5.

KAPETANOVIĆ N.

ORIJENTACIJA SAMOSTALNOG PREMJERA

Sarajevo — 1966.

KAPETANOVIĆ N.

ORIJENTACIJA SAMOSTALNOG PREMJERA

Sarajevo — 1966.

ŠUMARSKI FAKULTET I INSTITUT ZA ŠUMARSTVO
u Sarajevu

Posebna izdanja

br. 5

Uređuje:

Komisija za redakciju naučnih i ostalih publikacija Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu:
Prof. dr **Pavle Fukarek,** predsjednik i odgovorni urednik
Prof. **Vasilije Matić**
Prof. **Salko Đikić**
Karlo Fice, savjetnik
Doc. dr **Ostoja Stojanović,** sekretar i tehnički urednik

Pripremljeno za štampanje juna 1965. godine

Tiraž: 300 komada

Uredništvo i administracija: Šumarski fakultet, Sarajevo, Zagrebačka 20
Tel. 39-422
Štampa: Institut za proučavanje istorije radničkog pokreta Sarajevo

1. U V O D

Kod geodetskog premjera manjih površina terena /do 15o ha/, kada u blizini nemamo nikako ili nemamo dovoljan broj trigonometrijskih tačaka, premjer se obično vrši na samostalnu poligonu mrežu. Oko terena koji treba snimati najprije razvijemo zatvoreni poligoni vlak 1,2,....lo,11 kojeg smatramo vlakom prvog reda. Za taj vlak vežemo onda ostale vlakove nižih redova / sl. 1/. Postavlja se, sada,pitanje kako orijentirati takav primjer, tj. koje koordinate dati početnoj tački 1 poligonog vlaka,a koji smjernjak početnoj poligonoj strani 1-2. Naravno moguće je tački 1 dati sasvim proizvoljne koordinate, a smjernjaku strane 1-2 bilo koju vrijednost, pa i vrijednost nula. U tom slučaju je cjelokupan primjer izvršen u koordinatnom sistemu x', y',koji je u odnosu na državni koordinatni sistem translatorno pomaknut za veličinu $\underline{t}$ i zarotiran za kut ε /sl. 2/. Zbog različitih razloga b o l j e je da taj sistem ne bude potpuno proizvoljan,nego da translatorni pomak i kut zaokreta budu što manji. Ako makar i busolom izmjerimo magnetni azimut početne strane poligonog vlaka,a koordinate početne tačke 1 očitamo sa topografske karte, već smo taj lokalni sistem približili državnom.Medjutim, s obzirom na tačnost s kojom na karti možemo identificirati tačku 1 i očitati njene koordinate,te s obzirom na tačnost busole, ostaće još uvijek dosta veliko translatorno i kutno odstupanje u odnosu na državni koordinatni sistem, čak i ako eliminiramo magnetnu deklinaciju i meridijansku konvergenciju /o deklinaciji i konvergenciji biće riječi u poglavlju "Odredjivanje pravca x-osi"/. Ali, ako u bližoj ili daljoj okolici imamo tri, dvije ili makar i samo jednu poznatu trigonometrijsku tačku bilo kojeg reda, naš premjer možemo obaviti u koordinatnom sistemu koji je samo neznatno zarotiran i neznatno translatorno pomaknut u odnosu na državni.Pronalaženje takvog sistema koji se gotovo potpuno poklapa s državnim možemo postići na razne načine, zavisno od broja poznatih tačaka. U nekim slučajevima dostajaće samo mjerenje kuteva,u nekim će trebati izmjeriti i jednu dužinu, a u nekim će trebati odrediti i pravac astronomskog meridijana. Ovdje ćemo obraditi razne slučajeve koji mogu nastati u praksi. Pored odredjivanja koordinata y i x,obradiće se i odredjivanje nadmorske visine /kote/ početne tačke 1 poligonog vlaka.

2. ODREDJIVANJE KOORDINATA TAČKE 1 I SMJERNJAKA STRANE 1-2

Slučaj 1 - presijecanjem naprijed

Neka su date dvije pristupačne tačke[1] poznate tačke A i B, sa kojih se vidi početna tačka 1 poligonog vlaka, i neka se zamišljeni pravci A1 i B1 sijeku pod kutom δ koji je veći od 30°, a manji od 150° /sl. 3. Sa A se označava ona poznata tačka koja, idući od tačke 1 u smjeru kretanja stane kazaljke dolazi prva/. U trokutu AB1 izmjerićemo kuteve δ_a i δ_b. Dobro je radi kontrole izmjeriti i kut δ, utoliko prije što na tački 1 svakako moramo izmjeriti vezni kut β_1. Iz koordinata datih tačaka sračunaćemo smjernjak ν_a^b u trig. obr.br. 8. Kutove smjera prema tački 1 sračunaćemo prema slici:

$$\varphi_a = \nu_a^b + \delta_a \quad ; \quad \varphi_b = \nu_b^a - \delta_b$$

Na temelju koordinata tačaka A i B, te smjernjaka ν_a^b, φ_a i φ_b sračunaćemo u trig.obr. 10, odjeljak 1a približne koordinate tačke 1 /Više o presijecanju naprijed vidi u knjizi prof. Muftića "Geodezija za šumare", Sarajevo, 1962., str. 196-203, gdje su dati numerički primjeri za računanje logaritmima i računskom mašinom. Oznake u ovom članku uskladjene su s oznakama u toj knjizi/. Prema slici 3, smjernjak početne strane poligonog vlaka biće

$$\nu_1^2 = \varphi_a + \beta_1 \pm 180°$$

za kontrolu mora biti takodjer

$$\nu_1^2 = \varphi_b + \beta_1' \pm 180°$$

Razumljivo je da će se, zbog pogrešaka u mjerenju, vrijednosti za ν_1^2 dobijene po jednoj i drugoj formuli razlikovati za male iznose, pa ćemo kao definitivnu vrijednost usvojiti aritmetsku sredinu. Ovo važi i za ostale slučajeve gdje se ν_1^2 odredjuje na dva načina.

Na taj način naš premjer vršimo u koordinatnom sistemu koji se praktično poklapa sa državnim. Odstupanje od državnog si-

---

1/ Pod pristupačnim tačkama podrazumijevaćemo one koje nisu suviše udaljene i na koje se direktno može postaviti instrumenat. Tačke čije su koordinate poznate, ali se na njih ne može postaviti instrumenat /signali na drvetu, križevi na crkvama i sl./ smatraćemo nepristupačnim.

stema je neznatno i nastaje jedino otud što smo smjernjake ν_a i ν_b dobili pomoću opažanja na samo jednu poznatu tačku, a ne kao aritmetsku sredinu iz opažanja na najmanje tri poznate tačke kako to propisuje Pravilnik za državni premjer, i što smo za koordinate tačke 1 usvojili približne a ne izravnate vrijednosti. Ukoliko je kut δ bliži 9o°, utoliko će se više približne koordinate približavati izravnatim. Kod ovog načina treba pripaziti na sračunavanje smjernjaka ν_a i ν_b kako ne bi došlo do grube pogreške u koordinatama tačke 1. Ako sa tačke 1 vidimo još jednu poznatu tačku N, dobro je, radi kontrole, uzeti vizuru i na tu tačku, tj. izmjeriti kut γ. Iz slike 3 se vidi da je

$$\nu_1^n = \nu_a + \gamma \pm 180^\circ$$

Smjernjak ν_1^n dobijen na ovaj način ne smije se znatnije razlikovati od istog smjernjaka sračunatog iz koordinata tačaka 1 i N. Ukoliko se pojavi znatnije odstupanje /preko lo' ili 2o'/, znači da koordinate tačke 1 nisu dobro sračunate.

Slučaj 2 - presijecanjem sa strane

Ako je u prethodnom slučaju tačka A nepristupačna ili suviše udaljena, izmjerićemo samo kuteve δ_b i δ, a kut δ_a sračunati kao treći kut trokuta ABl. Slično je i u slučaju ako je nepristupačna tačka B; izmjerićemo kuteve δ_a i δ, a kut δ_b sračunati. Sav ostali postupak ostaje isti kao i u prethodnom slučaju.

Slučaj 3 - presijecanjem nazad

U slučaju da se s početne tačke 1 zatvorenog poligonog vlaka vide tri poznate tačke, pa makar i sve tri nepristupačne, približne koordinate te tačke možemo odrediti presijecanjem nazad. Prvu od poznatih tačaka, idući od tačke 1 u smjeru kretanja satne kazaljke označićemo sa A, drugu sa M, a treću sa B /sl. 4/, i izmjeriti kuteve α i β. Koordinate tačke 1 sračunaćemo u trig.obr. br. lo, odjeljak lb /vidi u već pomenutoj knjizi prof. Muftića str. 2o3-2o8, gdje je dat i numerički primjer/. Zadatak će biti nerješiv ako se tačka 1 nalazi na krugu AMB /sl.5/. Koordinate tačke 1 biće utoliko tačnije ukoliko je tačka 1 više udaljena od kruga AMB. Ako se sa tačke 1 /sl. 4/ vidi još jedna poznata tačka N izmjerićemo radi kontrole i kut γ. Iz slike 4 se vidi da je

$$\nu_1^n = \nu_a + \gamma \pm 180^\circ$$

Smjernjak ν_1^n dobijen na ovaj način mora se slagati s istim smjernjakom sračunatim pomoću koordinata tačaka 1 i N. Veće neslaganje ukazuje na pogrešku u koordinatama tačke 1. Smjernjak ν_1^2 početne strane poligonog vlaka dobićemo pomoću smjernjaka sračunatih u trig. obr. br. lo, odjeljak lb i mjernih kuteva β_1 i β_1' :

$$\nu_1^2 = \nu_a + \beta_1 \pm 180^\circ = \nu_b + \beta_1' \pm 180^\circ \qquad /sl.\ 4/$$

