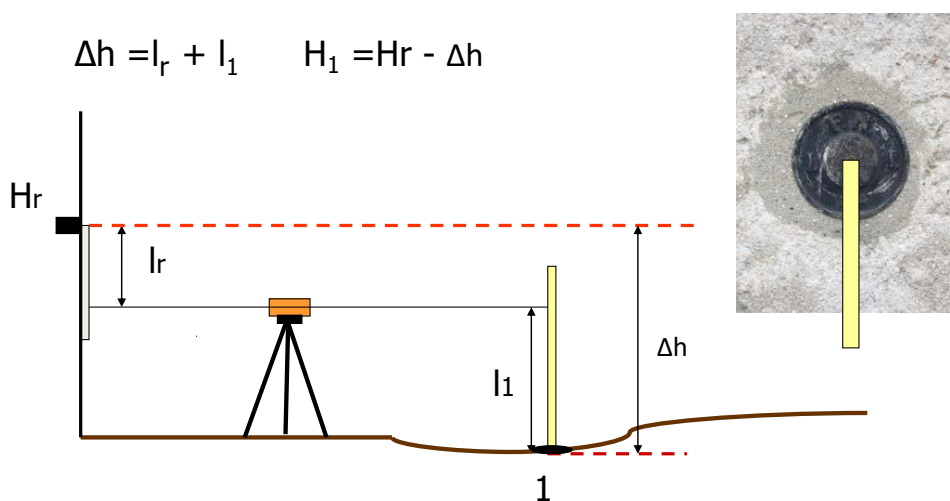
U formulama duljina vlaka D izražava se u km, a dopušteno odstupanje Δ dobije se u mm.

Priključak nivelmanskog vlaka na reper

Priključak na niski reper



Priključak na visoki reper



Detaljni nivelman

Metoda za detaljni visinski premjer terena. Niveliranjem se odrede apsolutne visine potrebnog broja točaka terena za visinsku predodžbu tog terena.

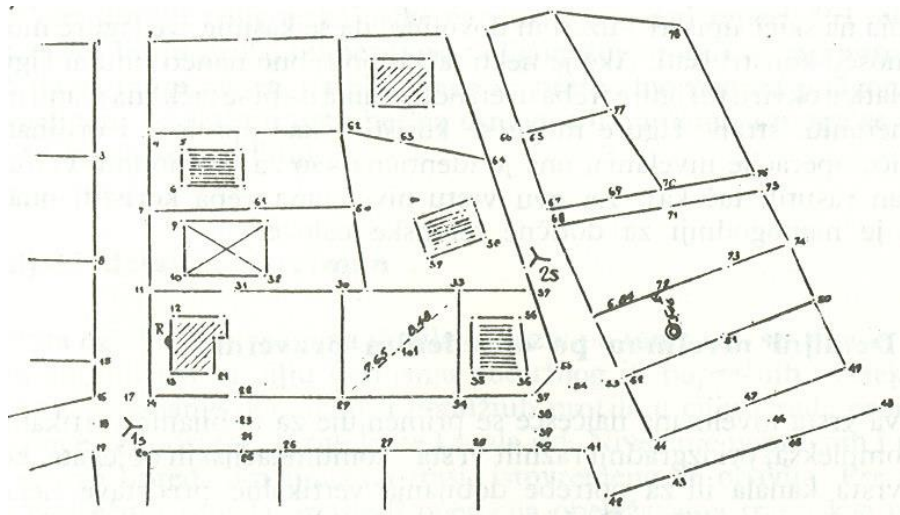
Primjenjuje se kod ravničarskog terena.

Dijeli se na plošni nivelman i nivelman profila.

Plošni nivelman dijeli se na:

- Plošni nivelman → uz ortogonalnu metodu izmjere
- Plošni nivelman → pomoću mreže kvadrata
- Plošni nivelman → metodom razbacanih točaka (nivelotahimetrija)

Plošni nivelman uz ortogonalnu metodu izmjere



Potpuna slika terena:

- situacija → po položaju
- konfiguracija → po visini

Ortogonalnom metodom izmjere dobijemo položaj snimljenih točaka detalja.

