



S. GOLITSÕN

TAHAN SAADA TOPOGRAAFIKS

A-21035

91
—
41

S. GOLITSÕN

TAHAN SAADA TOPOGRAAFIKS



Tallinna 4. Keskkooli
raamatukogu

Lae. N. 915

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

С. Голицын

Хочу быть топографом.

Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1954

Tõlkinud E. Reimann

Голицын Сергей Михайлович
ХОЧУ БЫТЬ ТОПОГРАФОМ

На эстонском языке
Обложка худ. Т. Куллес

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маantee 10

*

Toimetaja A. Marksoo. Tehniline toimetaja I. Vahtré.
Korrektorid H. Peel ja Ü. Rattur

Ladumisele antud 8. II 1956. Trükkimisele antud 23. IV 1956. Paber 60×92, 1/16.
Trükipoognaid 11,25 + 2 lisa. Arvutuspoognaid 11,58. Trükiarv 3000. MB-03264.
Tellimise nr. 539.

Trükikoda «Tartu Kommunist», Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 4.85



Esimene peatükk

MIDA TEEVAD TOPOGRAAFID

KES ON TOPOGRAAFID

Võib-olla te olete juhtunud nägema tänavail või lagedal väljal teede ääres inimesi, kes sihivad tähelepanelikult kaugusesse mingisuguste salapärase, kõrgetele kolmjalgadele asetatud instrumentidega, millel on peal pikksilm ja mis on varustatud mitmesuguste kruvide ning seadistega. Võimalik, et te olete üritanud sellisele instrumentile arglikult läheneda ja läbi pikksilma piiluda. Tõenäoliselt aga pidite siis kuulma mitte just lahket hüüdu: «Lapsed, minge eemale, ärge segage!»

Salapärane inimene seisab kaua ühel kohal, kord vaatleb pikksilmaga, kord märgib midagi vihikusse, annab siis märku abitöölisele, siirdub kiiresti teise kohta ja alustab uuesti vaatlust pikksilmaga.

Võimalik, et teil on olnud juhus näha, kuidas kaks inimest pingutavad piki maapinda pikka painduvat teraslinti, asetavad selle otstest läbi teravad metallist vardad, kolmas aga vaatab linti ja joonistab seejuures midagi oma vihikusse.

Aga mõni aeg hiljem, kas kuu või aasta pärast, kui juhtute uuesti sama teed mööda minema, leiате ootamatult eest krunti ümb-

ritseva planktara; plangu taga tõstab ekskavaator süvendist mulda välja ja uute väravate juurde saabuvad autod telliskivikoormatega.

Selgub, et on alanud maja või tehase ehitamine.

Aga võib-olla on piki seda joont, mida mööda veeti teraslinti, hakatud nüüd kaevama kraavi veetorustikule, püstitama telegraafi-poste või asfalteerima maanteed.

Te muidugi taipate, et need salapärased inimesed, kes tookord vaatlesid pikksilmaga ja pingutasid linti, mõõtsid midagi tulevaste ehituste tarvis.

Neid inimesi nimetatakse topograafideks ja geodeetideks.

Lugedes läbi selle raamatu, saate teada, kuidas nad mõõdavad, miks vaatlevad pikksilmaga ja milleks on seda kõike vaja.

MIS ON TOPOGRAAFIA

Te teate muidugi, et Maa on kera, õigemini — kera, mis pooluste kohalt on pisut kokku muljutud. Te teate samuti ka seda, et geograafiline kaart on kas kogu maakera või tema üksiku osa mitmekordselt vähendatud kujutus paberil, tasapinnal.

Võtke pool apelsinikoort ja püüdke seda vastu lauda tasaseks vajutada. Teil ei õnnestu see kuidagi: koor kas jääb endiselt kummi või rebenevad tema servad. Kui maakera pind laotada tasapinnale, s. o. kui kujutada seda kaardil, siis kontuurid kindlasti moonduvad ja saadud kujutus ei ole kunagi täpne ega tõepärane.

Teadlased on välja töötanud palju viise maakera pinna kujutamiseks nii, et tekkinud moonutused poleks eriti märgatavad ja kaarti oleks mugav kasutada.

Teadust, mis uurib, kuidas mõõta Maad või tema suuremaid osi ja kujutada neid kaardil, nimetatakse kõrgemaks geodeesiaks.

Nüüd aga asetage lauale õige väike, küünesuurune tükikene apelsinikoort. Ta on sedavõrd väike, et lebab laual täiesti lamedana.

Seepärast, kui kujutatakse väikest Maa osa, kuni 20 kilomeetrit pikk ja niisama palju lai, siis võib seda julgesti võtta tasapinnana ja ebatäpsus on sel juhul üsna tühine.

Maa väikese osa kujutust, kui seda osa võetakse seejuures tasapinnana, nimetatakse plaaniks ja teadust, mis uurib, kuidas teostada plaanistamist, see tähendab Maa selliste väikeste osade mõõtmist ja kujutamist paberil, nimetatakse geodeesiaks.

Mis on aga topograafia?

Kõige sagedamini mõistetakse topograafia all seda osa geodeesiast, mis uurib, kuidas kujutada maapinna osa paberil.

Geodeedid teostavad oma instrumentidega maastikul vajalikud mõõtmised, siis tulevad aga topograafid ja valmistavad nende eesalgsete mõõtmistulemuste alusel sellest maastikust plaani. Sageli töötavad nii geodeedid kui ka topograafid ühtede ja samade instru-

mentidega. Need erialad on nii lähedased, et ma ei hakka neid edaspidi enam eraldama, ja mainides topograafe mõtlen nende all tavaliselt ka geodeete.

PISUT AJALUGU

Egiptus asetseb kitsa vöötmena piki Niiluse jõge. Eemal laiub liivakõrb. Põlluharimiseks kõlbab seal ainult see pinnas, mida igal aastal niisutab Niiluse suurvesi. See-eest paistab ta aga silma suure viljakuse poolest. Alates muistsetest aegadest oli kogu see territoorium jaotatud üksikute maaomanike vahel. Igal maavaldajal oli tarvis kindlaks määrata oma maatüki piirid ja need tähistada, see tähendab asetada kõikidesse nurkadesse postid. Riigil aga pidi teada olema üksikute maatükkide täpne suurus, et võtta maavaldajailt makse.

Maatükkide mõõtmiseks, nende pindalade ja piiride kindlaks määramiseks sündiski tol ajal geodeesia (topograafia) koos oma lihase õe — geomeetriaga. Seda teadust tundsid ainult preestrid ja nad kasutasid seda riigi ja rikaste maavaldajate huvide kaitseks.

Vana-Kreeka ajaloolane Herodotos kirjutas Egiptuse vaarao Ramses II kohta, kes elas üle kolme tuhande aasta tagasi, järgmist:

«Mulle jutustati, et kuningas Sesostris (nii hüüdsid kreeklased Ramsest — S. G.) viis läbi maaajaotuse... Vastavalt maatükkide suurusele võeti nende valdajailt igal aastal makse. Kui Niilus ujutas üle kellegi maatüki, pöördus kannatanu kuninga poole ja kandis temale ette juhtunust. Siis saatis kuningas sinna maamõõtjad, kes mõõtsid, kui palju vähenes maatükk, ja vastavalt sellele vähenesid ka maksud.»

Nagu näha, seisis topograafia juba neil aegadel küllalt kõrgeel tasemel.

Väljakaevamistel muistse Assüüria-Babüloonia lõunaosas leitud väepealiku raidkuju kindluse plaaniga käes räägib sellest, et juba tol ajal rakendati topograafiat ka sõjaasjanduses.

Vanas Kreekas ja Roomas mõõtsid topograafid-maamõõtjad maad, määrasid kindlaks valduste vahelisi piire ja püstitasid piiritähiseid. Maamõõtja elukutset loeti väga tähtsaks ja austavaks. Kuni tänapäevani leitakse Itaalias Vana-Rooma ajast pärinevaid piiritähiseid-kiviposte, mõnikord jumal Mercuriuse peakujuga.

Aastat kolmsada tagasi Venemaal topograafiat kui teadust veel ei eksisteerinud, küll aga püstitati pärusmõisate piiride käänupunktidesse juba poste. Ümber postide käevati sügavad kraavid, kuhu maeti mittekõdunevaid esemeid, näiteks kive, konte ja sütt. Tol ajal ei osatud veel plaane valmistada, vaid koostati antud maatüki piiride üksikasjalikud kirjeldused, nõndanimetatud «maksuobjektide katastrid».

Näitena olgu toodud väljavõte tsaar Fjodor Aleksejevitši aegsest maksuobjektide katastrist (1680. aastal):

«Aga jändrikust kasest vasakule, Staritski tee suunas on tee

ääres post, tema peal on piirimärk, posti vastas on auk, augus on punane kivi ja kondid — lehmade pealuud, aga piiripostist põllupeenart mööda kuni haralise männini, mille peale on tehtud piirimärk, on männi vastas auk, augus on kaks sinist kivi ning söed, üks kivi on tähniline, aga kui männi juurest minna üle tee Grišutina külasse otse kuuse suunas...», jne.

Taolisi raamatus kirjeldatud piire nimetati «katastripiirideks».

Tsaarivalitsus kaitses alati kindlalt suurmaaomanike huvisid. Esitame näitena seaduse teksti tsaar Aleksei Mihhailovitši ajast (1649. aastal):

«Kes riigi-, pärus- või teenusmõisa maa-alal piiripeenart rikub, piiritulba välja kaevab, augud kinni ajab või maa üles künnab, see otsitakse üles ja antakse kohtu alla kui kurjategija, kusjuures rikutud piiripeenral peksetakse teda halastamatult nuudiga. Nuudiga pekstu heidetakse nädalaks ajaks türmi.»

Augud võisid aja jooksul tasanduda ja postid kõduneda. Mõned mõisnikud leidsid küllaltki usaldatava mooduse piiride taastamiseks: kui püstitati piiriposte, siis püüti poisikesi-pärisorje ja peksti neid posti juures halastamatult nuudiga, et neile jääks see koht eluajaks meelde ja nad võiksid isegi raukadena näidata, kus seisis piiritulp.

Kuni XVIII sajandini valmistati Venemaal kaarditaolisi «joo-niseid» maa üksikute osade kohta, kuid need olid koostatud ilma igasuguse matemaatilise aluseta ega sarnanenud praeguste kaartidega.

Tsaar Peeter I oli esimene venelane, kes teaduslikult huvitus nii Venemaa geograafiast kui ka topograafiast, ja huvitus mitte ainult teoreetiliselt, raamatulikult, — ei, hollandlase Cruys'i juhendamisel teostas ta 1696. aastal Vene-Türgi sõja ajal ise mõõdistamist piki Doni jõge.

1701. aastal avas Peeter I Moskvas «Matemaatiliste ja Navigatsiooniliste teaduste kooli», kus õpilastele õpetati ka geodeesiat ja kartograafiat. Õppejõuna töötas seal suurepärane vene matemaatik Leonti Magnitski. Hiljem, 1715. aastal, rajati Peterburis Mereakadeemia, mis valmistas ette ka geodeete.

1719. aasta 9. detsembri ukaasis kirjutas Peeter I: «Kes õppisid akadeemias (Mereakadeemias — S. G.) geodeesiat ja geograafiat, need saata kubermangudesse maakaarte koostama, aga palk anda neile vastavate kubermangude sissetulekutest.»

Peeter I saatis geodeete-topograafe kõikidesse Venemaa nurkadesse. Spetsiaalsete instrumentidega määrasid nad enam-vähem täpselt kindlaks mitmesuguste linnade asukoha (nende geograafilise laiuse ja pikkuse) ja koostasid üksikute kubermangu kaardid.

Suure teadusliku tähtsusega olid geodeetide J. Jevreinovi ja F. Lužini tööd, kes sõitsid a. 1719—1722 Tobolskist Ohhoota mere- ning edasi Kamtšatkale ja Kuriili saartele. Just need tagasihoidlikud geodeedid Jevreinov ja Lužin, määrates mitmesuguste

punktide geograafilise laiuse ja pikkuse, koostasid esimestena Siberi ja Kaug-Ida kaardi.¹

Hilisemad kaardid (XVIII sajandi teisel poolel) hämmastavad oma täpsusega ja selle kohusetundlikkusega, millega oli kogutud ja kriitiliselt läbi töötatud palju mitmesugust kartograafilist materjali. Kaartide koostamist juhendas suur vene teadlane Mihhail Vassiljevitsš Lomonossov, kes oli tol ajal geograafia departemangu eesotsas.