Slučaj 4 - mjerenjem baze

Ako su poznate dvije tačke A i B, ali je presjek pravca Al sa pravcem Bl nepovoljan /kut δ na sl. 3 manji od 3o°/, a tačka A pristupačna, postupićemo ovako /sl. 6/ : odabraćemo pomoćnu tačku P i u trokutu APl izmjeriti kuteve δ_a i δ . Bolje je radi kontrole izmjeriti sva tri kuta δ_a , δ_b i δ . Takodjer ćemo izmjeriti kut γ na tački A i jednu od stranica pomenutog trokuta a, b ili c. Po sinusnoj teoremi sračunaćemo ostale dvije stranice. Sada možemo sračunati koordinate tačaka P i l u poligonom vlaku A-P-l-A /Početni i ujedno završni smjernjak toga vlaka je ν_b^a koga sračunamo iz koordinata poznatih tačaka / . Smjernjak početne strane poligonog vlaka sračunaćemo pomoću izraza

$$\nu_1^2 = \nu_a^1 + \beta_1 \pm 180^\circ$$

i za kontrolu pomoću izraza

$$\nu_1^2 = \nu_p^1 + \beta_1' \pm 180^\circ$$

Kod ovoga načina treba obratiti pažnju na mjerenje strane /baze/. Mjerenje treba izvesti u oba smjera i to pantljikom. Ako se ne može mjeriti horizontalno, mjerićemo je koso i uzeti elemente za reduciranje na horizont. Treba obratiti pažnju na to da trokut A P l bude što povoljniji, tj. da su veličine strana a, b i c podjednake /da jedna strana u odnosu na ostale dvije ne bude izrazito kratka ili dugačka/, odnosno da nema kuteva ispod 3o°. Strane toga trokuta, osim toga, ne treba niukom slučaju da su kraće od 5o metara, kako greška u centriranju instrumenta i viziranju ne bi imala znatnijeg utjecaja na mjerenje kuteva.

Slučaj 5 – odredjivanjem pravca x-osi i presijecanjem naprijed

Ako su date dvije poznate tačke kao i u slučaju 1,s tom razlikom što su obje nepristupačne /sl. 7/ , onda ćemo na tački 1 izmjeriti smjernjake ν_1^a i ν_1^b . Iz slike se vidi da je onda:

$$\varphi_a = \nu_1^a \pm 180° \quad ; \quad \varphi_b = \nu_1^b \pm 180°$$

pa se zadatak rješava na isti način kao u slučaju 1. Znači problem se svodi na odredjivanje pravca x-osi državnog koordinatnog sistema na tački 1,odnosno na odredjivanje smjernjaka ν_1^a i ν_1^b . Pravac pomenute osi može se odrediti na više načina o čemu će biti riječi u poglavlju "Odredjivanje pravca x-osi".

Slučaj 6 - Odredjivanjem pravca x-osi i mjerenjem baze

U slučaju da s početne tačke 1 zatvorenog poligonog vlaka vidimo samo jednu poznatu tačku A /sl. 8/, orijentaciju možemo izvesti na ovaj način. Odabraćemo pomoćnu tačku P i u trokutu AP1 izmjeriti jednu stranu, a, b ili c. Zatim ćemo odrediti pravac x-osi i izmjeriti smjernjak ν_1^a kao i kuteve δ_a , δ_p i δ /Ako je tačka A nepristupačna,kut δ_a nećemo mjeriti nego ga sračunati kao treći kut trokuta/.Ostale dvije strane trokuta sračunaćemo po sinusnoj teoremi.Sada možemo sračunati poligoni vlak A-P-1-A.Početni i završni smjernjak toga vlaka je ν_1^a .Smjernjak početne strane poligonog vlaka dobićemo prema sl. 8 na dva načina:

$$\nu_1^2 = \nu_1^a + \beta_1 = \nu_1^p - \beta_1'$$

Što je rečeno o mjerenju i veličini baze u slučaju 4,vrijedi i za ovaj slučaj.

Slučaj 7 - Odredjivanjem pravca x-osi i očitavanjem koordinata sa karte

Desi li se da se sa tačke 1 ne vidi ni jedna jedina poznata tačka,onda ćemo koordinate tačke 1 očitati s topografske karte /1:25ooo, 1:5oooo ili 1:1ooooo/ i odrediti pravac x-osi,tj. izmjeriti smjernjak ν_1^2 početne strane poligonog vlaka /o mjerenju smjernjaka na karti biće detaljnije rečeno u poglavlju "Odredjivanje pravca x-osi pomoću busolnog instrumenta"/.Koordinate tačke 1 očitaćemo s karte utoliko tačnije ukoliko je krupnije mjerilo karte i ukoliko je tačka 1 markantnija,tj. ukoliko je na karti možemo tačnije identificirati. Ponekad, naročito u šumi i ravnici, ako u blizini nema nikakvih objekata ili karakterističnih tačaka, koordinate ove tačke moći će se očitati samo vrlo grubo.Ako su sa tačke 1 vidljive neke karakteristične tačke koje imamo na karti ali nemamo njihovih koordinata,odredićemo na karti položaj tačke 1 grafički/grafičko presijecanje naprijed,nazad ili polarno/,pa onda očitati koordinate.

3. ODREDJIVANJE PRAVCA x-osi

Prije nego što objasnimo način odredjivanja pravca x-osi na nekoj tački, moramo obnoviti najvažnije astronomske pojmove.

Osnovni astronomski pojmovi

Da bi se lakše objasnila i shvatila prividna kretanja nebeskih tijela uvodi se u astronomiji pojam pomoćne n e b e s k e s f e r e. Ovu sferu zamišljamo kao loptu proizvoljnog radiusa, ali većeg od udaljenosti do najudaljenije vidljive zvijezde s centrom u središtu Zemlje. U poredjenju s radiusom ove sfere radius Zemlje je beskonačno malen, tako da nebesku sferu možemo zamisliti i kao loptu navedenog radiusa s centrom u ma kojoj tački Zemlje, tj. u stajnoj tački O posmatrača /sl. 9/.

Usljed dnevne rotacije Zemlje,posmatrač ima utisak da se nebeska sfera okreće /rotira/. Ovo prividno kretanje vrši se oko svjetske osi.Svjetsku os možemo zamisliti kao u beskonačnost produženu zemaljsku os /zemaljska os je os koja prolazi kroz centar i polove Zemlje/.Svjetska os probada nebesku sferu u tačkama P i P' koje se nazivaju svjetski polovi /na sl.9 P je sjeverni, a P' južni pol/.Vertikala kroz centar sfere probada ovu u tačkama Z i Z' koje se zovu zenit i nadir.Vertikala je u svakoj tački Zemlje definirana smjerom težišnice, tj. pravcem kanapa na kojem slobodno visi visak.Ako iz stajne tačke posmatrača,tj. centra nebeske sfere, zamislimo pravce prema raznim nebeskim tijelima /zvijezdama/, onda ti pravci probadaju sferu u odredjenim tačkama koje predstavljaju centralne projekcije tih tijela.

Ravnina koja sadrži svjetsku os i vertikalu siječe nebesku sferu po velikom krugu PZP' Z' koji se naziva nebeski meridijan. S obzirom da se zemaljska os poklapa sa svjetskom,ravnina nebeskog meridijana poklapa se sa ravninom zemaljskog meridijana kroz stajnu tačku posmatrača. Ravnina koja prolazi kroz centar nebeske sfere a okomita je na vertikalu, naziva se nebeski horizont. Ravnina nebeskog horizonta poklapa se s ravninom zemaljskog horizonta. Horizont je na nebeskoj sferi predstavljen velikim krugom NESW. Ravnina koja prolazi kroz centar nebeske sfere a okomita je na svjetsku os naziva se nebeski ekvator. Ravnina nebeskog ekvatora poklapa se sa ravninom zemaljskog ekvatora. Ekvator je na nebeskoj sferi predstavljen velikim krugom QWQ'E. Nagib ekvatora prema horizontu zavisi od geografske širine /φ/ tačke na Zemlji. /Geografska širina u nekoj tački Zemlje je kut što ga vertikala zaklapa s ekvatorom/. Na ekvatoru je $\varphi = 0^{o}$, tj. vertikala ZZ' nalazi se u ravnini ekvatora pa ravnina ekvatora zaklapa s ravninom horizonta kut od 90^{o}. Ako se krećemo od ekvatora prema jednom od polova geografska širina postaje sve veća, a nagib ekvatora prema horizontu se smanjuje, da bi se na polovima /$\varphi = 90^{o}$/ ekvator poklopio s horizontom.

Presječnica nebeskog meridijana s horizontom je linija NS. Tačka N je projekcija sjevernog nebeskog pola na horizont i naziva se tačka sjevera. Slično je S projekcija južnog nebeskog pola i naziva se tačka juga. Linija NS naziva se podnevna linija pošto je u nekom mjestu lokalno podne kada se središte Sunca nadje u meridijanu tog mjesta. Presječnica ravnina nebeskog ekvatora i horizonta je linija EW. Pošto su obje ove ravnine okomite na ravninu meridijana, to je i njihova presječnica okomita na podnevnu liniju NS. Prema tome, linija EW predstavlja pravac istok-zapad.

Svi veliki krugovi koji prolaze kroz pol okomiti su na nebeski ekvator i nazivaju se deklinacioni krugovi. Mali krugovi paralelni s ekvatorom nazivaju se paralele.