Konfiguraciju dobijemo plošnim nivelmanom.

Plošnim nivelmanom odrede se visine točaka detalja.

Tehničkim nivelmanom preko veznih točaka približimo se detalju.

Visine detaljnih točaka određujemo metodom detaljnog nivelmana.

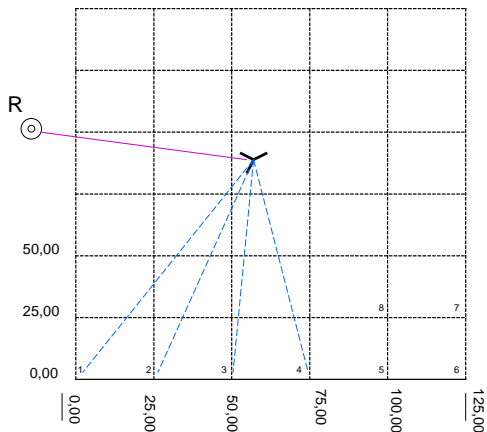
Podaci mjerenja upisuju se u obrazac za detaljni nivelman. Na skici snimanja plavim tušem označavamo točke detalja od 1 do 999.

Plošni nivelman pomoću mreže kvadrata

Za visinsku izmjeru:

- blago nagnutog terena
- u građevinarstvu kad treba izravnavati teren za gradnju objekta

Plošni nivelman pomoću mreže kvadrata

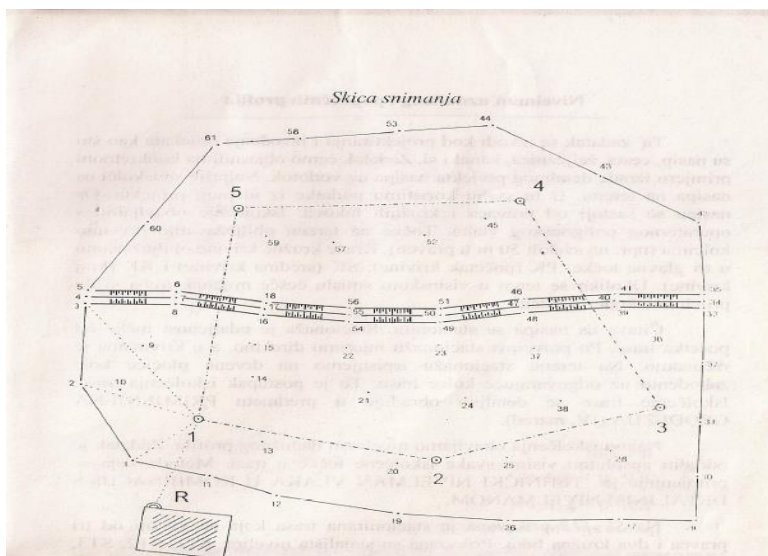


Plošni nivelman metodom razbacanih točaka (nivelotahimetrija)

Detaljne točke u ravni plana određuju se polarnim koordinatama: horizontalnim kutom i duljinom.

Visine detaljnih točaka određuju se detaljnim nivelmanom.

Koristi se nivelir s horizontalnim limbom i optičkim daljinomjerom. Izmjera terena obavlja se s poligonskih točaka. Može se postaviti zatvoreni poligonski vlak i izmjeriti ga nivelirrom. Metoda izmjere slična je tahimetriji pa se naziva nivelotahimetrija jer se nivelir centrira na poligonskoj točki i mjeri se: horizontalni kut, duljina i visinska razlika.