TOPOGRAAFID JA PÖLLUMAJANDUS

Kapitalistlikes maades tegelevad topograafid pidevalt eramaade piiristamisega, see tähendab mõõdetavate maa-alade piiride ja pindalade kindlaksmääramisega. Nendele küsimustele pööratakse palju tähelepanu nii välismaistes kui ka vanades vene topograafiaalastes raamatutes.

Topograafe, kes töötasid tsaari-Venemaal põllumajanduses, nimetati maamõõtjateks.

NSV Liidus nimetatakse selliseid topograafe nüüd maakorraldajateks.

Sõnad oleksid nagu sarnased, kuid nende mõiste on sügavalt erinev.

Maamõõtja, kes määras kindlaks mõisamaade piire, kaitses tahes-tahtmatult ekspluataatorite huvisid.

Maakorraldaja töö on hoopis teiselaadiline. Topograafid-maakorraldajad võtsid laialdaselt osa meie sotsialistliku põllumajanduse organiseerimisest. Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni aitasid nad jagada kogu mõisnikelt äravõetud maa talupoegade ja äsjaorganiseeritud sovhooside vahel. Selleks koostasid nad endiste mõisamaade plaanid, jaotasid seejärel pliiatsi, sirkli ja joonlaua abil need plaanid osadeks ning kandsid uued piirid plaani järgi maastikule, asetades kõikidesse nurkadesse postid sisepõletatud märgiga — Nõukogude Vabariigi vapiga.

Hiljem, kui algas talupoegade massiline astumine kolhoosidesse, tegid maakorraldajad ära suure töö kolhoosipiiride kindlaksmääramisel.

Kui maa kinnistati kolhoosidele igaveseks kasutamiseks, valmistasid maakorraldajad nende maade plaanid.

Pärast kolhooside ühinemist kerkisid maakorraldajate ette uued ülesanded. Oli vaja koostada kolhoosimaade plaanid ja nende plaanide põhjal jaotada maa külvikordade järgi osadeks. Seda tööd teostasid maakorraldajad koos agronoomidega.

¹ Jevreinovi ja Lužini retke üksikasjalik kirjeldus on antud O. A. Jevtejevi huvitavas raamatus «Первые русские геодесисты на Тихом океане». Географиз, М., 1950.

1822. aastal loodi sõjaväe topograafide korpus, mille sõdurid ja ohvitserid XIX sajandi jooksul valmistasid järk-järgult täpsed kaardid Venemaa suurte alade kohta.

Samal ajal, XIX sajandil, organiseeriti Kropotkini, Potanini, Prževalski, Semjonov-Tjan-Šanski ja paljude teiste juhtimisel ekspeditsioone Venemaa kaugetesse ääremaaadesse.

Seni uurimata alasid — valgeid laiike — jäi üha vähemaks. Ükski neist maadeuurijaist polnud ainult topograaf, vaid nad olid ka zooloogideks, botaanikuiks ja geoloogideks: nad kogusid loomade, taimede ja maapõuevarade kollektsioone.

Võib-olla olete te lugenud väljapaistva Kaug-Ida ränduri V. Arsenjevi raamatuid «Dersu Uzala» ja «Ussuuri krai ürgmetsades».

Arsenjev oli sõjaväe topograaf. Tõsi küll, ta räägib neis raamatutes vähe oma reiside põhiülesandest — sellest, et ta koostas seni tundmatute territooriumide kaardid.

Armees on kaart kõigile vajalik — alates ülemjuhatajast kuni jaokomandörini. Ka sõdur, kes on saanud eriülesande, on varustatud kaardiga.

Kaartide järgi töötatakse välja sõjalised operatsioonid ja uuritakse maastiku iseloomu, määratakse kindlaks lennuväe marsruudid ja märgid kaugelaske-suurtükiväele. Vaadates polkude ja diviiside asukohti tähistavate lipukeste, ringikeste ja ruudukestega märgitud kaarti, näeb armeekomandör selgesti, kus milline väeosa asub, kus on vaenlase nõrk koht, kust alata pealetungi, kuhu paisata vägesid jne.

Nõuded sõjaväekaartide suhtes on väga suured. Sõjaväekaardid peavad olema täiesti laitmatud. Mitte asjatult ei räägita, et kaart — see on armee silm.

Ajalooost me tunneme järgmist fakti. Suurel vene väejuhil Suvorovil oli austerlaste poolt koostatud Šveitsi kaart, kus oli selgesti ära märgitud tee piki Vierwaldstätteni järve kallast. Suvorov kavatses oma väed viia seda teed mööda. Kui aga venelased jõudsid järveni, nägid nad tee või isegi jalgrajakese asemel ainult püstitatud vette langevaid kaljusid.

Teed edasi ei olnud. Olukord osutus äärmiselt raskeks. Taganeda? Ei, Suvorov ja tema imevägilased polnud harjunud taganema. Vaadates sõduritele, andis Suvorov käsu — alustada ülesronimist mööda Alpide järsku nõlva.

Üleiniimlike pingutuste hinnaga ületasid vene väed selle takistuse ja laskusid prantslastele ootamatult naaberorgu.

Veel üks juhus, mida kirjeldas A. Kuprin oma jutustuses «Sirelipõõsas».

Noor ohvitser Almazov valmistus astuma Kindralstaabi Sõjakakadeemiasse. Kaks aastat järjest kukkus ta vastuvõtueksamitel

läbi. Lõpuks, kolmandal aastal, sooritas ta eksamid kõikides ainetes. Jäi ainult viimane — sõjatopograafia.

Almazov teostas õnnelikult mõõdistamise ja lõpetas juba plaani joonestamist, kui tegi äkki rohelise värviga otse joonise keskele plekikese. Almazov oleks pidanud katsuma plekki kuidagi viisi kõrvaldada, kuid pikemalt mõtlemata võttis ta ja tegi sellest plekikesest põõsa ning esitas plaani järgmisel hommikul professorile.

Professor oli andnud selle maakoha plaani valmistada kõigile eksamineeritavatele ohvitseridele ja tundis seetõttu maastikku väga hästi. Ta pööras kohe tähelepanu ebaõigele märgile ja avaldas kahtlust põõsa olemasolus. Almazov püüdis aga tõestada, et põõsas on tegelikult olemas. Nende vaidlus lõppes sellega, et professor tegi ettepaneku sõita järgmisel hommikul kohapeale ja kontrollida plaani. Almazov tuli koju täiesti löödult ja jutustas naisele, millisesse täbarasse olukorda ta on sattunud — et mingisuguse põõsa pärast varisevad kokku kõik tema unistused akadeemiast.

«Kõige nurjatum pedant, kes üldse on elanud maailmas!» — nii nimetas halvas tujus olev Almazov professorit.

Naine otsustas aidata ebaõnnest kiusatud meest.

Õhtul läksid abikaasad lilleärrisse, ostsid sealt sirelipõõsa, kuna muud ei olnud, ja istutasid selle järgmise päeva varahommikul maastikul vastavale kohale.

Kõik lõppes õnnelikult. Veendudes, et see põõsas on tõepoolest olemas, vabandas professor end oma mälunõrkuse pärast Almazovi ees ja õnnitles teda edukalt sooritatud eksamite puhul. Almazov astus Sõjaakadeemiasse.

Analüüsime seda jutustust nüüd aga topograafia seisukohalt.

Ei, professor polnud pedant, kui ta noris mingisuguse põõsa pärast.

Kujutlegem, et sõja ajal satub kaart, kuhu on joonestatud olematu põõsas, ohvitseri kätte. Kusagil eespool, ülesküntud põllu taga, varjab end vaenlane. Ohvitser teab seda hästi. Ta uurib tähelepanelikult kaarti ja tema pilk peatub põõsal.

Kutsunud enda juurde seersandi, käsib ta sellel võtta positsioon sisse põõsast natuke vasemal.

On ilmne, et seersant, rutates täitma temale antud ülesannet, eksib kindlasti teelt ja satub raskesse olukorda.

Minu praktikas oli selline juhus.

Täiesti üksluises ja ühetasases Astrahani stepis sattusin ma küladest eemale ja mul õnnestus kaardil määrata oma asukoht ainult ühe põõsa järgi, mida topograaf polnud unustanud kaardile kanda.

Nagu näha, omab niisugune üksikult asetsev põõsas väga suurt tähtsust. Väikesed, kuid iseloomulikud esemed (üksikud põõsad, puud, kurgaanid, suured kivid jms.) paistavad avamaastikul kaugelt. Leidnud need kaardil, võib kergesti otsustada, kus sa asud, või, nagu räägivad topograafid, kergesti maastikul orienteeruda. Neid esemeid nimetatakse orientiirideks.

Kui te seletate, kuidas minna mingisugusesse külla, nimetate te mitmesuguseid silmapaistvaid tähiseid tee ääres. Te räägite umbes nii: «Mine mööda suurt teed, kuni jõuad kuivanud puuni, siis pööra paremale, kus näed suurt kivi; sealt mine mööda jalgrada vaskule...» Kuiv puu ja kivi on teel kõige iseloomulikud ja silmatorkavamad orientiirid.

Kas mäletate, et me rääkisime XVIII sajandi maksuobjektide katastritest? Augud lehma-pealuude ja kividega ning jändrikud kased olid seal orienteerimismärkideks, millede alusel määrati kindlaks ja otsiti üles antud maavalduse piir.

Sõjaväe topograaf püüab kõikjal leida seesuguseid silmatorkavaid esemeid. Metsas märgib ta näiteks ära isegi sipelgapesad ja lõkketule aseme.

UURIJAD

Garin-Mihhailovski raamatut «Tjoma lapsepõlv» tunnevad väga paljud, vähem tuttavad on tema kaks teist raamatut — eelmise järge: «Gümnaasistid» ja «Üliõpilased», ning peaaegu täiesti tundmatu on viimane, tõsi küll, lõpetamata jäänud osa — «Insenerid».

Garin-Mihhailovski polnud üksnes kirjanik, vaid ka andekas teedeinsener. Ta töötas palju uurimistöödel raudteede rajamise tarvis, eriti Siberis. Koos mõne tehniku ja töölisega raius ta sihid taigasse, valis — uuris välja — sobivaima tee või, nagu öeldakse, trassi, tulevasele raudteeliinile Tjumen—Omsk—Irkutsk.

Mitte üksnes topograafid (geodeedid) pole uurijad. Neile on lähedased raudteetrasside rajajad, kes töötavad samade instrumentidega. Uurimisega-otsimisega tegutsevad geoloogid, hüdroloogid, botaanikud, mullateadlased, metsateadlased — ühesõnaga kõik, kes looduses — maa peal ja maa all, vee peal ja vee all — midagi otsivad. Tavaliselt võtavad need uurijad-otsijad enestega kaasa ka topograafe, sest neil kõigil tuleb teha tegemist plaani ja kaardiga.

Sageli sõidavad topograafid uurimistöödele eraldi. Neid võib olla kaks, kolm ja rohkem inimest. Mõnikord sõidab korraga viiskümmend inimest, mõnikord isegi mitusada. Kõik sõltub uurimistööde mahust ja tähtsusest. Olenevalt osavõtjate arvust räägitakse «uurimissalkadest», «uurimisgruppidest» või «ekspeditsioonidest».

Ma ise olen töötanud topograafina peaaegu veerand sajandit. Tahaksin jutustada siin oma esimestest uurimistöödest. 1930. aastal sõitsin ma uurimisgrupi koosseisus Põhja-Kaukaasiasse. Tol ajal olid Maikopi naftatööstusettevõtted alles arenemise ajajärgus. Ja seal mäenõlvadel, kus praegu seisab terve naftapuurtornide mets, kuhu on kasvanud mitu linna ja asulat, kuhu on ehitatud uusi raudteid ja maanteid, asusid sel ajal veel pimedad laaned.

Meid oli mitu noort tehnikut. Me peatusime mäejalamil, kasakastaniitsas ja möödistasime tulevaste naftatööstusettevõtete, elamu-

rajoonide ning elektrijaamade territooriume. Järk-järgult eemaldusime kodust, tuli asuda telkidesse, mida me aeg-ajalt transportisime teise kohta. Huvitav ei olnud üksnes töö värskes õhus, vaid ka muud toimingud — toidukeetmine lõkketulel, küttimine ja õhtused laulud ning mängud.