Nebeska tijela/zvijezde/kreću se prividno svako po svojoj paraleli. Svaka zvijezda prolazi kroz meridijan dva puta. Momenti prolaza središta zvijezde kroz meridijan nazivaju se kulminacije. Kulminacija u kojoj se zvijezda nadje s iste strane od pola kao i zenit naziva se gornja, i u njoj zvijezda postiže najveću visinu /sl. 10/. Slično, kulminacija u kojoj je zvijezda sa suprotne strane od pola s obzirom na zenit naziva se donja i u njoj zvijezda ima najmanju visinu. Vrijeme punog obrta nebeske sfere, tj. vrijeme koje protekne izmedju dvije uzastopne gornje kulminacije zove se zvjezdani dan. Radi ravnomjernog kretanja nebeske sfere vremenski interval izmedju gornje i donje kulminacije iznosi tačno 12 zvjezdanih sati.

Ovako je prividno kretanje nebeskih tijela bez vlastitog kretanja. Tijela bez vlastitog kretanja zovu se zvijezde stajačice. Osim zvijezda stajačica, postoje i tijela koja, osim rotacije, imaju i svoje vlastito kretanje. Takva tijela zovu se planete, komete, mjeseci i dr. Usljed toga njihove putanje nisu više krugovi kao kod stajačica nego zamršene krivulje na nebeskoj sferi. Sunce, središte našeg planetnog sistema ima svoje složeno kretanje, o kome će još biti govora.

Položaj nekog tijela u datom trenutku odredjen je koordinatama. Postoji više koordinatnih sistema od kojih ćemo ovdje spomenuti horizontski i ekvatorski.

Položaj nekog tijela u h o r i z o n t s k o m koordinatnom sistemu odredjen je azimutom A i zenitnom daljinom z /sl.11/. Azimut je kut izmedju nebeskog meridijana NZSZ' i vertikalne ravnine ZσB kroz nebesko tijelo. Azimut se obično mjeri od juga preko zapada, sjevera i istoka od 0^{o} do 360^{o}. Zenitna daljina z je luk velikog kruga Zσ izmedju zenita i nebeskog tijela i mjeri se od 0^{o} do 180^{o} od zenita prema nadiru. Umjesto zenitne daljine često se služimo visinom h. Visina je luk Bσ, a mjeri se od horizonta prema zenitu od 0^{o} do $+90^{o}$ i od horizonta prema nadiru od 0^{o} do -90^{o}. Sa slike 11 očigledno je $h = 90^{o} - z$.

U e k v a t o r s k o m koordinatnom sistemu položaj nekog tijela u izvjesnom trenutku odredjen je satnim kutom t i deklinacijom δ /sl.12/. Satni kut je kut što ga zaklapaju neveski meridijan i deklinacioni krug nebeskog tijela u datom trenutku. Satni kut mjeri se od meridijana preko zapada, sjevera i istoka od 0^{o} do 360^{o}. Satni kut se mijenja od mjesta do mjesta / mijenja se meridijan/, a zbog dnevne rotacije Zemlje i na jednom mjestu se stalno mijenja. Kao što vidimo satni kut je funkcija vremena pa se često izražava u satima. Postoji odnos $360^{o} \mathrel{\hat{=}} 24^{h}$. Pretvaranje iz jedne u drugu mjeru lako se vrši pomoću posebnih tablica. Deklinacija nebeskog tijela je luk deklinacionog kruga od ekvatora do nebeskog tijela, a mjeri se od ekvatora prema nebeskom sjevernom polu od 0^{o} do $+90^{o}$ i od ekvatora prema južnom nebeskom polu od 0^{o} do -90^{o}. Na deklinaciju dnevna rotacija Zemlje nema utjecaja.

Izmedju koordinata zvijezda u horizontskom i ekvatorskom koordinatnom sistemu postoji matematska veza, koja omogućuje računanje jednih koordinata iz drugih.

Sada ćemo se još upoznati sa prividnim g o d i š n j i m k r e t a n j e m S u n c a. Pored prividnog dnevnog kretanja Sunca, koje je isto kao i kretanje zvijezda stajačica a nastaje usljed okretanja Zemlje oko svoje osi i godišnjeg kretanja Zemlje oko Sunca, posmatrač sa Zemlje ima i utisak kretanja Sunca po nebeskoj sferi. Sunce se prividno kreće oko Zemlje u ravnini koja prolazi kroz njezin centar i ima nagib prema ekvatoru od približno 23^{o} 27' /sl. 13/. Ova ravnina naziva se ekliptika, a kut što ga ekvator zaklapa s ekliptikom obilježava se sa ε. Presječnica ravnine ekvatora s ravninom ekliptike ♈O♎ naziva se ekvinokcijalna linija /ravnodnevnica/. Dva puta godišnje deklinacija Sunca jednaka je nuli, kada se Sunce nadje u tačkama ♈ i ♎. Tačka ♈ naziva se proljetna, a tačka ♎ jesenja /nazive su dobile po zviježdjima Ovna i Vage/. Kada se Sunce nadje u proljetnoj tački astronomski počinje proljeće /oko 21. marta/, a kada se nadje u jesenjoj tački počinje jesen /oko 22., 23. septembra/. Ekstremne vrijednosti deklinacija Sunca ima oko 21. juna /$\varepsilon = + 23^{o}$ 27'/, odnosno 22. decembra /$\varepsilon = - 23^{o}$ 27'/. Tačka E_1 je ljetna, a tačka E_2 zimska solsticijska tačka. Tada je najduži odnosno najkraći dan.

Za razliku od zvijezda stajačica čija je deklinacija praktično uzevši konstantna, deklinacija Sunca, kao što se jasno vidi sa sl. 13, ima za pojedine dane u godini i pojedine sate u danu različite vrijednosti koje se kreću od 0^{o} do $\pm 23^{o}$ 27'. U astronomskim godišnjacima daju se deklinacije Sunca za pojedine dane tabelarno.

Da bi odredili pravac x-osi državnog koordinatnog sistema na nekoj tački, potrebno je prvo odrediti pravac meridijana na toj tački. Za odredjivanje pravca meridijana, odnosno azimuta neke strane, postoji više načina, od kojih ćemo ovdje obraditi samo najjednostavnije, tj. takve za koje nam nisu potrebni specijalni astronomski instrumenti.

<u>Odredjivanje pravca meridijana pomoću instrumenta Theo 020 s posebnim meridijanskim uredjajem</u>

Pravac meridijana odredićemo najbrže ako raspolažemo sa teodolitom Theo 020 firme Zeiss iz Jene, s posebnim uredjajem za pronalaženje meridijana /meridijanskom prizmom/. Meridijanski uredjaj stavlja se na objektiv instrumenta samo onda kada želimo da odredimo pravac meridijana.Bez ovog uredjaja instrumenat Theo 020 upotrebljava se kao i svaki drugi teodolit.

Glavni dio dodatnog uredjaja za odredjivanja pravca meridijana je jedno ogledalo s odgovarajućim libelama. Ogledalo ima zadatak da promijeni pravac vizurne osi, tj. da joj dâ nagib koji mi želimo.Željeni nagib postiže se okretanjem ogledala oko njegove horizontalne osi. Osim okretanja ogledala oko horizontalne osi, čitav uredjaj se još može rotirati oko mehaničke /koja se poklapa sa vizurnom/ osi teodolita. Princip rada na jednoj tački je slјedeći.

Postavimo instrumenat bez dodatnog uredjaja na tačku na kojoj želimo odrediti pravac meridijana. Na vertikalnom limbu zauzimamo zenitnu daljinu tj.čitanje $z_\varphi = 90^o - \varphi$ gdje φ znači geografsku širinu stajne tačke.Ovu vrijednost možemo s dovoljno tačnosti očitati s topografske karte. Na taj način smo vizurnoj osi teodolita dali isti nagib prema horizontu koji ima svjetska os /sl. 14/.Odaberimo sada jednu dobro vidljivu zvijezdu stajačicu /jasno je da u tom slučaju opažanje vršimo noću/. Ona se svakodnevno prividno kreće po paraleli koja ima odredjenu deklinaciju δ. Vrijednost δ za pojedine zvijezde daju se tabelarno u astronomskim godišnjacima.Pomoću vertikalnog limba instrumenta i odgovarajuće libele meridijanskog uredjaja otklonićemo vizurnu os iz položaja 0-1 u novi položaj 0 - 2-3, tako da je kut koji zatvaraju vizure 0-1 i 2-3 jednak kutu $90^o - \delta$, tj. kutu koji u svakom momentu zatvara svjetska os PP' sa zamišljenim pravcem 0-zvijezda. /sl. 1o/. Durbin pri tome ostane u položaju koji je imao ranije, tj. na vertikalnom limbu mora biti čitanje z_φ ,a otklon se postiže rotiranjem ogledala /U praktičnom radu prvo se dâ odgovarajući nagib ogledalu,pa se tek nakon toga na vertikalnom limbu zauzme čitanje z_φ/. Ako sada meridijanski uredjaj rotiramo oko durbinove mehaničke osovine,otklonjena vizura 2-3 produžena u beskonačnost opisivaće na nebeskoj sferi putanju koja odgovara paraleli odabrane zvijezde po kojoj se ova svakodnevno prividno kreće. Zvijezdu ćemo, prema tome,moći vidjeti samo onda kada meridijanski uredjaj zarotiramo oko vizurne osi 0-1 toliko da kut koji vertikalna ravnina kroz otklonjenu vizurnu os 2-3 zaklapa s vertikalnom ravninom kroz vizurnu os 0-1 bude jednak satnom kutu t koji u tom trenutku zaklapa deklinacioni krug zvijezde s meridijanom.Veličina ovog kuta mijenja se vremenom.Vrijednost kuta t u satima može se približno pročitati na dobošu meridijanskog uredjaja. Meridijanski uredjaj se, medjutim, pomoću odgovarajuće libele na objektiv instrumenta tako postavi da se zvijezda može vidjeti samo onda kada je vizurna os 0-1 paralelna sa svjetskom, tj. kada je vizurna os 0-1 u pravcu meridijana. Prema tome, zvijezdu čiju smo deklinaciju zauzeli navizirаćemo okretanjem otklonjene vizure 2-3 oko vizurne osi 0-1 i okretanjem alhidade oko njene osi /vertikalne osovine instrumenta/. Okretanje otklonjene vizure 2-3 oko vizurne osi postiže se okretanjem meridijanskog uredjaja oko durbina. Kada tako pronadjemo zvijezdu u vidnom polju i kada je naviziramo vertikalnim koncem pomoću vijka za fino pomicanje alhidade, vizurna os je upravljena u pravcu meridijana. Preostaje još samo da na horizontalnom limbu pročitamo vrijednost kuta koja odgovara tome pravcu. Razumljivo je da u toku opažanja ne smijemo mijenjati nagib vizurne osi 0-1 tj. čitanje na vertikalnom limbu z_{φ} i nagib ogledala prema horizontu.