Nivelman profila

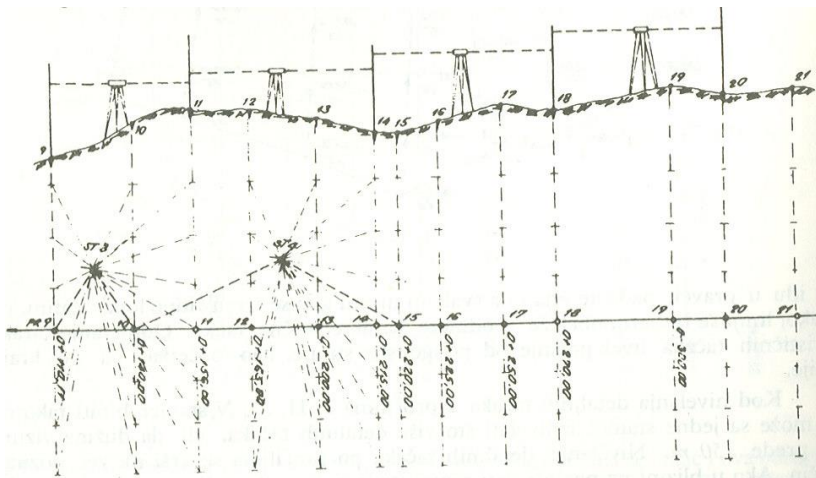
Dijeli se na: nivelman uzdužnog profila i nivelman poprečnih profila

Kod visinske izmjere za projektiranje i izgradnju uskih i dugačkih objekata: cesta, željeznica, kanala, nasipa

Na terenu se iskolči os objekta. Odredi se stacionaža iskolčenim točkama. Stacionaža je udaljenost točke od početka trase. Stacionaža se također iskolči na terenu tj. postave se drvene pločice s napisanim stacionažom okomito na os trase (u poprečnom profilu) izvan dosega radova.

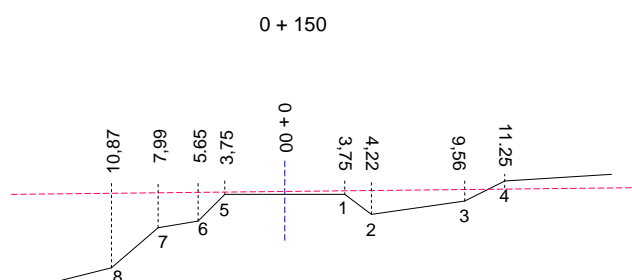
Visine točaka određuju se primjenom : tehničkog i detaljnog nivelmana.

Nivelman uzdužnog i poprečnog profila



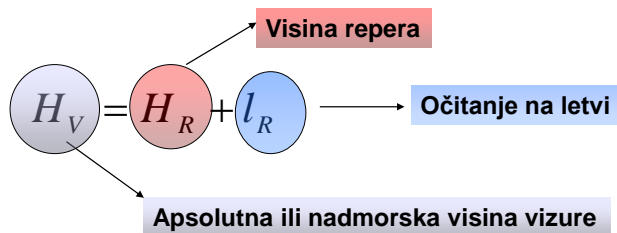
Poprečni profili se postavljaju na svakoj stacioniranoj točki uzdužnog profila. U pravcu se postavljaju okomito na smjer trase, a u krivini u smjeru polumjera kružnog luka.

Detaljne točke snimaju se na lomovima terena. Položaj detaljnih točaka poprečnog profila određuje se apscisnim mjerenjem vrpcom od osi objekta.



skica poprečnog profila

Računanje visina točaka terena (detalja)



$$H_1 = H_V - l_1$$

$$H_2 = H_V - l_2$$

Visine točaka terena (detaljnih točaka)

$$H_n = H_V - l_n$$

Detaljni nivelman od _____ do _____

Datum, nivelir, br. det. skice, itd.	Stajalište	Vizura	Daljina u metrima	Odsječak na letvi				Visinska razlika				Nad-morska visina vizure				Nadmorska visina							
				1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	8				
1	1.	R ₁	101	1	2	4	8					1	1	3	6	7	1	1	1	2	4	2	3
	a		102	1	5	3	2											1	1	2	1	3	9
	1			1	4	0												1	1	2	2	7	
	2			1	3	7												1	1	2	3	0	
	3																						
	4																						
	5																						
	6																						
	2	a	99	1	4	3	2					1	1	3	5	7	1	1	1	2	1	3	9
	b		100	1	3	2	9											1	1	2	2	4	2
	7																						