Meie uurimisgrupi ülemaks oli seitsmekümneaastane insener V. Sahharov, kes terve oma eluaja oli töötanud uurimistöödel.

Meie, noored, kartsime teda väga. Ta nõudis meilt töös täpsust, korralikkust ja puhtust ega sallinud üldse, nagu ta väljendas, «libedaid» vastuseid. Kui me õhtuti staniitsasse tagasi saabusime ja ta küsis, kui palju on tehtud, oli vaja lühidalt, sõjaväeliselt raporteerida, iga numbrit selgesti hääldades: «Niipalju ja niipalju...»

Häda sellele, kes vastas näiteks nii: «Jah, vaadake, ma täpselt ei tea, näib, et umbes niipalju...»

Saabusid talvekülmad. Talvel lumetormis oli raske töötada — väljal ei tulnud ju ainuüksi märkmeid teha, vaid tuli ka joonestada ja instrumendi metallist kruvisid keerata.

Sahharov õpetas meid külmaga harjuma, ja töötades nüüd iga-suguse ilmaga (iseenesest mõista soojalt rietatult), meenub mulle tema halastamatu, kuid samaaegselt isalik suhtumine meis.

Ükskord küsis Sahharov minult midagi töö kohta ja mul puudusid mõningad ülestähendused — kas ei mõõtnud ma mingisuguse talumaja laiust, või unustasin mõõtmast selle pikkuse.

«Noh, aga siin tuleb fantaseerida,» ütlesin mina.

«Tulge siia!» kuulsin ma Sahharovi ähvardavat häält. «Te olete ju topograaf. Kes andis teile õiguse fantaseerida?»

Minutit viisteist tegi ta mulle niisugust peapesu, et seda meenutades jooksevad mul veel praegugi judinad üle selja.

Järgmisel hommikul rappusin ma vankris oma versta viisteist — Sahharov saatis mind selle õnnetu talumaja laiust mõõtma.

Kas ei sarnane see Kuprini sirelipõõsaga?

Uurijad — topograafid, geoloogid ja paljud teised — tulevad esimestena süngesse taigasse, ronivad vaevaga ligipääsmatutele mäetippudele ja hakkavad esimestena vallutama neid läbimatu alasid. Mul tuli kord külastada neid kohti, kus ma kunagi olin kõrgel kaljul näinud suurepärase põtra — ja ma avastasin taiga asemel terve linna raudtee, maantee, elektrivalgustusega...

Nüüdki veel on säilinud palju mahajäetud maa-alasid nii Siberi taigas ja Kaug-Ida tundrates kui ka Tjan-Sani mägedes. Uurimisgrupid tungivad hobustel sellistesse kolgastesse, kus välismaailmaga saab ühendusse astuda ainult väli-raadiosaatejaama abil.

Uurijad peavad olema osavad laskurid ja jahimehed, oskama hästi ronida järskudel kaljudel, ratsutada ja sõita lootsikuga. Nad peavad kergesti taluma nii polaarjoonetaguseid lumetorme kui ka Karakumi veeta kuumust.

Soovitan teil läbi lugeda geodeet G. Fedossejevi huvitava raa-

matu «Me liigume mööda Ida-Sajaane»¹, milles kirjeldatakse uurimisgrupi elu ja seiklusi 1938. aastal Sajaani mägedes.

Enam kui kahekümne aasta jooksul olen ma Nõukogude Liidu risti-põigiti läbi sõitnud ja igal oma reisul leidnud midagi uut, mulle tundmatut, ükskõik millisesse näiliselt tagasihoidlikku ja igapäevasesse nurgakesse ma ka ei sattunud. Matkade ajal on muidugi vajalik mitte ainuüksi oma tööst huvituda, vaid ka ümbruskonnas ringi luusida ja rännata, vaadata, kuidas elavad kohalikud inimesed ja millega nad tegelevad; tuleb tutvuda ka selle maakoha või linna ajalooga, kuhu teie töö on teid paisanud.

ТОПОГРААФИД ЕХИТУСЕЛ

Kogu ettevalmistustöö raudteede ja maanteed, metroode, sildade, kanalite ehitamiseks, maa kuivendamiseks ja niisutamiseks, merede ja jõgede lootsikaartide koostamiseks, nii hiigelsuurte kui ka väikeste tammide, hüdroelektrijaamade, veetorustiku, kanalisatsiooni, tehaste, sadamate, kaide ja kaevanduste ehitamiseks, metsavööndite istutamiseks, metsakvartalite planeerimiseks ja lõpuks linnade ehitamiseks teostavad topograafid. Nad annavad vajalikud kaardid, plaanid ja arvud, millele alusel koostatakse ehituste projektid, ja nad võtavad kõige elavamalt osa ka ehitamisest enesest.

Topograafid tulevad esimestena asustamata kohale ja lahkuvad, kui ehitustööd on lõpule viidud.

Oletame, et geoloogidest koosnev uurimisgrupp avastab meie maa kõrvalises kolkas mingisuguse uue maardla. Geolooge saadavad topograafid, kes kannavad selle maardla üldjoontes kaardile. Seejärel sõidab kohale spetsiaalne geodeetidest (topograafidest) koosnev uurimisgrupp või isegi terve ekspeditsioon ja alustab juba maakoha üksikasjalikku plaanistamist. Üksikud grupid raiuvad kitsaid metsasihte — tulevase raudtee, tulevase maantee, elektri- ja sideliini, veetorustiku jne. trasse.

Topograafide poolt valmistatud plaan viiakse hiljem Moskvasse või mõnda teise suurde linna ja joonestatakse seal tušiga ümber. Selle plaaniga tegelevad mitmesugustel erialadel töötavad projekterijad. Nad kannavad plaanile ruudukesed, mis tähistavad tulevaste kaevanduste, elektri- ja saeveskite, tellise- ja muude abitehaste asukohti, tõmbavad iga ehituse juurde raudteid kujutavad mustad jooned, märgivad ära teede suunad ja kusagile kõrvale jõe-äärde sisse paigutavad ruudukeste kindlad read — tulevase linna.

Ja jälle ilmuvad topograafid, nüüd juba koos ehitajatega, ja asetavad postid projektile vastavalt tulevaste ehituste nurkadesse ning piki tulevase teid. Ehitajad püstitavad hooneid ja nendega koos

¹ Г. Федосеев. Мы идем по Восточному Саяну. Изд. «Молодая гвардия», М., 1952 г.

töötavad alati ka topograafid. Viimased näitavad kuni sentimeetrilise täpsusega, kui sügavaks tuleb kaevata vundamendisüvend, kui kõrgeks ehitada hoone seinad, kui kõrgele ehitada põrandad, kui sügavale asetada vee- ja kanalisatsioonitorud, kuhu kaevata süvendid tulevase raudtee jaoks ja kuhu rajada raudteetamm.

Topograafilisi uurimistöid teostatakse ka tulevaste hüdroelektrijaamade ehitustandreil, kus valmistatakse maakohast üksikasjalik plaan, märgitakse ära tulevaste kanalite trassid, raudteede kõrvalharud ja kõrgepingeliinid. Hulgaliselt uurimistöid teostatakse tulevaste veehoidlate territooriumil. On vaja täpselt määrata mitte üksnes veehoidlate mõõtmed, vaid ka nende ruumala; on vaja püüda üleujutatav territoorium postidega, et teada, kus tulevad ehitused lammutada ja kus mets maha raiuda.

Mõnikord ei peeta kinni tavalisest reeglist — esmalt uurimistööd, siis projekteerimine ja seejärel ehitamine. Tihti teostatakse uurimistöid üheaegselt ehitamisega ja ehitajad saavad andmeid uurimisgruppidele sõna tõsisel mõttes käigu pealt.

Hüdrotehniliste ehituste rajamisel tuleb üksikute detailide (näit. lüüsi väravate kandetapid) monteerimine teostada millimeetrilise täpsusega; sellist täpsust võivad saavutada ainult geodeedid, kes on varustatud kõige täiuslikumate instrumentidega.

Turkmeenias, Usbekistanis ja Tadžikistanis juhitakse jõgedest vett põldudele arõkkide¹ kaudu.

Amu-Darja, Sõr-Darja ja teised Kesk-Aasia jõed voolavad väga kiiresti, seepärast ehitatakse nende kallastele spetsiaalsed vee-tõkked, mis peavad kinni osa vett ja juhivad selle arõkkidesse, kus vesi voolab aeglasemalt kui jões. Nendest paararõkkidest jaotatakse vesi sulgurlüüside abil väiksematesse arõkkidesse ja viimaste kaudu juhitakse juba põldudele ja aedadesse.

Igas kolhoosis on oma spetsialistid, miraabid, kes juhivad vee jaotamist põllu üksikutele osadele. Varem tehti kõike seda silma järgi, selliseid suuri kanaleid aga, nagu J. V. Stalini nimeline kanal Fergana orus (Usbekistan) ja Vahši kanal (Tadžikistan), siis veel ei ehitatud.

Nüüd, seoses üleminekuga uuele niisutussüsteemile, osutub uute arõkkide ehitamine ilma topograafide osavõtuta lihtsalt võimatuks. Topograafid märgivad rangelt ja täpselt, kus ja millise tasemeni tuleb kaevata, et vesi ei voolaks liiga aeglaselt ega ka üleliia kiiresti. Väikeste niisutuskanalite võrgu asemele, mis jaotasid põllud ja aiad pisikesteks ribadeks, tõmbavad topograafid nüüd palju harvemini asetatud ja palju suuremad arõkid. Peenardele vahetult vett andvaid väikesi arõkke säilitatakse ainult kui ajutisi niisutajaid; igal aastal tasandatakse nad künnitööde ja viljalõikuse ajal traktorite ja teiste põllutöömasinatega ja igal aastal kaevatakse nad spetsiaalsete kraavikaevamismasinade poolt uuesti.

Ka soode kuivendamine toimub topograafide osavõtul. Valge-

¹ arõkk — niisutuskanali nimetus Kesk-Aasias. Tõlk.

vene jõed, näiteks Pripjat, Berezinaa ja tema lisajõed, voolavad väga aeglaselt ning nende kaldad on madalad. Siin on ohtlik kaevata kuivenduskanaleid silma järgi — äkki ei hakkagi vesi kanalis voolama, vaid seiskub. Ja vastupidi, kui kanal on kaevatud suure kallakuga, siis voolab vesi temas algul üleliia kiiresti ja uhub puruks kanali seinad, aga hiljem, jõudnud jõeni, võib juhtuda, et jõgi voolab kanalisse.

Niisuguseid ebameeldivaid juhtumeid varem esines, kui kanaleid kaevati veel silma järgi.

TOPOGRAAFID LINNADES

Linnas, eriti aga Moskvas töötamiseks peab topograafil jätkuma palju kannatust.

Topograaf sihtis välja oma instrumendi, tahtis teha just lugemi, kui äkki kaks tütarlast varjasid tal tee. Nad vestlevad lõbusalt millestki ega aima, et sada meetrit neist eemal seisab inimene ja pomiseb omaette:

«Tütarlapsed, kullakesed, astuge kas või pool sammugi kõrvale!»

Viimaks ometi astusid tütarlapsed kõrvale. Vaevalt jõudis topograaf kummarduda pikksilma kohale, kui äkki jäi keset kõnniteed seisma tüse mõtliku ilmega meeskodanik, seejärel aga varjas kogu vaatevälja auto...

Moskva peatänavatel saavad topograafid töötada ainult hommikuti, koidu ajal.

Kas teate, et suurte linnade plaanid on nii üksikasjalikud ja täpsed, et neile on kantud ilma erandita mitte ükski kõik majad väljaehitiste, eeskodade ja treppidega, kõik kaevud ja plangud, vaid ka iga üksik puu aedades, puisteedel ja tänavail on märgitud täpselt oma kohale? Moskva plaan on nii suur, et liimides selle üksikud osad kokku, mahub ta vaevalt Moskva kõige suurema saali põrandale. Ja kõik need plaanid on topograafide kätetöö.

Suurte linnade tänavail ehitatavad majad püstitatakse alati vanade majade joonest mõnevõrra tahapoole. Seda tehakse seepärast, et hiljem, kui väikesed vanad majad lammutatakse, muutuks tänav laiemaks. Arhitektid nimetavad seda tulevaste tänavate joont punaseks jooneks, kuna see tõmmatakse plaanile punase tušiga. See kulgeb mõnikord isegi risti üle olemasolevaid vanu ehitusi tähistavate ruudukeste. Topograafide ülesandeks on see punane joon enne uue hoone ehitamist suure täpsusega vastavale maa-alale üle kanda.