Azimut α pravca OB /gdje O znači stajnu, a B neku drugu tačku/, dobićemo ako od vrijednosti horizontalnog kuta koja odgovara pravcu OB odbijemo vrijednost koja odgovara pravcu meridijana /sl. 15/.

Za stajnu tačku kod ovog i svih ostalih načina najbolje je uzeti tačku 1 poligonog vlaka, a za tačku B odgovarajuću trigonometrijsku /slučaj 5 i 6/, odnosno tačku 2 poligonog vlaka /slučaj 7/. U slučaju 5 treba odrediti azimute dviju poznatih /trigonomertijskih/ strana.

Samo opažanje je nešto složenije nego što je ovdje opisano i vrši se u dva položaja durbina da bi se eliminisale pogreške instrumenta i namještanja uredjaja. Tačan način opažanja daje se u prospektu uz instrument.

Opažanje se može vršiti i po danu na Sunce. U tu svrhu instrumenat je snabdjeven tamnim filterom, a na nitnom križu, radi lakšeg viziranja, ucrtan je krug nešto manji od prividnog prečnika Sunca. Deklinacija Sunca nije konstantna /za razliku od deklinacije stajačica/, pa je treba uzeti iz astronomskog godišnjaka za odgovarajući dan i sat.

Pravac meridijana može se ovim instrumentom odrediti sa srednjom pogreškom od $\pm$ 1', pod uslovom da opažanja ne vršimo u vrijeme kada je zvijezda u blizini meridijana /pošto tada najviše dolaze do izražaja instrumentalne pogreške/, nego pri satnim kutevima većim od 2 sata.

Odredjivanje pravca meridijana iz korespondirajućih visina zvijezda stajačica

Princip ove metode je u tome da se odredi pravac vertikalne ravnine koja prolazi kroz zemaljsku /svjetsku/ os i stajalište opažača. Kao što je poznato ta ravnina je meridijan i u njoj će zvijezda u svom dnevnom kretanju dva puta kulminirati, tj. postići svoju najveću odnosno najmanju visinu. Metoda da se zvijezda opaža oko kulminacije, tj. da se stalno očitava vertikalni kut pa kad on postigne najveću, odnosnu najmanju vrijednost da se instrumenat fiksira /zakoči alhidada/ i pročita horizontalni kut koji odgovara pravcu meridijana, ne dolazi u obzir pošto se visina zvijezda oko meridijana vrlo sporo mijenja.

Zato ćemo se poslužiti činjenicom da jednakim visinama /odnosno zenitnim daljinama/ jedne zvijezde stajačice na njenoj dnevnoj putanji /paraleli/ odgovaraju simetrični položaji zvijezde u odnosu na meridijan. Prema tome, postavićemo instrumenat /teodolit/ na stajnu tačku i navizirati zvijezdu prije kulminacije, te pročitati na horizontalnom limbu čitanje h_1, a na vertikalnom limbu čitanje v. Sačekaćemo, zatim, da zvijezda nakon prolaza kroz meridijan poprimi istu visinu i na horizontalnom limbu pošto smo zvijezdu navizirali pročitati čitanje h_2.

Pravcu meridijana odgovaraće čitanje na horizontalnom limbu $\frac{h_1 + h_2}{2}$

Da bi povećali tačnost odredjivanja pravca meridijana dobro je izvršiti više /seriju/očitanja vertikalnog i horizontalnog limba prije i odgovarajućih čitanja horizontalnog limba poslije kulminacije. Razumije se da svako čitanje horizontalnog limba poslije kulminacije mora biti izvršeno pri istom vertikalnom kutu kao i odgovarajuće čitanje prije kulminacije. Čitanje na horizontalnom limbu koje odgovara pravcu meridijana dobiće se onda kao aritmetička sredina iz više mjerenja. Da bi eliminirali pogreške instrumenta treba opažanja vršiti u oba položaja durbina. Treba obratiti pažnju na to da vizuri prije kulminacije u prvom položaju durbina odgovara nakon kulminacije vizura u drugom položaju durbina i obratno. Jedino tako ćemo eliminirati kolimaciju i pogrešku radi nehorizontalnosti obrtne osi durbina.

Da bi u drugom položaju durbina mogli zauzeti tačno isti vertikalni kut, treba ispitati da li postoji pogreška indeksa vertikalnog limba. Često nije moguće izvršiti rektifikaciju tako da suma vertikalnih kuteva na istu tačku u oba položaja durbina daje odredjenu vrijednost /360° ili 180°/, nego se javlja neko odstupanje. Zato ćemo pročitati vertikalne kuteve u oba položaja durbina na neku čvrstu tačku na Zemlji i utvrditi njihovu sumu. Na primjer:

I položaj	$53^{\circ}\ 56'\ 20''$
II položaj	$306^{\circ}\ 02'\ 20''$
suma	$359^{\circ}\ 58'\ 40''$

Prema tome, suma odgovarajućih čitanja treba da uvijek dâ tu vrijednost. Tako će, na primjer, čitanju na vertikalnom limbu $63^{\circ}\ 42'\ 20''$ u prvom položaju durbina odgovarati u drugom položaju čitanje:

$$\begin{array}{r} 359^{\circ}\ 58'\ 40'' \\ -\ \ 63^{\circ}\ 42'\ 20'' \\ \hline 296^{\circ}\ 16'\ 20'' \end{array}$$

Opažanja je bolje vršiti pri većim vertikalnim kutevima /visinama/. Pogodne zvijezde za ovo opažanje su zvijezde Velikih kola i Kasiopeje, pošto se kreću po relativno malim deklinacionim krugovima, što znači dosta sporo.

Kod ovog načina treba obratiti pažnju da instrumenat dobro horizontiramo alhidadnom libelom i da pri čitanju i zauzimanju vertikalnih kuteva libelu indeksa vertikalnog limba dobro navrhunimo. Takodjer treba za vrijeme opažanja odnosno očekivanja zvijezde, vizirati na neki čvrsti objekat na Zemlji radi kontrole da se instrumenat nije pomakao. Korekciju radi refrakcije ne treba uvoditi s obzirom da se korespondirajuća mjerenja obavljaju pri istom vertikalnom kutu. Ako uslijed oblačnosti ili nekog drugog razloga neko opažanje poslije kulminacije nije moguće izvršiti tačno pri istom vertikalnom kutu kao čitanje prije kulminacije, može se izvršiti i nešto kasnije, pa linearnom interpolacijom sračunati horizontalni kut koji odgovara potrebnom vertikalnom. Ovo pod uvjetom da izmedju prethodnog opažanja iz serije i ovog posljednjeg nije prošao duži vremenski period. U protivnom, tj. ako je velik vremenski interval, linearna interpolacija neće dati tačan rezultat.

Azimute potrebnih pravaca dobićemo kao i u prethodnom slučaju /sl. 15/.

Odredjivanje pravca meridijana iz korespondirajućih visina Sunca

U principu je ovaj način identičan s prethodnim, s tim što treba voditi računa još i o tome da deklinacija Sunca nije konstantna. Zato aritmetička sredina $\frac{h_1 + h_2}{2}$ ne daje pravac meridijana nego neki drugi pravac. Ovaj pravac pada iza meridijana u periodu u kojem deklinacija Sunca raste /od 22.XII do 21.VI/, odnosno ispred meridijana kada deklinacija Sunca opada/od 21.VI do 22.XII/. Prema tome, čitanje na horizontalnom limbu koje odgovara pravcu meridijana /h/ dobićemo po formuli

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} - k_\delta$$

gdje je k_δ korekcija radi promjene deklinacije /može imati predznak + ili -/. Ovu korekciju/u lučnim minutama/sračunaćemo po formuli:

$$k_\delta = \frac{\Delta\delta \cdot t^h}{24 \cos \varphi \, \sin t}$$

gdje oznake znače:

$\Delta\delta$ ...... dnevnu promjenu deklinacije Sunca/u lučnim minutama/ onog dana kojeg vršimo opažanja. Ovu promjenu naći ćemo u astronomskom godišnjaku;

t^h ...... polovicu vremena u satima izmedju odgovarajućih opažanja prije i poslije kulminacije Sunca /podna/. Da bi dobili ovo vrijeme potrebno je bilježiti vrijeme opažanja /na 1 vremensku minutu/. Dovoljan je obični ručni sat koji ne mora biti sasvim tačan;

φ ...... geografsku širinu mjesta opažanja. Dovoljno tačno očitaćemo je s topografske karte.