Kui te olete moskvalane, siis tuleb teil võib-olla kunagi Sverdlovi väljakul otsida vihma eest varju Suure Teatri portikus. Pange tähele, kui kiiresti voolavad veenirekesed mööda asfalti, sattudes lõppude lõpuks spetsiaalsete luukide kaudu Neglinnaja jõkke, mille olemasolu moskvalased on juba ammu unustanud, kuid mis torusse suletuna jätkab siiski maa all voolamist.

Topograafid määrasid kindlaks, kus asuvad tänavad madalamal

ja kus kõrgemal. Saadud andmete põhjal koostati vee äravoolu projekt Moskva tänavailt luukidesse, luukide kaudu mööda torustikku maa-alustesse jõgedesse ja lõpuks Moskva jõkke.

Võtkem või Moskva metroo. Ka selle ehitamisest võtsid aktiivselt osa topograafid. Nad määrasid erinevaist šahtidest väljuvate tunnelite suunad, mis pidid omavahel kohtuma. Vaatamata sellele, et töö toimus pimedas maa all, ei juhtunud kordagi, et tunnelid poleks kohtunud. Kõrvalekaldumised ei tohi ületada siin sentiimeetritki.

B. Kellermann kirjeldab oma romaanis «Tunnel», kuidas Atlandi ookeani-aluse tunneli ehitajad, hakates seda kaevama kahest otsast — Ameerikast ja Euroopast, läksid teineteisest mööda. Kui Kellermann oleks tundnud geodeesiat, ta poleks nii kirjutanud.

Atlandi ookeani laius on umbes viis tuhat kilomeetrit. Kaas- aegne geodeetiliste tööde tehnika ja instrumentide kvaliteet on nüüsgune, et geodeedid oleksid lugenud tulemusi täiesti kõlbmatuiks, kui tunneliotsad oleksid teineteisest kas või mõne meetri võrra möödunud.

KUIDAS KAARDID VANANEVAD

Kaardid on kahjuks ainult lühikest aega laitmatud: nad muutuvad väga ruttu ebatäpseiks.

Igasugune maastik muutub vahetpidamatult. Meie maal, kus kõikjal toimuvad ehitustööd, teostuvad need muutused otse silmanähtavalt. Linnad kasvavad igas suunas, ehitatakse laiu maanteid, kuivendatakse soid, kõige mahajäänumates kohtades tekivad uued kaevandused, uued asulad, uued tehased ja linnad...

Võrrelge kaht NSV Liidu kaarti: üht — kahekümnendatest aastatest ja teist — kaasaegset. Siniste lindikestena läbivad kaasaegset kaarti uued kanalid — J. V. Stalini nimeline Valge mere—Balti mere kanal, Moskva-nimeline kanal, V. I. Lenini nimeline Volga—Doni laevatatav kanal; on ilmunud uued veehoidlad — Moskva meri, Rõbinski veehoidla, Tsimljanski meri; on tekkinud uued linnad, nende hulgas sellised suured tööstuskeskused, nagu Magnitogorsk, Stalinsk, Zaporozje, Karaganda; on tõmmatud uued raudteeliinid.

Suured muudatused toimuvad meie kodumaa kaardil uute merede — Kuibõševi, Stalingradi ja Kahhovka — rajamisega. Seoses ülejutustega viiakse teisale palju külasid ja isegi mõned linnad.

Loodus muutub ka ilma inimkäte osavõtuta: jõed kannavad oma vooluga kaasa suured hulgad muda ja liiva, mis setivad deltas; seal moodustuvad järk-järgult uued saared ja maa tungib ikka kaugeemale merre; jõed uhuvad kaldaid, muudavad oma kulgu; mägedes toimuvad varisemised ja nõlvadelt varisenud kiviruosust tõkestatud jõed paisuvad järvedeks. Muudatused looduses ei toimu küll nii silmanähtavalt kui just lakkamatult.

On selge, et suurte ehituste rajoonides tuleb koostada uued kaardid, kuna tavalistes tingimustes piisab mõnikord vanade kaartide uuendamisest, kui neile peale kanda kõik toimunud muudatused. Niisuguste vanade kaartide kontrollimist maastikul nimetatakse kaartide rekognostseerimiseks.

Teine peatükk

MEIE TOPOGRAAFIA ÕPPETUNNID

TEEL KOOLI

Mulle meenub aeg, kui ma õppisin veel koolis. Koolimaja asus minu kodust kaugel. Ma käisin seda teed koos ühe poisiga ja me alati vaidlesime, milline tee on lühem, kas mäe alt, mööda aasa, või ülevalt mööda põldu. Kord rääkisime oma vaidlusest õpetajale.

«Aga te proovige järele,» soovitas õpetaja. «Mingu üks täna ülemist ja teine alumist teed kaudu ja lugege seejuures sammud ära; homme aga vahetage teed.»

Et me lugemisega ei eksiks, soovitas õpetaja kasutada järgmist arvutamisi: enne kooliteele asumist panime käed kuuetaskusse ja iga saja sooritatud sammu järel võtsime ühe sõrme taskust välja ning seejärel alustasime uuesti lugemist kuni sajani. Kui kõik kümme sõrme olid taskust välja võetud, siis tähendas see, et on käidud tuhat sammu. Seejärel avasime kuue ülemise nööbi, panime käed jälle taskusse ja hakkasime uuesti sõrmi ükshaaval välja võtma. Kui jõudsin kooli, olid mu kuuel kõik viis nööpi avatud.

Saime järgmised tulemused:

Minu mõõtmistulemused: ülemine tee — 5091 sammu, alumine — 5125 sammu.

Minu sõbra mõõtmistulemused: ülemine tee — 5338 sammu, alumine tee — 5371 sammu.

«Aga mispärast on meie sammudel niisugune erinevus?» küsisin ma õpetajalt.

«Sellepärast, et sa olid pikema kasvuga ja ka sinu samm on natuke pikem. Aga kui palju pikem, seda saame välja arvutada.» Ja õpetaja jutustas meile sammudest veel palju huvitavat.

Raudtee kõrvale on asetatud teatud vahemaa järel tulbakesed. On teada, et nende vaheline kaugus on täpselt 100 meetrit.

Seda vahemaad me mõõtsime sammudega kolm korda. Mina sain niisugused arvud: 143, 145, 147, keskmiselt seega 145 sammu.

Minu sõbral oli kahe tulbakese vaheline keskmine sammude arv 152.

Tähendab, minu sammu pikkus oli $100 : 145 = 0,69$ meetrit, minu sõbra sammu pikkus aga $(100 : 152)$ ligikaudu 0,66 meetrit.

Niisiis, koolimaja kaugus ülemist teed mööda on $5091 \times 0,69 =$

=3513; $5338 \times 0,66 = 3523$, see on keskmiselt 3518 meetrit. Kaugus koolimajani alumist teed mööda on $5125 \times 0,69 = 3569$; $5371 \times 0,66 = 3545$, see on keskmiselt 3540 meetrit.

Hiljem märkasime, et porisel teel, rohu sees, põllul, metsas ja samuti tõusul märke muutusid meie sammud lühemaks. Me mõttsime tulbakeste vahelist kaugust mitte üksnes raudteed mööda, vaid ka paralleelselt raudteega, rohu sees, kus meie sammu pikkus osutus natukenä väiksemaks.

Järgnevatel katsetel sammudega võtsime kõike seda arvesse, kusjuures kõikidel juhtudel, teades oma sammu pikkust, me arvutasime sammud ümber meetriteks.

Jätkame oma ülesannet. Kui jätame arvesse võtmata kõik koolivaheajad, puhkepäevad ja pühad, jääb järele 210—230 koolipäeva; nooremates klassides vähem, vanemates, eksamite tõttu, rohkem. Võtame keskmise — 220 päeva.

Ülemise ja alumise tee pikkuste vahe on 22 meetrit. Tähendab, kui te lähete kooli ja tulete koolist koju alumist teed mööda, pikeneb teie tee 44 meetri võrra. Aasta jooksul see teeb välja umbes 10 kilomeetrit, aga kümne aasta jooksul, mis te koolis käite — 100 kilomeetrit.

Vaadake, kui palju!

SILMA JÄRGI

«Mitu meetrit on selle puuni? Minu arvates viiskümmend.»

«No rohkem, mitte vähem kui kuuskümmend,» ütles minu kaaslane.

Me lugesime ära ja saime 38. Mina võitsin, sest ma arvasin märksa õigemini.

«Aga mitu meetrit on selle postini?»

Kumbki nimetas meetrite arvu, me lugesime jällegi sammud ja arvutasime need meetriteks ümber.

Silma järgi kaugusi määrata oli väga huvitav. Me tegime sellest toreda mängu, mille tulemusena meie igav koolitee möödus täiesti märkamatult. Järk-järgult me suurendasime määratavat kaugust ja omandasime peagi suhteliselt suure täpsusega silmamõõdu, eksides 200 meetri kohta 10—20 meetrit.

Kuid vaat, kus imelik lugu. Me määrasime kaugusi hästi päeva-valgel ja harjunud tingimustes — kui olime tasasel väljal või teel. Videvikus näisid aga kaugused meile hoopis suurematena. Samuti eksisime kauguste määramisel üle orgude, kus vahemaad näisid meile väiksematena. Ükskord õhtul nägime koolist tulles eespool tulelõket; püüdsime määrata kaugust selleni ja, nagu selgus, näis vahemaa meile umbes poole lühemana. Samasugune suur viga tekkis mul ka siis, kui tahtsin määrata silma järgi jõe laiust.

Siit tegime järelduse: silmadele harjumatu tingimuses, kus ese paistab kas liiga tuhmilt või liiga eredalt, või kui maastik meie ja

eseme vahel on teravate üleminekutega, tuleb esemete kaugust silma järgi määrata ettevaatlikumalt. Vaatluste tulemusena me koostasime niisuguse tabeli:

Millisel kaugusel saab täpselt eraldada järgmisi esemeid¹

Inimese silmad	kuni 100 meetrit
Riietuse üksikasjad	„ 200 „
Inimese nägu	„ 400 „
Jalgade liikumine	„ 500 „
Palitu värv	„ 600 „

See tabel kõlbab ainult sel juhul, kui inimene tuleb teile vastu. Topograafidel tuleb oma töös pidevalt määrata kaugusi silma järgi. Täpse silmamõõdu omandamiseks harjutab topograaf igati oma nägemist ja silmamõõtu, püüdes määrata postide, hoonete, pöösaste ning üksikute puude suurust ja värvust.

Ma soovitan teil, noored sõbrad, harjutada määrama kaugusi silma järgi. See on teie esimesi topograafia õppetunde, milliseid võib läbi viia nii linnas kui ka maal. Ma olen kindel, et see tegevus huvitab teid ja võib elus kasuks tulla isegi siis, kui te ei soovi saada topograafiks.

Nii on näiteks turistidel äärmiselt vajalik õppida kaugusi silma järgi hästi määrama. Armees on täpset silmamõõtu tarvis ühteviisi nii osavale laskurile kui ka taibukale luurajale.

SÖRMEST JA TULETIKUST

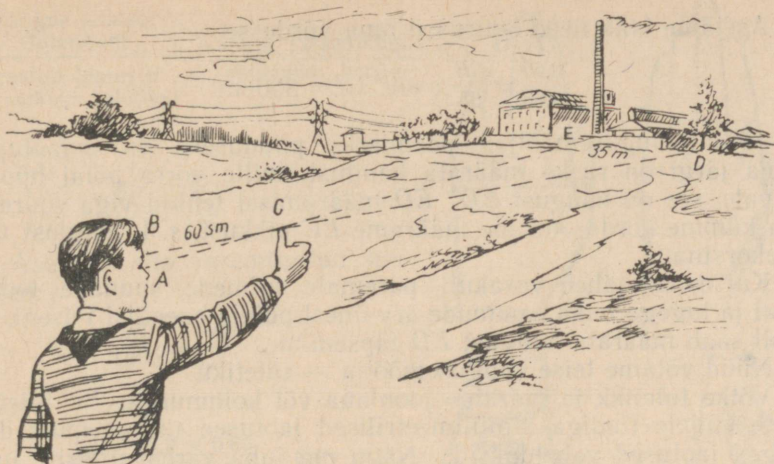
Et kiiresti ja enam-vähem täpselt määrata kaugust mistahes eemalasuvate esemeteni, kasutavad topograafid spetsiaalseid seadiseid ja instrumente, milliseid nimetatakse *k a u g u s e m õ õ t j a t e k s*. Enamiku kaugusemõõtjate, nii omavalmistatute kui ka vabrikus toodetute ehitus põhjeneb sellel, et enne peavad teada olema selle eseme mõõtmed, milleni tahetakse määrata kaugus.