Da bi našli sin t treba prvo t u satima pretvoriti u lučnu mjeru. Za ovo postoje posebne tablice.

Od 22.XII do 21.VI deklinacija Sunca raste, $\Delta\delta$ je pozitivno, pa i k_δ ima predznak +. Od 21.VI do 22.XII deklinacija Sunca opada, $\Delta\delta$ je negativno, pa i k_δ ima predznak -. Korekcija će biti utoliko veća ukoliko smo vremenski više udaljeni od tačaka solsticija /21.VI i 22.XII/,pa će biti najveća za ekvinokcijalne tačke /21.III i 23.IX/.

Prilikom opažanja Sunca prije i poslije podne /kulminacije/ treba horizontalni konac navesti na istu ivicu /gornju ili donju/. Vertikalni konac treba,medjutim, navesti na suprotnu ivicu /ako smo prije podne opažali na lijevu,onda poslije podne treba opažati na desnu ivicu i obratno/.Opažanje na sredinu Sunca ne daje tačne rezultate, osim ako je na diafragmi instrumenta, osim niti, ugraviran i krug približno jednak prividnom prečniku Sunca. Nipošto se ne smije vizirati na Sunce ako na objektiv ili okular instrumenta nismo prethodno stavili dovoljno gust crni filter,pošto bi mogli oštetiti vid.Opažanja ne treba vršiti kasno prije podne /poslije 9 ili lo sati/ odnosno rano po podne,pošto se u to vrijeme visina Sunca sporo mijenja,pa bi pravac meridijana bio odredjen s manjom tačnosti.I ovdje je potrebno izvršiti više /seriju/ opažanja prije i poslije podne. Ako zbog oblačnosti popodne nije moguće izvršiti neko opažanje iz serije pri istom vertikalnom kutu kao prije podne,može se i ovdje izvršiti linearna interpolacija,pod uslovom da nije prošao duži period vremena. Pored interpolacije za horizontalni kut u ovom slučaju, potrebno je izvršiti i interpolaciju za vrijeme radi računanja korekcije k_{δ} .

Opažanjem na Sunce odredi se čitanje na horizontalnom limbu koje odgovara pravcu juga.Pravcu sjevera odgovaraće čitanje različito za $18o^{o}$. Azimute potrebnih pravaca dobićemo, kao i u ranijim slučajevima, iz razlike čitanja odgovarajućih vizura na horizontalnom limbu /sl. 15/.

Pravac meridijana,odnosno azimut neke strane,može se postupkom opažanja korespondirajućih visina zvijezda stajačica ili Sunca odrediti vrlo tačno,pod uslovom da se pridržavamo navedenih uputa /serija opažanja u oba položaja durbina, dobro horizontiranje instrumenta i vrhunjenje visinske libele pri čitanju vertikalnih kuteva, češća kontrola stabilnosti instrumenta i sl./.

Odredjivanje pravca meridijana opažanjem Polarnice

Polarnica /Sjevernjača, polarna zvijezda/ je najsjajnija zvijezda Malih kola /Malog medvjeda/ i lako se uočava na nebeskoj sferi.Ona se ne nalazi tačno u polu,nego oko pola opisuje deklinacioni krug prečnika 1^{o} - 2^{o} i u toku 24 sata prolazi dva puta kroz meridijan.

Odredjivanje pravca meridijana ovom metodom sastoji se u tome da se dočeka trenutak kada se Polarnica i zvijezda ε Velikih kola /sl.16/nadju u istoj vertikalnoj ravnini položenoj kroz stajnu tačku posmatrača. Ova ravnina vrlo malo odstupa od ravnine meridijana, /oko lo'/ i mi je praktično smatramo meridijanom.

Ovu vertikalnu ravninu najlakše ćemo materijalizirati pomoću doboša za iskolčavanje okomica. To će biti, medjutim, moguće jedino u slučaju ako glava doboša u odnosu na svoj prečnik ima dovoljnu visinu, tako da se potrebne zvijezde /Polarnica i zvijezda ε Velikih kola/mogu vidjeti u prorezu doboša. Ako imamo takav doboš postupak je slijedeći:iznad stajne tačke centriramo i horizontiramo doboš. Kada prostim okom vidimo da zvijezde dolaze u položaj jedna ispod druge, tj. u istu vertikalnu ravninu, dovedemo, okretanjem doboša oko njegove vertikalne osi za male iznose, prorez u odgovarajući položaj i sačekamo trenutak kada se polarnica i zvijezda ε Velikih kola nadju istovremeno u prorezu doboša.Zatim pošaljemo figuranta sa značkom/trasirkom/i svjetiljkom u pravcu sjevera na udaljenost od oko loo metara i pomičemo ga lijevo-desno, dok trasirka ne dodje tačno u pravac proreza. Ispod trasirke figurant pobode kolac.Tako smo dobili tačku N.Pravac ON smatramo pravcem jug-sjever. Za stajnu tačku O najjednostavnije je uzeti stajnu tačku 1 poligonog vlaka.Narednog dana,po danu, instrumentom možemo izmjeriti smjernjak ν_1^2 početne strane poligonog vlaka.

Ako nemamo odgovarajućeg doboša za iskolčavanje okomica pravac meridijana odredićemo pomoću dva viska /sl. 17/.Jedan, nepokretni,objesićemo o kakav štap tačno iznad tačke 1 poligonog vlaka.Drugi,pokretni visak, postavićemo južno od prvog. Kada zvijezde dodju u položaj jedna ispod druge, pomičemo pokretni visak lijevo-desno dotle dok obje zvijezde ne dodju u vertikalnu ravninu definiranu kanapima oba viska. Pod pokretni visak pobodemo kolac /tačka S/.Prilikom opažanja oko posmatrača nalazi se nekoliko metara iza pokretnog viska.Viskove treba dobro osvijetliti. Udaljenost izmedju visaka treba da bude što veća, ali svakako da opažač jasno vidi oba kanapa.Da bi visci bili mirniji, mogu se staviti u posudu s vodom. U tom slučaju treba koristiti teže viskove ili utege.Pravac 1-S je pravac sjever-jug.Sutradan instrumentom izmjerimo kut α' na tački 1.Azimut pravca 1-2 dobićemo ako izmjereni kut α' promijenimo za 180° /Ako je veći od 180° oduzmemo mu 180°,a ako je manji dodamo mu 180°,sl.17/. S obzirom da je udaljenost 1-S relativno malena, treba obratiti pažnju na viziranje sa tačke 1 na tačku S /treba vizirati na olovku ili visak/.

Ovaj način odredjivanja pravca meridijana, odnosno azimuta početne strane poligonog vlaka manje je tačan od prethodnih. Grešku od nekih 10' koja nastaje odredjivanjem pravca meridijana ovom metodom ne uzimamo u obzir, pošto je ona neznatna s obzirom na sprave koje koristimo /doboš odnosno visak/.

Odredjivanje pravca meridijana busolom

Ručnom busolom ili busolnim instrumentom može se odrediti pravac magnetnog meridijana. S obzirom da se magnetni polovi razlikuju od geografskih, razlikuje se i pravac magnetnog od pravca geografskog /astronomskog/ meridijana. Radi kolebanja magnetnih polova kutna razlika δ /magnetna deklinacija/ tih pravaca /sl. 18 / nije konstantna veličina, nego se mijenja u toku dana, godina i vijekova, a mijenja se i promjenom mjesta na Zemlji. Postoje tablice iz kojih se može za pojedine godine i pojedina mjesta na Zemlji izvaditi približna vrijednost magnetne deklinacije δ. Na taj način moguće je pomoću pravca magnetnog, dobiti pravac astronomskog meridijana u nekoj tački. Na ovaj način dobijeni pravac astronomskog meridijana je prilično grub, s jedne strane zato što kut δ nikada nije poznat sasvim tačno, a s druge strane zato što ni sama igla busole ne zauzima tačno pravac magnetnog meridijana zbog lokalnih utjecaja željeznih ruda i predmeta, kao i zbog njene tromosti.