Üheks lihtsamaks kaugusemõõtjaks on kahtlemata põial.

Oletame, et tahtsite teada saada, mitu meetrit on vabrikukorstnani.

Sirutage parem käsi otse ette, tõstke põial üles ja suunake see korsnale. Vaadake ainult parema silmaga. Nüüd, hoides põialt kogu aeg sirgena, sulgege ruttu parem ja avage vasak silm. Põial otsekui kargab sealjuures kõrvale. Pange tähele, ta kattis puu, mis asub teist umbkaudu niisama kaugel kui korstengi. Püüdke silma järgi määrata, mitu meetrit on vabrikukorstnast puuni. Meetrit 35,

¹ Nägemisvõime võib olla mitmesugune. Kontrollige, kas need arvud vastavad teie nägemisele. Kui ei, siis koostage mitmekordse sammudega mõõtmise põhjal endale teine tabel.



Te tahtsite teada, mitu meetrit on vabrikukorstnani.

mitte rohkem. Tähendab, teie juurest vabrikukorstnani on kümme korda rohkem — 350 m. Mispärast?

Tuletage meelde geomeetriat. Teil tekkis kaks võrdhaarset kolmnurka ¹: üks — kahest silmast ja pöidlasi (ABC), teine — pöidlasi, korstnast ja puust (CED); nad on sarnased ja me võime kirjutada järgmise võrde:

$$\frac{\text{kaugus silmast pöidlani}}{\text{silmade vaheline kaugus}} = \frac{\text{kaugus pöidlasi korstnani}}{\text{kaugus korstnast puuni}}$$

see on

$$\frac{AC}{AB} = \frac{CE}{ED}.$$

Täiskasvanud inimesel võrdub suurus AC , see on kaugus silmast väljasirutatud käe pöidlani, 60 cm-ga ja silmade vaheline kaugus (AB) — 6 cm-ga, olles seega eelmisest kümme korda lühem. See suhe on peaaegu jääv suurus.

Kooliealistel lastel on need mõõtmised vastavalt väiksemad ², kuid alati on AB umbes kümme korda väiksem kui AC .

¹ Kolmnurgad pole täiesti võrdhaarsed, sest lõigud CE ja CD on ainult ligikaudu võrdsed teineteisega. Kuid topograafia (geodeesia) — see on geomeetria praktikas, praktika aga lubab tihti mõningaid ebatäpsusi, kui need tulevad asjade kasuks.

² Pika joonlaua või mõõdurihma abil kontrollige neid mõõtmiseid enda juures.

Asetame kõik need suurused oma võrdesse:

$$\frac{0,60}{0,06} = \frac{CE}{35}; \text{ siit } CE = 350 \text{ m.}$$

«Pöial-kaugusemõõtja» peamiseks puuduseks on asjaolu, et silma järgi on raske määrata kaugust, mille võrra pöial hüppab kõrvale, see on kaugust ED . ED määramisel tehtud viga suureneb aga kümme korda, kui me määrame EC pikkust, s. t. kaugust vabrikukorstnani.

Kui eemal läheb vasakult paremale inimene, suunake temale pöial ja lugege tema sammude arv ühest pöidla asendist teiseni. Sel viisil saab määrata kaugust ED täpsemini.

Nüüd võtame teise kaugusemõõtja — tuletiku.

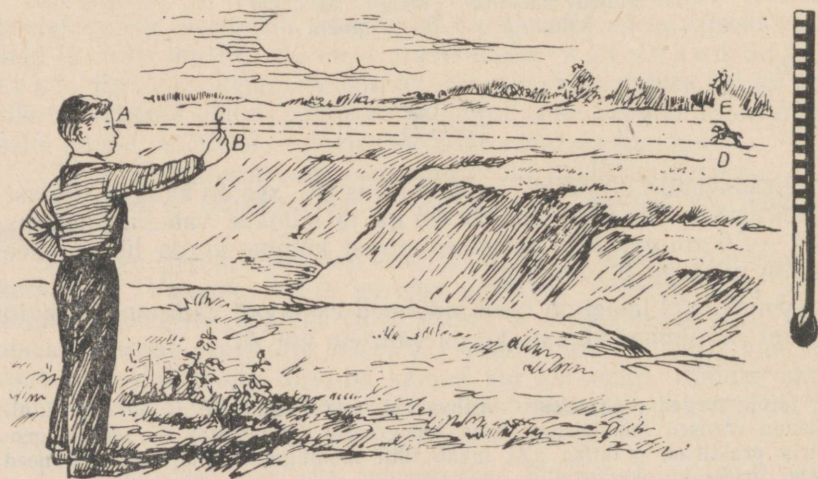
Võtke tuletikk ja märkige joonlaua või kolmnurga abil tuletiku ühele küljele tindiga 2-millimeetrilised jaotused nii, et mustad ja valged jaotused vahelduksid. Nagu ma juba varem ütlesin, tuleb sellise kaugusemõõtja kasutamisel teada nende esemete mõõtmeid, milleni on vaja kaugust määrata.

Anname siin mõnede esemete keskmised mõõtmed meetrites: inimese pikkus — 1,7, jalgratta ratta läbimõõt — 0,75, ratsaniku kõrgus — 2,2, telegraafiposti kõrgus — 8, ühekorruselise maja kõrgus (katust arvestamata) — 2,5—4,0.

Te nägite eemal ratsanikku, sirutasite käe ja suunasite temale tuletiku. Ratsanik kattis tuletikul parajasti ühe ristküliku, s. o. 2 millimeetrit.

Kui kaugel ta asub?

Pole raske näha, et saame jälle kaks sarnast kolmnurka — ABC ja ADE , millest võib välja kirjutada järgmise võrde:



Te nägite eemal ratsanikku, sirutasite käe välja ja suunasite tema poole tuletiku.

$$\frac{\text{kaugus silmast tuletikuni}}{\text{kaetud jaotuste kogupikkus tuletikul}} = \frac{\text{kaugus ratsanikuni, ratsaniku kõrgus}}{\text{ratsaniku kõrgus}}$$

see on

$$\frac{AB}{BC} = \frac{AD}{DE}.$$

Asetame siia varem tuntud suu-
rused:

$$\frac{0,60}{0,002} = \frac{AD}{2,2}.$$

Saame:

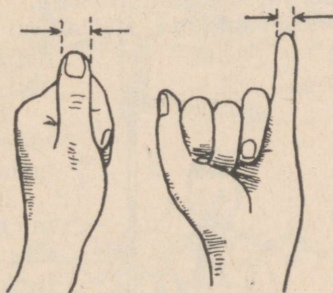
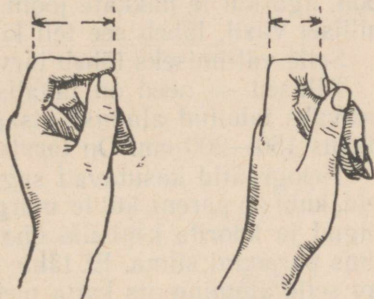
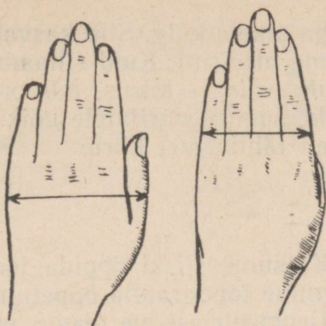
$$AD = \frac{2,2 \times 0,60}{0,002} = 660 \text{ m.}$$

Tuletikku võib asendada tava-
lise millimeeterjaotustega varusta-
tud õpilasjoonlauaga.

Kui teil pole käepärast ei tule-
tikku ega joonlauda, aitavad teid
hädast välja sõrmed. Selleks on
tarvis varem ära mõõta ja mees
pidada oma käe järgmised kuus
mõõdet: 1) peopesa laius, 2) peo-
pesa laius ilma pöidlata, 3) nime-
tissõrme kahe viimase lüli pik-
kus, 4) nimetissõrme teise lüli
pikkus, 5) pöidla laius, 6) väikese
sõrme laius.

Te tahtsite teada kaugust jala-
käijani. Sirutage käsi välja ja
valige neist kuuest sõrmede asen-
dist selline, et jalakäija oleks täie-
likult kaetud. Inimese kasv ja kau-
gus silmast väljasirutatud käeni
on teil teada. Saame samad sarnased kolmnurgad ja sama võrde,
millest pole raske välja arvutada meile teadmata kaugust.

On täiesti arusaadav, et kõik need kauguse mõõtmise viisid —
sammudega, silmamõõduga või lihtsamate kaugusemõõtjatega —
on küllaltki ebatäpsed. Sammud annavad vea kaks-kolm sammu
100 meetri kohta, kuid nende nn. omavalmistatud kaugusemõõtjate
puhul ei saa me kauguste mõõtmisest kui niisugusest üldse rääki-
dagi. Siin hinnatakse kaugus lihtsalt ligikaudu. Tuletikust kauguse-
mõõtja puhul saame näiteks kaks sarnast kolmnurka, millel üks
külge on mitusada korda lühem kahest ülejäänud küljest. Ja lühima
külje kaudu väiksemast kolmnurgast tuleb määrata suurema kolm-



Neid kuut mõõdet peab teadma
igäüks peast.

nurga pikem külg. Siin kasvab ühe millimeetri suurune viga mitmekümne meetrini. Kuid silmamõõdul ja kaugusemõõtjail on seevastu tohutu eelis — kiirus, mis on eriti tähtis sõjaasjanduses. Ka turistidele, samuti uurijatele kõikidel erialadel on kauguste määramisel sageli tähtis just kiirus.

TÄHISED

Katsume siiski õppida jooni täpsemini mõõtma. See on meie järgmine topograafia õppetund.

Geomeetriast me teame, et lühim tee kahe punkti vahel on sirgjoon, aga kui te hakkate joont mõõtma vahetult maastikul, ükskõik millisel viisil, läheb see teil kindlasti siksakina või kaares.

Selle vältimiseks läheb tarvis tähiseid.

Tähised — need on tavalised täiesti sirged kooritud ülaosa ja teravaks tahutud alumise otsaga kepid, mille läbimõõt on 3 cm ja pikkus 150—200 cm. On tarvis vähemalt neli tähist.

Topograafid kasutavad sageli just seesuguseid omatehtud tähiseid, kuid on parem, kui te märgistate neil noaga 20-sentimeetrilised lõigud ja koorite kepi üle ühe jaotuse. Kaugelt paistab vöödiline tähis paremini silma. Et tähis tungiks kergemini maasse, on soovitatav selle alumine ots katta plekiga. Tähis tuleb maasse lüüa lühikesel, järsu käeliigutusega.

Võib juhtuda, et maa on väga kuiv ja kõva. Siis on parem, kui me enne kirvega puust vaia või raudkiilu abil maasse augu ette lööme.

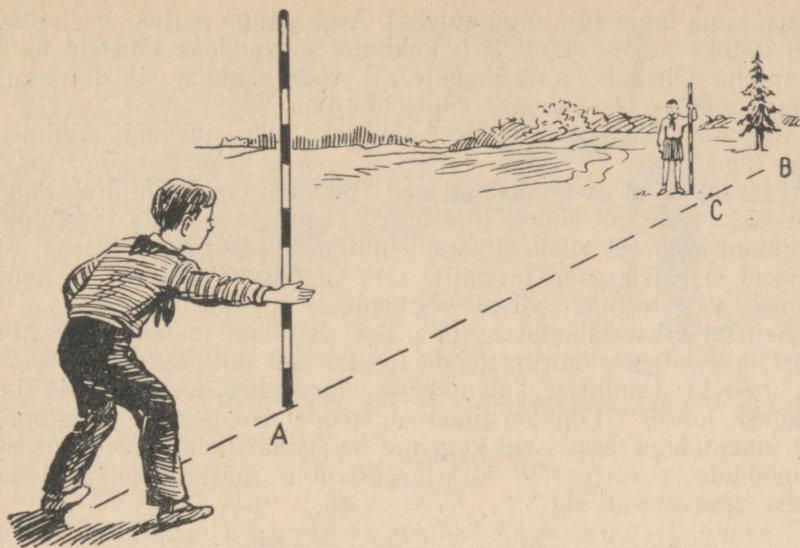
Tähistada joon — tähendab asetada tähise ühele sirgele. Siin võib esineda kaks juhust.

Esimene juhus: «tähistamine enda poolt». Teil on teada ainult algpunkt — vaiake *A*. Te määrate ligikaudse suuna, mida mööda hakkate juba täpselt soovitud joont tähistama. Näiteks peab teie kujuteldav joon mööduma puust veidi paremalt. Eemaldugu üks teist tähisega umbes 50 m kaugusele. Ise astuge punktist *A* kolm sammu vastassihis ja vaadake oma sõbra suunas, kes hoiab tähist vertikaalselt käes.

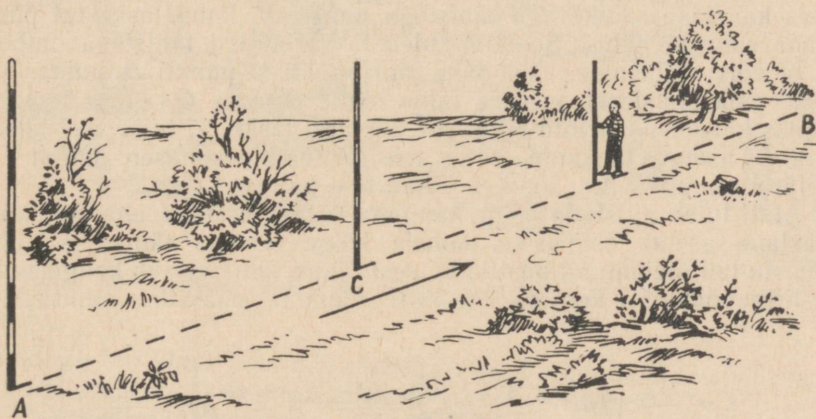
Ilmneb, et ta on läinud kujuteldavast joonest *AB* natukene vasakule; teda on tarvis juhatada paremale. Sirutage parem käsi järsult kõrvale ja hoidke seda nii kaua, kuni tähis *C* asub joonel *AB*, s. o. katab täielikult punkti *B*. Kui teie kaaslane ületab joone *AB*, siis, lastes alla parema ja sirutades kõrvale vasaku käe, püüdke oma



Tähis.



Joon AB peab mööduma puust veidi paremalt.



Teil on vaja asetada tähis kahe teise tähise — A ja C — sihile.

kaaslane paigutada sinna, kuhu on tarvis. Mõnikord tuleb selliseid signaale korrata mitu korda.

Kui tähis asetseb lõpuks joonel AB, vibutage järsult mõlema käega ülevalt alla. See on märgiks, et teie kaaslane lööks tähise maasse.

Nüüd püstitage ise tähis punkti A, võtke ülejäänud tähised ja minge punktist C umbes 50 meetrit edasi. Teil on vaja asetada tähis sirgjoonele ACB või, nagu ütlevad topograafid, asetada ta kahe ülejäänud tähise A ja C sihile. Püstitage tähis nii, et ta parajasti kataks tähised A ja C. Vaadake seejuures ainult ühe sil-

maga, kuna teine silm olgu suletud. Ärge pange paljuks eemalduda veel natuke mööda joont AB ; kükitage ja vaadake tähiseid ainult maapinna lähedalt, sest ülemine ots võib kalduda sihist kõrvale. Pidage meeles, et te asetate tähiseid silma järgi.

Kogenud tähistajad asetavad tähised sihile kuni mõnemillimeetrilise täpsusega.

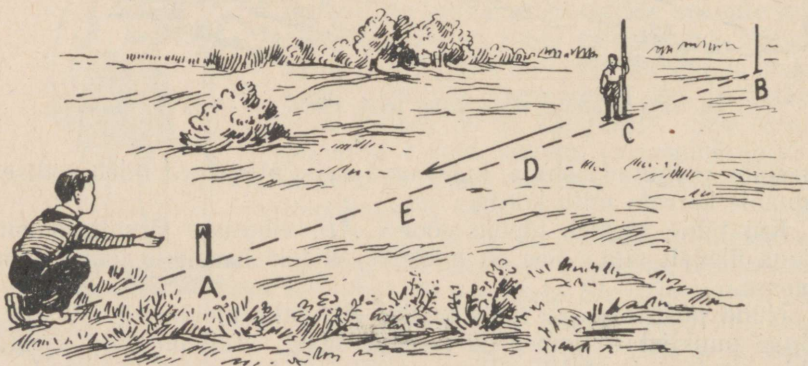
Tasasel kohal asetatakse tähised ligikaudu iga 70 m järel; mägedest laskumisel või mäggi tõusmisel tuleb neid asetada tihedamini. Sirgjoont võib sel viisil tähistada mitme kilomeetri ulatuses. Kui tähiseid ei jätku, võib tagumisi järk-järgult välja võtta ja nende asemele torgata pikad vitsad või kepid — abitähised.

Sellisel viisil tähistataksegi pikka sirgjoont metsasihtide raiumisel ja esialgsete uurimistööde teostamisel mitmesugustel trassidel, näiteks raudteede, maantee, kõrgepinge-elektriliinide jne. rajamise juures. Lõplikel plaanistustöödel teostatakse tähistamist instrumentidega, sest isegi kogenud topograaf pole kindel oma silmamõõdule ja joon võib järk-järgult ning märkamatuult kalduda õigest suunast kõrvale.

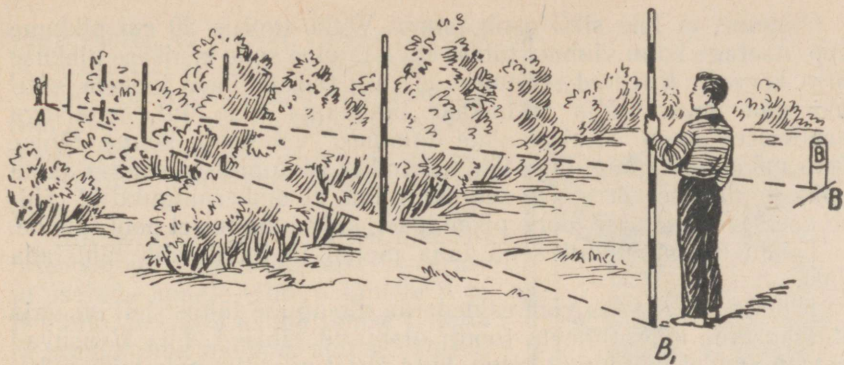
Teine juhus: «tähistamine enda poole». Teil on teada nii algpunkt A kui ka lõpp-punkt B , mis on näha punktist A . Asuge jälle joone AB pikendusele, punktist A 3—5 m kaugusele. Oma kaaslane saatke aga tähistega punkti B , kuhu laske tal püstitada esimene tähis. Seejärel tuleb ta ülejäänud tähistega umbes 70 m võrra lähemale. Vaadake läbi punkti A punkti B suunas ja laske oma kaaslasel asetada tähis sihile punktis C , andes temale selleks kätega vastavaid signaale. Seejärel laske tal tulla veel lähemale ja asetada järgmine tähis teie signaalide kohaselt punktis D , seejärel punkti E jne., kuni ta jõuab teie juurde.

Alati tuleb alustada kõige kaugema tähise asetamisega; kui teie kaaslane asetab esimesena kohale kõige lähema tähise, siis ei õnnestu teil ülejäänuid püstitada, sest lähim tähis varjab kaugemad.

Siin võib üles kerkida küsimus: kuidas pääseda punktist A



Vaadake üle punkti A tähisele B ja asetage oma kaaslane tähisega sellele sihile punktis C .



Te ei jõudnud tähistega punkti B , vaid kaldusite kõrvale ja sattusite punkti B_1 .



Tamm on õnnelikult selja taha jäetud ja joont võib tähistada edasi.

punkti B , kui ühest pole näha teist (näiteks asub nende vahel mets või põõsastik).

Paigutage oma kaaslane punkti B ja laske tal vilistada või hüüda ning määrake siis tema hääle järgi tähiste suund.

Oletame, et hääle järgi suunatud joont mööda te ei jõudnud punkti B , vaid kaldusite sellest kõrvale ja sattusite umbes 5 meetrit eemale punkti B_1 . Algustähiste (punktist A) mitmekordse ümberpaigutamisega võib saavutada seda, et joon lõppude-lõpuks möödub punktist B üsna lähedalt.

Võib kerkida veel üks küsimus: kuidas toimida siis, kui tähistamisel läbib joon põõsastikku, kuid põõsaid maha raiuda ei lubata? Katsuge põõsaid laiali lükata, murda üksikuid oksi, proovige tähisteid asetada tihedamini (umbes 20 m järel). Kui tähisteid ikkagi pole näha, tuleb valida teine suund, võimalikult lahtisemal maastikul.

Kuidas aga mööduda puust?

Oletame, et teie sihil asub tamm. Võtke umbes 50 cm pikkune kepp. Asetage kolm viimast tähist enne tamme selle kepikese pikkuse võrra kõrvale. Kui nad seejuures ei satu täiesti ühele joonele, suunake nad uuesti välja ja hakake tähistama seda uut, eelmisega paralleelset joont. Kui te olete tammest vähemalt kolme tähise võrra möödunud, paigutage tähised ümber vastupidises suunas sama kepikese pikkuse võrra. On selgesti näha, et ümberpaigutatud tähised asetsevad esimese joone pikendusel, kuid juba teisel pool tamme.

Tamm on õnnelikult selja taha jäetud ja joont võib tähistada edasi.

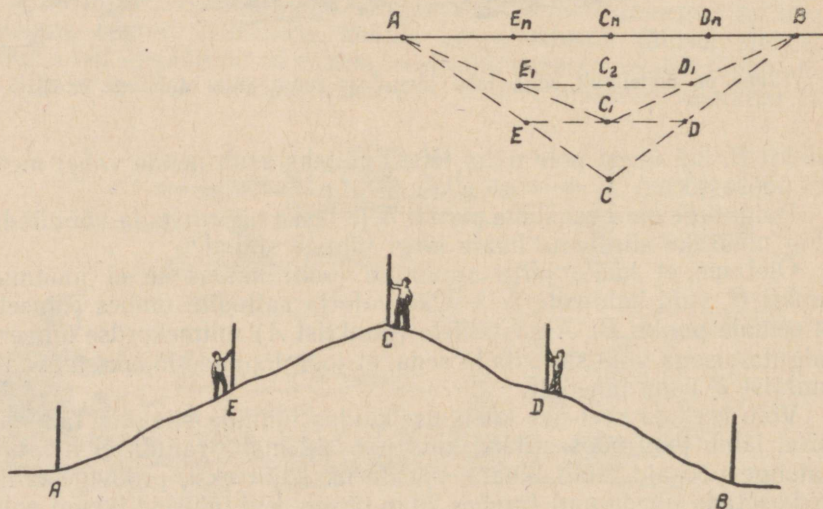
Tähistamise juures võib esineda ka niisugune juhus: teil on vaja tähistada üle mäe minevat joont; otsmised tähised A ja B asuvad vastasnõlvadel juba omal kohal, kuid ühest punktist pole teist näha.

Teid peab kindlasti olema kolm — vaatleja ja tema kaks abilist, tähiseid on aga vaja viis. Abilised asugu tähiste A ja B juures ja vaatleja tähisega mäe harjal, sellises punktis C , kus ta näeb hästi mõlemaid tähiseid A ja B .

Pärast seda paigutab vaatleja esimese abilise tähise joonel AC mingisse punkti E . Täpselt samuti asetab ta oma teise abilise tähise joonel BC punkti D . Nüüd paigutavad abilised vaatleja tähise joonel ED punkti C_1 , seejärel nihutab vaatleja jälle abiliste tähised punktidesse E_1 ja D_1 .

Lõpuks selgub: tähiseid pole enam vaja ümber paigutada, kuna nad asuvad juba joonel AB punktides E_n ja D_n .

Tähiste sellise ümberasetuse juures võib juhtuda, et üks abilistest näeb üle mäe ainult teise abilise tähise tippu. Järelikult on



Joone tähistamine üle mäe. Üleval on joonistatud skeem, mis näitab tähiste ümberasetamise järjekorda.

väga tähtis, et tähised oleksid sirged ja püstitatud täiesti vertikaalselt.