Prelaz s azimuta na smjernjak. Meridijanska konvergencija:

Izložili smo nekoliko postupaka pomoću kojih se može u nekoj tački O odrediti pravac astronomskog meridijana, odnosno odrediti azimut α_0^c strane OC /sl. 19/. Azimut je, da se podsjetimo, kut što ga neka strana OC zatvara s pravcem meridijana kroz tačku O. Naši planovi se, medjutim, izradjuju u Gaus-Krigerovoj /Gauss-Krüger/ cilindričnoj projekciji. Princip ove projekcije je u tome da se površina Zemlje preslika prvo na poprečni cilindar, koji tangira Zemlju po proizvoljnom meridijanu, a zatim plašt toga cilindra razvije u ravninu. Da bi se smanjile deformacije koje nastaju pri preslikavanju površine Zemlje na cilindar, i koje su utoliko veće ukoliko je preslikavana teritorija više udaljena od meridijana tangiranja, to se površina Zemlje ne preslikava na jedan, nego na više takvih cilindara koji tangiraju zemlju u različitim meridijanima. Teritorija naše države preslikava se na tri eliptična cilindra koji tangiraju zemljin elipsoid po 15^{o},18^{o} i 21^{o}-om meridijanu računajući od Grinviča /Greenwich/. Plaštevi ovih cilindara razvijeni u ravninu daju tri koordinatna sistema x,y, tako da im je ekvator zajednička y-os, a 15^{o},18^{o} i 21^{o} meridijan odgovarajuće x-osi. Ovi pravokutni koordinatni sistemi nazivaju se peti, šesti i sedmi. /Broj sistema dobije se tako da se broj meridijana koji je usvojen kao x-os podijeli sa 3/. Kut ν_o^c što ga strana OC /sl. 19/ zatvara sa pozitivnim smjerom osi x pravokutnog državnog koordinatnog sistema x,y naziva se smjernjak ili smjerni kut. Pošto su pri preslikavanju u Gaus-Krigerovoj cilindričnoj projekciji pravac meridijana i osi x identični samo na samoj osi x, to smjernjak i azimut općenito nisu identični, nego se razlikuju za kut k. Ovaj kut nastaje radi zbližavanja /konvergencije/ meridijana, pa se naziva meridijanska konvergencija. Iz slike 19 se vidi da postoji odnos

$$\nu = \alpha - k$$

Na samoj osi x k = o, tj. azimut i smjernjak su identični, a što se više udaljujemo od ishodišta na jednu i drugu stranu k ima sve veću apsolutnu vrijednost. Sa dovoljnom tačnošću sračunaćemo ga /u lučnim minutama/ iz jednostavne približne formule:

$$k' = \Delta\lambda' \cdot \sin\varphi$$

gdje je $\Delta\lambda'$ razlika /u lučnim minutama/ geografske dužine stajne tačke i ishodišta koordinatnog sistema /za našu zemlju iznosi λ_o 15^{o},18^{o} odnosno 21^{o}/, a φ geografska širina stajališta. λ i φ pročitaćemo s topografske karte. Treba paziti da se geografska dužina uzme od Grinviča, pošto su na kartama obično označene geografske dužine i od Grinviča i od Pariza.

Potrebni smjernjak ν_o^c sračunaćemo iz jednostavne relacije:

$$\nu_o^c = \alpha_o^c - k$$

Za tačke istočno od ishodišta koordinatnog sistema $\lambda > \lambda_o$, pa će k imati pozitivnu vrijednost, tj. smjernjak je manji od azimuta, a za tačke zapadno od ishodišta $\lambda < \lambda_o$, pa će k imati negativnu vrijednost, tj. smjernjak je veći od azimuta.

Odredjivanje pravca x-osi pomoću busolnog instrumenta

Ako raspolažemo busolnim instrumentom,pravac x-osi državnog koordinatnog sistema možemo odrediti direktno bez prethodnog odredjivanja pravca astronomskog meridijana.Pri tome nam neće trebati ni tablice magnetne deklinacije.Postupak je sljedeći. Što bliže terenu na kojem vršimo premjer naći ćemo i, ako je potrebno,signalizirati nekoliko poznatih tačaka A, B, C, ... /sl. 2o/. Busolnim instrumentom izmjerićemo magnetne azimute μ_A^B, μ_A^C, ..., a iz koordinata odgovarajućih tačaka sračunati smjernjake ν_A^B, ν_A^C, ...Razlike magnetnih azimuta i smjernjaka daju ukupnu vrijednost magnetne deklinacije i meridijanske konvergencije, tj.:

$$\mu_A^B - \nu_A^B = \delta + k$$

$$\mu_A^C - \nu_A^C = \delta + k \qquad \text{itd.}$$

Za definitivnu vrijednost $/\delta + k/$usvojićemo aritmetičku sredinu. Ova vrijednost biće utoliko tačnija ukoliko imamo više pravaca sa stajne na ostale poznate tačke i ukoliko je tačnija busola instrumenta. Pod pretpostavkom da poznate tačke nisu vrlo daleko od terena koji snimamo,možemo zanemariti promjenu meridijanske konvergencije i magnetne deklinacije radi promjene mjesta, pa smjernjak ν_1^2 početne strane poligonog vlaka sračunati na temelju izmjerenog magnetnog azimuta i ovako sračunate vrijednosti $\delta + k$, tj.

$$\nu_1^2 = \alpha_1^2 - /\delta + k/$$

Ako u blizini terena na kome vršimo premjer imamo karakterističnih tačaka na karti koje možemo identificirati na terenu, ali nemamo njihovih koordinata, možemo smjernjake ν_A^B, ν_A^C,.... /sl. 2o/ izmjeriti na karti.Mjerenje smjernjaka na karti celulodinim kutomjerom /transporterom/ dalo bi vrlo loše rezultate,zato umjesto da mjerimo kuteve,mjerićemo njihove tetive. U logaritamskim tablicama po Gausu[1] date su tetive kružnih lukova za radius r = 1. Da bi, na primjer, izmjerili smjernjak ν_A^C /sl. 21/ opisaćemo oko tačke A šestarom kružni luk prečnika r = 1o cm = 1 dm i izmjeriti tetivu t u istim jedinicama.Po argumentu t naći ćemo u Tablicama kružnih lukova odgovarajući kut. Ako nam je nezgodan r = 1 dm, uzećemo

---

1/ F.G.Gaus Logaritamske tablice s pet decimala, izdavač "Veselin Masleša",Sarajevo 1959.;na str.118-12o"Tablice kružnih lukova".

r = 1/2 dm, ili općenito 1/n, a odgovarajući kut u tablicama tražićemo po argumentu 2t, odnosno nt. Postoje i tetivni kutomjeri u vidu metalnih razmjernika na kojima se kut čita neposredno mjerenjem tetive.

Razumije se da ovaj način odredjivanja pravca x-osi, odnosno odredjivanja smjernjaka nije dovoljno tačan, naročito ako potrebne smjernjake uzimamo s karte.

Uzgred da napomenemo da se ovakav način odredjivanja popravke /δ+ k/ magnetnih azimuta /pomoću koje prelazimo na smjernjake/primjenjuje kod busolnih poligonih vlakova. Na tački P i tački Z busolnog poligonog vlaka /sl. 22/ izmjere se magnetni azimuti poznatih /trigonometrijskih/ strana, $\mathcal{M}_P^R$ i $\mathcal{M}_Z^T$. Iz koordinata poznatih tačaka sračunamo smjernjake ν_P^R i ν_Z^T Vrijednosti /δ + k/ dobićemo onda iz izraza:

$$\delta + k = \mathcal{M}_P^R - \nu_P^R$$
$$\delta + k = \mathcal{M}_Z^T - \nu_Z^T \qquad \text{itd.}$$

i za definitivnu vrijednost usvojiti aritmetsku sredinu. Na svim ostalim tačkama poligonog vlaka mjerimo samo magnetne azimute a smjernjake računamo iz izraza:

$$\nu_1^2 = \mathcal{M}_1^2 - (\delta + k)$$
$$\nu_2^3 = \mathcal{M}_2^3 - (\delta + k) \qquad \text{itd.}$$

Ako je vlak zatvoren, postupak je isti samo što vrijednost korekcije / δ + k/ odredjujemo na jednoj tački.

4. ODREDJIVANJE NADMORSKE VISINE /KOTE/ POČETNE TAČKE POLIGONOG VLAKA

Pošto u opisanim slučajevima premjera manjih površina u blizini redovito nemamo tačaka s poznatom nadmorskom visinom /repera/, kotu tačke 1 odredićemo trigonometrijskim putem /trigonometrijskim nivelmanom/.

Osnovna formula za trigonometrijsko odredjivanje visinskih razlika glasi /sl. 23/: $\Delta H = d \cdot \mathrm{tg}\,\varphi + i - s$ .... /4.1/

gdje su: d horizontalna udaljenost
φ vertikalni kut
i visina instrumenta
s visina signala

/Više o trigonometrijskom odredjivanju visinskih razlika vidi u knjizi prof. Muftića str. 327-33o ili u drugim udžbenicima geodezije/.

U ovoj formuli nisu uzete u obzir pogreške u visinskoj razlici koje nastaju zbog zakrivljenosti Zemlje i refrakcije. Ako za visinsku razliku usvojimo aritmetičku sredinu iz mjerenja u jednom i suprotnom smjeru/ovom posljednjem treba promijeniti predznak/, onda se pogreška koja nastaje usljed zakrivljenosti Zemlje eliminira. Pogreška koja nastaje usljed otklona zrake izazvanog refrakcijom, takodjer se eliminira pod uslovom da su oba mjerenja izvršena istovremeno, odnosno pod istim vremenskim prilikama.

U našim slučajevima nećemo moći uvijek izvršiti obostrana mjerenja, pa je u takvim slučajevima potrebno uvesti popravke za zakrivljenost Zemlje i refrakciju, te visinsku razliku računati po formuli

$$\Delta H = d\, tg\varphi + i - s + (1 - k)\frac{d^2}{2R} \qquad /4.2/$$

gdje je k kojeficijenat refrakcije, a R poluprečnik Zemlje/6,37o.ooo m/. Tačna vrijednost kojeficijenta refrakcije nije nikada poznata, pa se obično usvaja njegova srednja vrijednost koja iznosi k = o,13. U donjoj tablici data je vrijednost korekcionog člana $(1-k)\cdot\frac{d^2}{2R}$

Dužina m	$(1 - k)\frac{d^2}{2R}$	Dužina m	$(1 - k)\frac{d^2}{2R}$
5oo	o,o2 m	7.ooo	3,35 m
1.ooo	o,o7 m	7.5oo	3,84 m
2.ooo	o,27	8.ooo	4,37
3.ooo	o,61	8.5oo	4,93
4.ooo	1,o9	9.ooo	5,53
5.ooo	1,71	9.5oo	6,16
6.ooo	2,46	1o.ooo	6,83

Visinske razlike dobijene iz obostranih mjerenja biće tačnije. Takodjer, biće tačnije za manje udaljenosti. Najzad, biće tačnije u brdovitom nego u ravničastom terenu. Da bi se smanjio nepovoljni utjecaj refrakcije, mjerenje vertikalnih kuteva najbolje je vršiti izmedju 11 i 13 sati.