Tähiste vertikaalsust võib kontrollida ripp-loega, s. o. peenikese tugeva nõõri abil, mille otsa on seotud raskus.

Kuidas tähistada orgu läbivat joont?

Kui org pole laiem kui 20 meetrit, tuleb esmalt minna oru teisele veerule ja asetada kohale tähis *C* tähiste *A* ja *B* sihile. Seejärel asuge tähise *C* taha ja seadke oma mõlema abilise tähised tähestiku järjekorras vahepunktidesse, ise aga liikuge seejuures esiteks tähise *D* ja seejärel tähise *F* juurde. Viimasena püstitage tähis *H* oru põhja.

Kuna tähistada tuleb jällegi tähiste tippude järgi, siis jälgige rangelt, et tähised asetseksid vertikaalselt.

Ma ei soovita teil asuda liiga pikkade joonte tähistamisele — nende mõõtmine võtab kaua aega ja on igav ning pika joone puhul võib sihist kergemini kõrvale kalduda. Kõige parem on, kui teie joone pikkus ei ületa 300 m. Vastupidisel juhul aga, kui joone pikkus on alla 50 m, tuleb tähised asendada 20—30 cm pikkuste vaiadega.

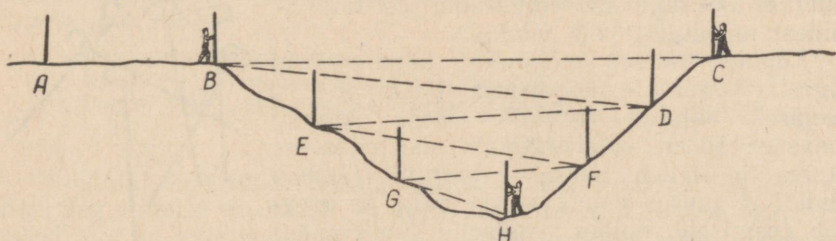


Tähise paigaldamine ripploe järgi.

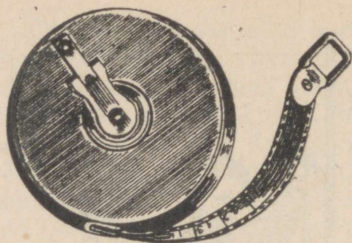
KUIDAS MÕÖTA JOONI

Jooni võib mõõta tavalise 10 või 20 meetri pikkuse nõõriga, sidudes iga meetri kohta valge riideriba ja iga viie meetri kohta punase riideriba ning sõlmides nõõri ottesse silmused. Sõlmedega nõõr oligi vana- ja keskajal peamiseks mõõduriistaks, mida kasutati maa-mõõtmistel.

Tsaar Aleksei Mihhailovitši ajast pärineb mõõtmise kohta omapärane «juhend», kus nõutakse nõõri ettevaatlikku käsitsemist, kuna



Joone tähistamine läbi orgu.



Rulett.

see, eriti niiskuse tõttu, võib kergesti venida ja rebeneneda.

10 meetri pikkune nööri võib pingule tõmmatult venida 20 cm ja rohkemgi. Järelikult tekitab see 100 meetri kohta 2-meetrise vea. See on muidugi väga halb. On vaja kuskilt hankida rulett, muidu ei saa te topograafiaga tegelda nii nagu vaja.

Rulett — see on tugevast, õli sees keedetud linasest riidest või õhu-

kesest terasplekist 10 või 20 meetri pikkune lint, millele on peale kantud meetri-, detsimeetri- ja sentimeetrijaotused. Ruletti saab kokku rullida ümmargusse karbikesse. Ruleti nullpunkt asub tema välimise otsa juures, viimase — kümnenda või kahekümnenda — meetrijaotuse tagant on lint kinnitatud tugevasti karbi sisse.

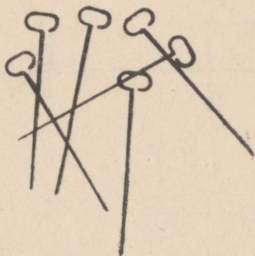
Enne tööle asumist lõigatakse jämedast, 3—5-millimeetrilise läbimõõduga traadist vardakesed. Varraste üks ots teritage teravaks ja teine painutage aasaks nii, et valmis varraste pikkus oleks 20—30 cm.

10-meetrise mõõdulindi juurde läheb selliseid vardaid üksteist, 20-meetrise juurde — kuus, kuid te valmistage neid rohkem, sest nad võivad kergesti ära kaduda.

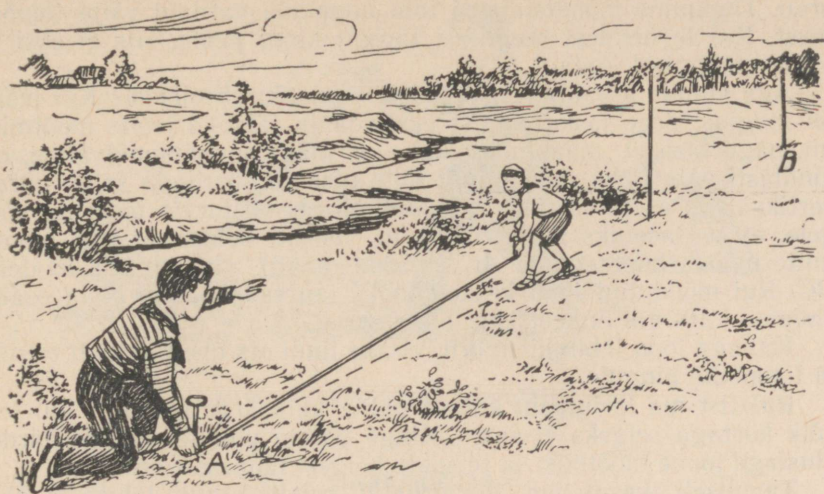
Edasi asuge joone *AB* mõõtmisele, millele on juba asetatud tähistes. Oletagem, et teil on 20-meetrine linasest riidest rulett. Te olete kahekesi. Nimetame ühe tagumiseks mõõdistajaks, teise — eesmiseks. Punktis *A* või sellest natukene paremal vajutab tagumine vardakese üpris kergesti maasse, laskub põlvele ja asetab parema käega ruleti nullpunkti vardakese juurde. Eesmine võtab ülejäänud viis vardakese ja ruletikarbi ning läheb mööda joont *AB*, tõmmates lindi välja kuni 20-nda meetrijaotuseni. Tagumine, kes hoiab parema käega nullpunkti kogu aeg varda *A* juures, suunab eesmist vasaku käe liigutustega täpselt mööda joont *AB*. Signaale tuleb anda ainult käeliigutustega. Kui te ütlete «paremale», «vasakule», siis ajate näoga teie poole pöördunud kaaslast ainult segadusse.

Eesmine, kes jälgib tagumise signaale, liigub joonel *AB*, raputades aeg-ajalt linti, et see lamaks otse ega takerduks rohu sisse. Seejuures ta pingutab kergelt mõõdulinti. Mingil juhul ei tohi tugevasti pingutada, sest linasest riidest mõõdulint võib venida.

Lõpuks asetseb mõõdulint tähistes järgi õigesti. Tagumine mõõdistaja hüüab: «On!», seejärel vajutab eesmine varda kiiresti maasse täpselt ruleti 20-nda meetrijaotuse juures ja läheb edasi. Tagumine tõmbab punkti *A* juures asuva varda välja ja järgneb eesmisele, hoides endiselt kinni ruleti nullpunktist. Olles jõudnud eesmise poolt äsja püstitatud vardani, käsutab: «Seis!».



Vardad.



Tagumine suunab eesmist täpselt mööda joont AB.

Paigutab seejärel ruleti nullpunkti varda juurde ja suunab eesmise uuesti tähistatud joonele AB.

Sel viisil mõõdetakse üksteise järel mõõdulindi pikkusi lõike nii kaua, kuni kõik kuus varrast on tagumise mõõdistaja käes. Siis annab tagumine viis varrast üle eesmisele (kuues on maasse vajutatud) ja mõõtmine jätkub. Pole raske taibata, et varraste üleandmine toimub iga 100 meetri järel.

Lõpuks te lähenete punktile B. Eesmine mõõdistaja peab viimase lõigu mõõtmisel tõmbama mõõdulindi punktist B mööda. Seejärel tuleb ta tagasi, lähendab mõõdulindi punktile B ja vaatab, millisele jaotuskriipsule sattus punkt B, või, nagu ütlevad topograafid, «teeb lugemi» täpsusega kuni üks sentimeeter. Tagumine aga hoiab kogu aeg ruleti nullpunkti viimase varda kohal. Pärast seda eesmine küsib tagumiselt, mitu varrast on selle käes (maa sisse vajutatud varrast ei loeta).

Oletame, et lugem oli 6 m 56 cm, tagumise mõõdistaja käes oli kaks varrast ja ta oli varda eesmisele üle andnud üks kord. Kui pikk on siis joon AB?

Varraste ühekordne üleandmine	100,00 m
Kaks varrast tagumise mõõdistaja käes (20 + 20)	40,00 m
Lugem mõõdulindi viimasel mahaasetamisel	6,56 m

Kokku . . . 146,56 m

Nüüd on selge, miks on vaja kuut või ühteist varrast: üks seisab kogu aeg maasse vajutatult, et mitte katkestada mõõtmise pidevust, teised aga on vajalikud mõõdetud lõikude loendamiseks. Arvestus toimub seejuures puht automaatselt: on vaja ainult loendada varraste üleandmise korrad, kontrollides igal üleandmisel varraste

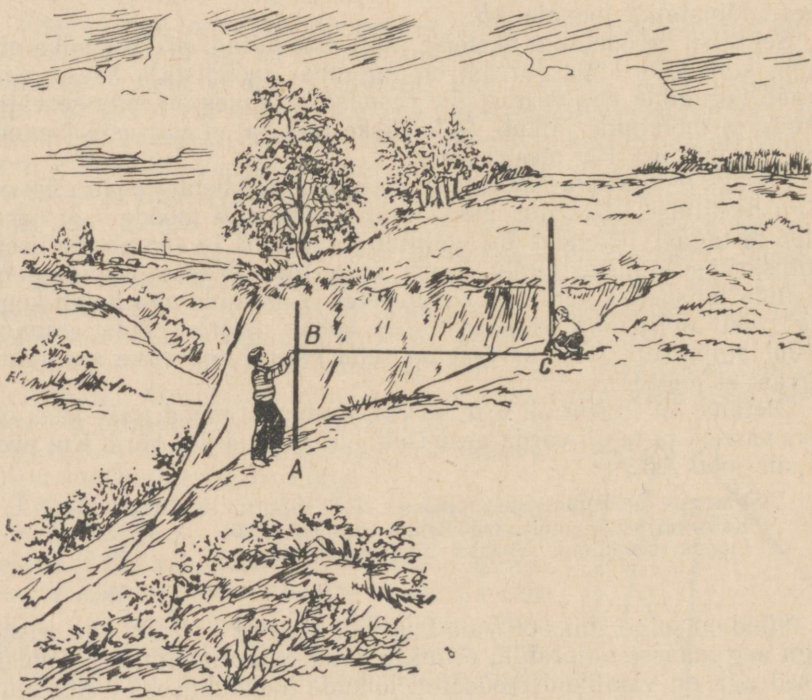
arvu. Tagumine mõõdistaja ei tohi unustada vardaid välja tõmbamast. Kui te nendest reeglitest täpselt kinni peate, siis ei eksi te joone mõõtmisel kunagi.

Aga kuidas toimida siis, kui teie joon tõuseb mäkke? Kui mägi on laugjas, ärge laske ennast eksitada ja jätkake joone mõõtmist nii, nagu tasasel maapinnal; kui aga mägi on järsunõlvaline, on kindlasti vaja tõsta mõõdulindi ühte otsa ja püstitada selle juurde vertikaalselt asetatud tähis. Mõõdulindi ots on tarvis tõsta nii kõrgele, et see asetuks horisontaalselt. Teisiti öeldes, ei tule mõõta mitte mööda hüpotenuusi AC (mööda maad), vaid mööda kaatetit BC . Kui mõõdulint jääb keskest looka, on seda parem tõsta osade kaupa — 10- või 5-meetrise lõikudena.