Kotu tačke 1 odredićemo u slučaju 1 /sl.3/na dva načina

$$H_1 = H_A + \Delta H_{A1} \quad i \quad H_1 = H_B + \Delta H_{B1}$$

gdje ΔH_{A1} i ΔH_{B1} predstavljaju aritmetske sredine iz obostranih mjerenja sračunatih iz izraza 4.1. U tu svrhu paralelno s mjerenjem horizontalnih, izmjerićemo i odgovarajuće vertikalne kutove, te visine instrumenta i signala na sve tri tačke. Logaritme horizontalnih dužina $A1 = d_a$ i $B1 = d_b$ /sl. 3/ dobićemo u trig. obr. lo, odjeljak la /$\log d_a = \log m + \log \sin \delta_b$; $\log d_b = \log m + \log \sin \delta_a$, gdje m znači diametar kruga opisanog oko trokuta AB1, a računa se iz izraza:

$$m = \frac{y_b - y_a}{\sin \nu_a^b \sin \delta} = \frac{x_b - x_a}{\cos \nu_a^b \sin \delta}/.$$

Za kotu tačke 1 usvojićemo aritmetičku sredinu, ako su udaljenosti d_a i d_b podjednake. Ako postoji velika razlika u udaljenostima bolje je usvojiti kotu sračunatu pomoću kraće udaljenosti.

U slučaju 2. kotu tačke 1 odredićemo po formuli $H_1 = H_B + \Delta H_{B1}$ ako je tačka A nepristupačna, odnosno po formuli $H_1 = H_A + \Delta H_{A1}$ ako je tačka B nepristupačna. U ovim formulama ΔH_{A1} i ΔH_{B1} predstavljaju sredine iz obostranih mjerenja sračunatih po formuli 4.1. Radi kontrole, istu kotu možemo sračunati po formuli $H_1 = H_A - \Delta H_{1A}$ ako je nepristupačna tačka A, odnosno po formuli $H_1 = H_B - \Delta H_{1B}$ ako je nepristupačna tačka B. Zbog nepristupačnosti tačke A odnosno tačke B, možemo ovu visinsku razliku sračunati samo u jednom smjeru, pa zato treba uvesti popravku za zakrivljenost Zemlje i refrakciju, tj. računanje visinske razlike ΔH_{1A} odnosno ΔH_{1B} izvesti po formuli 4.2.

U slučaju 3./sl. 4/ zbog nepristupačnosti svih poznatih tačaka, možemo vertikalne kuteve izmjeriti samo na tački 1, te visinske razlike ΔH_{1A}, ΔH_{1B} i ΔH_{1M} sračunati po formuli 4.2, a kotu tačke 1 dobiti na tri načina:

$$H_1 = H_A - \Delta H_{1A} \; ; \quad H_1 = H_B - \Delta H_{1B} \; ; \quad H_1 = H_M - \Delta H_{1M}$$

Za definitivnu vrijednost usvojićemo aritmetsku sredinu, ako su udaljenosti $1A = d_a$, $1B = d_b$ i $1M = d_m$ podjednake, a ako se mnogo razlikuju, onda ćemo usvojiti onu koja je sračunata pomoću najkraće udaljenosti. Dužine d_a, d_b i d_m lako ćemo dobiti u obrascu lo, odjeljak lb.

U slučaju 4. /sl.6/ izmjerićemo odgovarajuće vertikalne kuteve na tačkama A,P i l. Jednu dužinu mjerimo, ostale dvije sračunamo. Na taj smo način u mogućnosti visinske razlike ΔH_{AP}, ΔH_{Pl} i ΔH_{lA} odrediti trigonometrijskim nivelmanom i to obostrano. Za kontrolu, suma tih visinskih razlika treba da bude jednaka nuli. Eventualno odstupanje razbacamo i sračunamo kote tačaka l i P.

U slučaju 5. /sl.7/ postupak je isti kao i u slučaju 3, samo što ovdje kotu tačke l odredjujemo na dva /a ne na tri/ načina:

$$H_l = H_A - \Delta H_{lA} ; \quad H_l = H_B - \Delta H_{lB}$$

U slučaju 6. /sl. 8/ postupičemo kao i u slučaju 4. Ako je tačka A pristupačna, sve visinske razlike možemo odrediti kao sredine obostranih opažanja, a ako nije onda visinske razlike ΔH_{lA} i ΔH_{lP} možemo odrediti samo jednostrano po formuli 4.2.

Najzad, u slučaju 7. ne preostaje ništa drugo nego kotu tačke l pročitati s topografske karte.

L I T E R A T U R A

Baturić J.: Rudarska mjerenja I i II, Zagreb 1957., 1959.

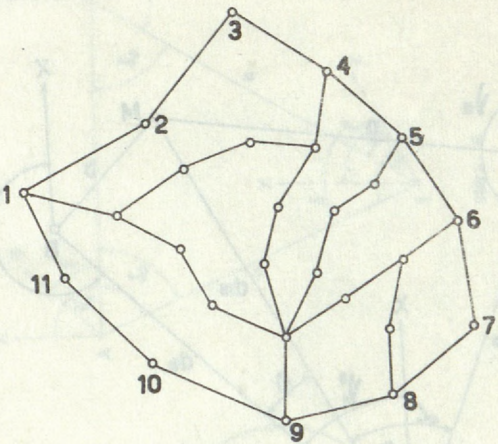
Cvetkov K. A. i Polak I. F.: Sferna i opšta astronomija, Beograd 1952.

Gaus F. G.: Die trigonometrischen und polygonometriscen Rechnungen in der Feldmesskunst, Halle a. S. 1893.

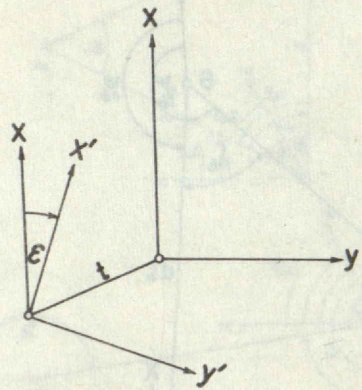
Jochman H.: Der Meridiansucher 3oo, ein Zusatzgerät zum Theo 020, Vermessungs Informationen, Heft 12, Jena.

Macarol S.: Praktična geodezija, Zagreb 1954.

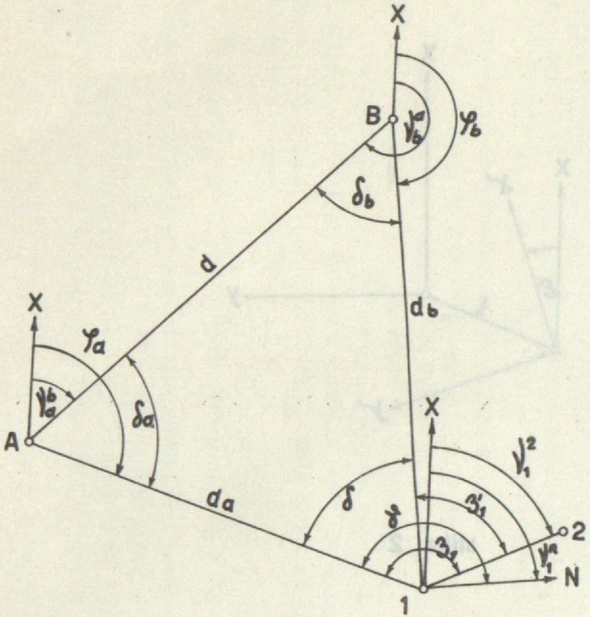
Muftić H.: Geodezija za šumare, Sarajevo 1962.



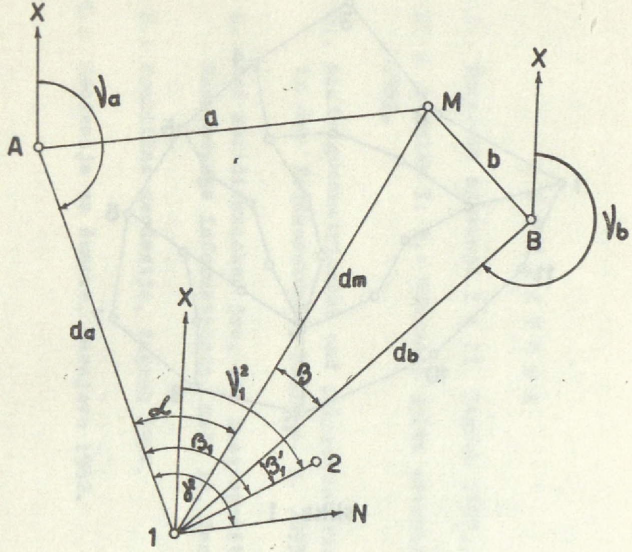
slika 1



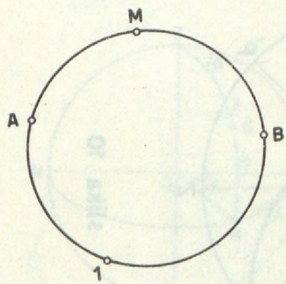
slika 2



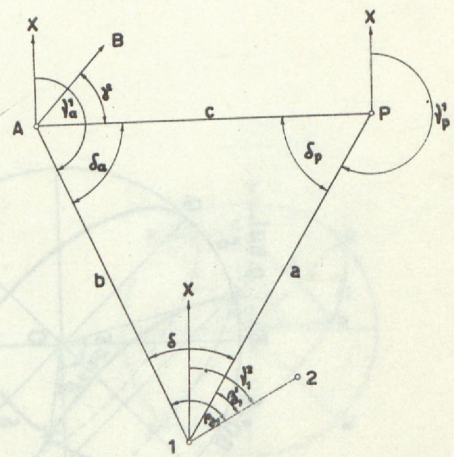
slika 3



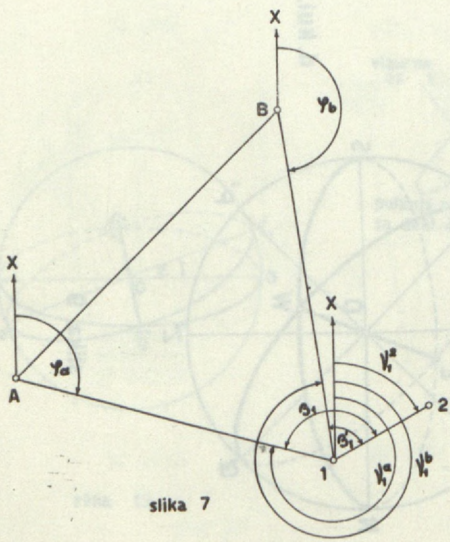
slika 4



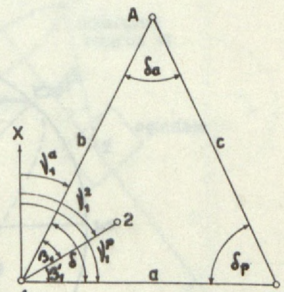
slika 5



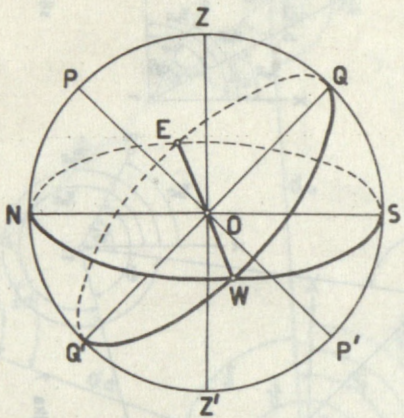
slika 6



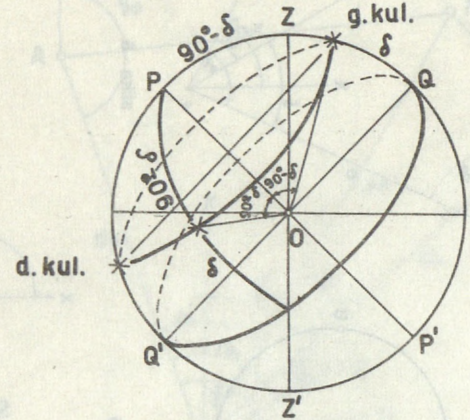
slika 7



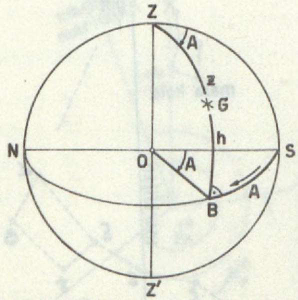
slika 8



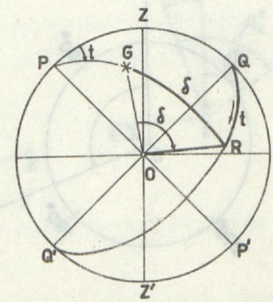
slika 9



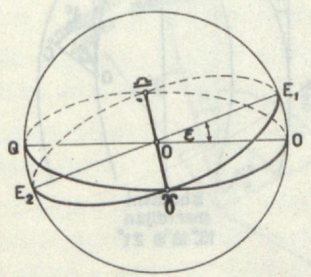
slika 10



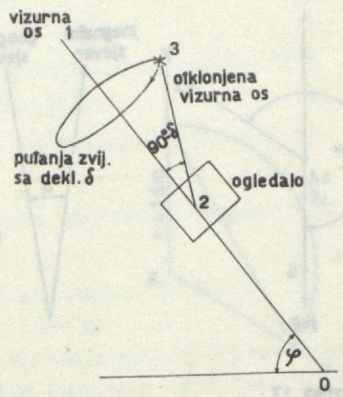
slika 11



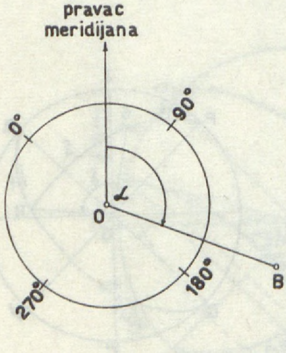
slika 12



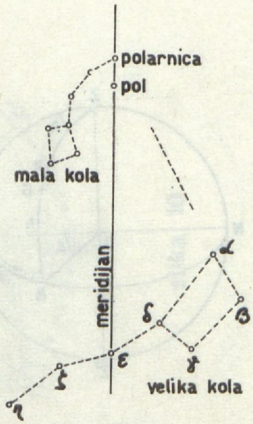
slika 13



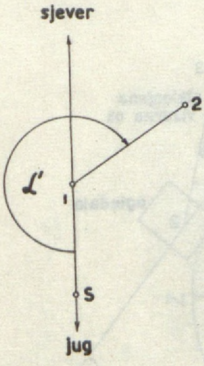
slika 14



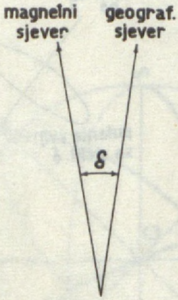
slika 15



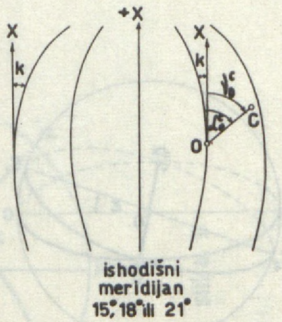
slika 16



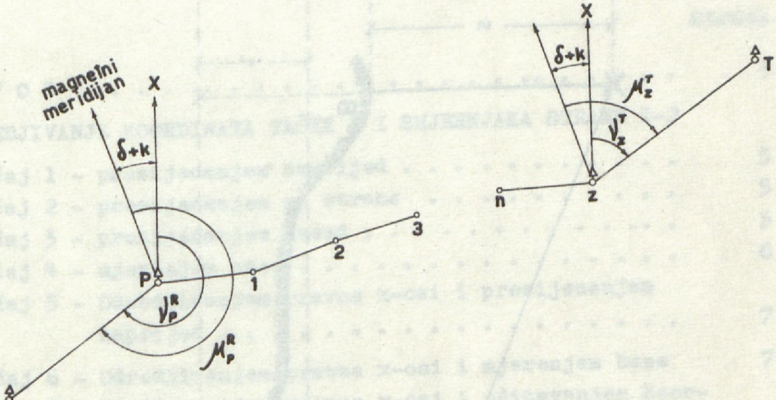
slika 17



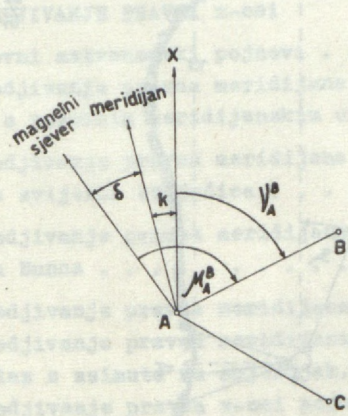
slika 18



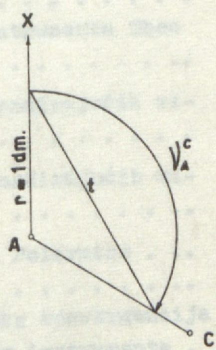
slika 19



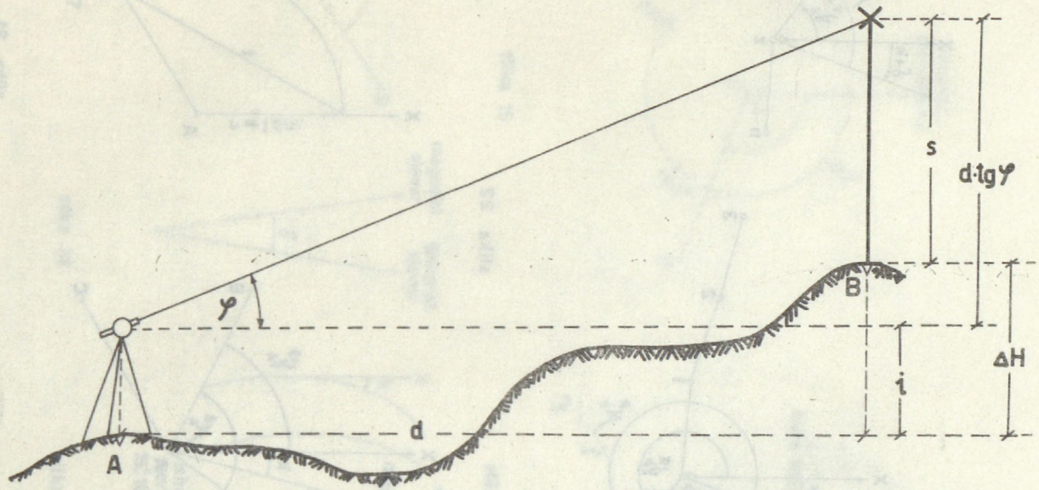
slika 22



slika 20



slika 21



slika 23

S A D R Ž A J