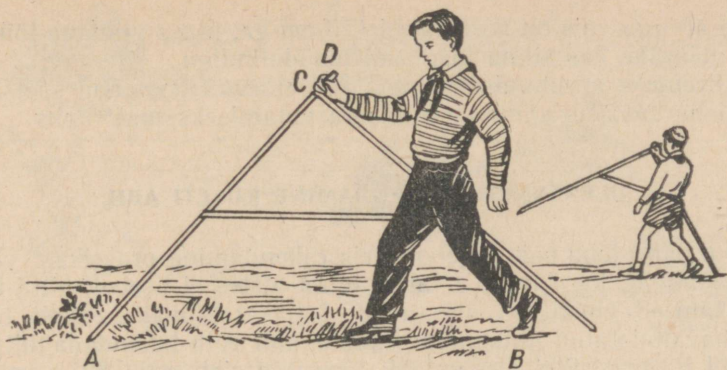
Kui aga joon läbib kitsa oru, visake lindi ots ühelt kaldalt teisele ja tõmmake pingule.

Ruletist ma kirjutasin küllalt palju, kuid ärge ehmuge, kui teil kõik korraga selgeks ei saa. Minge parem põllule või jõe äärde, alustage joone mõõtmist ja te saate kõigest hõlpsasti aru.

Tavaliselt kasutavad topograafid ruletti ainult lühikeste abijoonte mõõtmisel, mis pole pikemad kui 20 meetrit. Väga sageli kasutatakse ruletti ehitustel. Iga tööde juhataja ja kümnik on varustatud ruletiga.



Mäkke minevat joont mõõdetakse astmete kaupa.



Nii mõõdetakse joont harkmootja abil.

HARKMOOTJA

Kuidas toimida aga siis, kui teil ei õnnestunud hankida ruletti? Soovitan teile teist vahendit, mida saab kolmest kepest ja kolmest naelast hõlpsasti ise valmistada. See on niinimetatud harkmootja. Tema ehitus on arusaadav jooniselt.

Kauguste mõõtmine harkmootjaga on palju kiirem, kuid vähem täpne. Üldse tuleb topograafias sageli ette, et mida kiiremini teostatakse mõõtmine, seda vähem täpsed on selle tulemused.

Harkmootjal on aga rida eeliseid. Ärge unustage, et ruletiga pikka joont mõõta on küllaltki igav toiming; tuleb alatasa kummar-duda, kükitada ja jälgida, et rulettisse ei tekiks silmuseid. Harkmootjaga on aga väga huvitav mõõta: te jooksete temaga, teie liigutused on rahgelt rütmilised ja täpsed. Loendada harkmootja samme on väga kerge, jälgige vaid, et ta ei sammuks sik-sakiliselt.

Kui te lõpuks saategi ruleti, siis võib-olla ainult ühe, harkmoot-jaid aga võite valmistada niipalju, kui on mõõdistamisest osa võtta soovijaid. On selge, et teie mõõtmised toimuvad kiiremini.

Te võite endaga kaasa võtta aga nii harkmootja kui ka ruleti. Peamised jooned mõõdate ruletiga, kõik teised aga harkmootjaga.

Harkmootja on väga levinud mõõteriist põllumajanduses. Ta on kolhoosibrigadiride ja arvestajate alatine teekaaslane põllutük-kide pindalade arvestamisel.

Täiskasvanud kasutavad harkmootjaid, millel mõõt AB võrdub 2 meetriga (nn. topeltmeeter). Kuid kardan, et teil on sellega eba-mugav sammuda. Soovitan valmistada vähendatud mõõtmetega hark-mootja: $AB=170$ cm, $AD=130$ cm, $BC=120$ cm. Otsad A ja B tehke teravaks, koonusekujuliseks. Kui te harkmootjat kokku naelutate, püüdke nii täpselt kui vähegi võimalik mõõta suurus AB . Ühesenti-meetrine viga annab 100 m kohta lahkumineku 60 cm.

On selge, et mõõdetava joone pikkus võrdub harkmootja sam-

mude arvuga, mis on korrutatud 170 cm-ga, pluss viimane lõik. See lõik määrake kas silma järgi või mõõdulindiga.

Kiiremaks arvutamiseks soovitatakse eelnevalt koostada spetsiaalse tabeli harkmõõtja sammude ümberarvutamiseks meetriteks.

ÜLESANNETE LAHENDAMINE RULETI ABIL

Kui palju lõbu pakub geomeetria rakendamine praktikas — maja juures väljal, jõe ääres! Jooned, mille otstes ei asetse mitte tähed, vaid tähised, elustuvad, muutuvad käegakatsutavaks. Ruleti, tähiste ja omavalmistatud lihtsamate riistade abil võib lahendada mitmesuguseid geomeetrilisi ülesandeid: tõmmata ristjooni, välja arvutada jõe laiust ja lõpuks joonistada pioneerilaagri plaan.

Edasi räägime selles raamatus, kuidas rakendatakse geomeetria praktikas. Ma analüüsin teiega mõnda ülesannet.¹

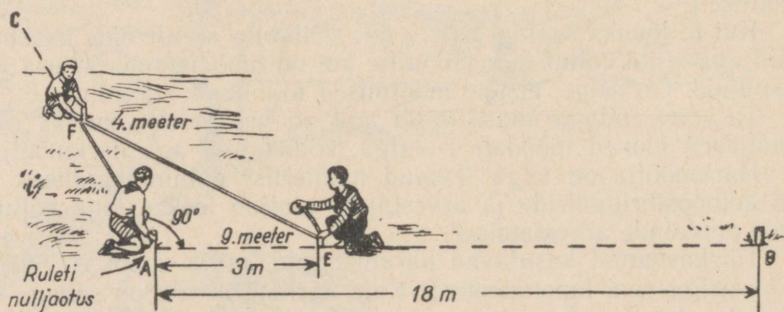
Neid ülesandeid on huvitav lahendada väljal, mitte aga lugeda neid laua taga istudes.

Organiseerige oma koolis või pioneerilaagris topograafia ring. Oletame, et topograafiaga soovivad tegelda 35 inimest.

Jaotuge 3—6 inimese kaupa lülidesse. Valige lülivanemad, kes määravad ülejäänutele kindlad kohustused. Mingu üks (tähistaja) tähistega ette, kaks mõõdavad kaugust ruletiga, kaks — harkmõõtjaga (mõõtjad), üks või kaks kirjutavad ja joonistavad üles, üks valmistab vaiakesi, üks korjab tähiseid jne. Jagatud kohustusi ärgu vahetatagu.

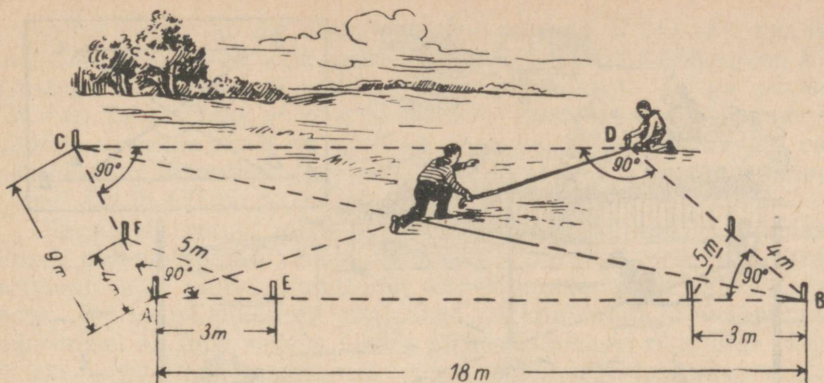
Lülid võivad tegutseda eri kohtades, kuid samuti ka ühes ja samas kohas. Siis on võimalik pärast tegevuse lõpetamist võrrelda ja vaadata, missugune lüli saavutas paremaid tulemusi.

Võrkpalliväljaku planeerimine. Pioneerilaagris



Ristsirge ehitamine egiptuse kolmnurga meetodiga.

¹ Kui teid huvitavad need ülesanded, hankige J. Perelmani raamat «Huvi-
tav geomeetria» (ilmunud eesti keeles 1953. aastal). Selles raamatus on tiao-
lisi ülesandeid toodud märgatavalt rohkem.

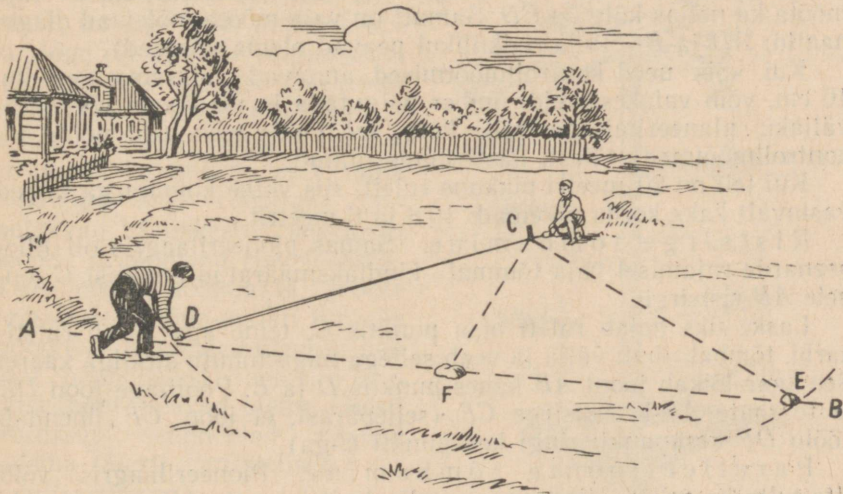


Diagonaalide kontrollmõõtmine.

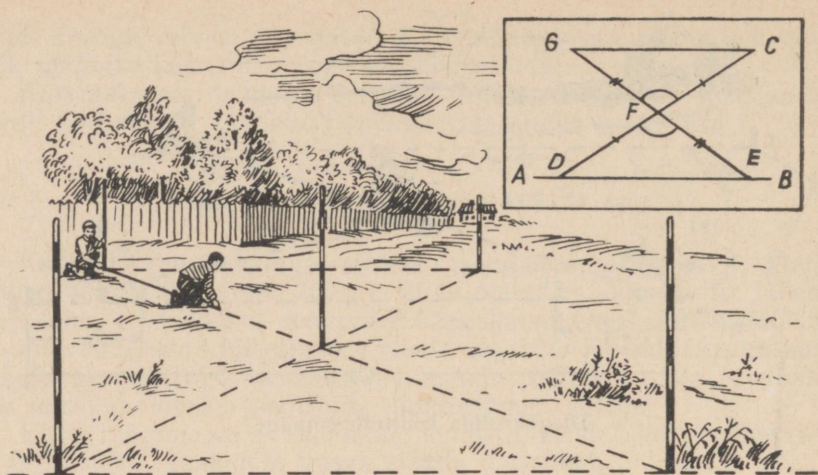
oli vaja rajada võrkpalliväljak mõõtmetega 18×9 m. Seda võib muidugi teha silma järgi, kuid võib ka palju täpsemalt, ruleti abil.

Kas teil on meeles Pythagorase teoreem — hüpotenuusi ruut võrdub kaatetite ruutude summaga? On olemas selline täisnurkne kolmnurk, mille kaatetite pikkusteks on 3 ja 4 ühikut, hüpotenuusi pikkuseks aga 5 ühikut. Seda kolmnurka nimetatakse egiptuse kolmnurgaks, sest selle külgede vaheline suhe oli tuntud juba vanas Egiptuses.

Möödame kõigepealt joone AB — 18 m ja märgime sellele punktist A 3 meetri kaugusel asuva punkti E . Punktidesse A , B ja E lööme vaiakesed. Üks teist hoiab ruleti nullpunkti vaiakese A kohal, teine asetab punkti E kohale 9 m jaotuskriipsu, kolmas aga võtab



Ristsirge tõmbamine punktist C joonele AB .



Paralleeljoonte tõmbamine.

möödulindist kinni 4 m kohalt ja veab seda AC suunas; 4 m jaotuskriips satub vältimatult punkti F . Lõonud vaiakese punkti F , pole raske veenduda, et nurk FAE on täisnurk.

On selge, et punkti C saamiseks on vaja joont AF pikendada ruleti abil veel 5 meetri võrra ja lüüa vaiake C vaiakeste A ja F sihile.

Täpselt samuti tõmbame teise ristsirge punktist B ja saame punkti D .

Meil on mõõdetud kolm külge. Kontrolli teostamiseks on vaja mõõta ka neljas külge — CD . Samuti on vaja mõõta mõlemad diagonaalid: AD ja BC (mis ristiküljel peavad olema võrdsed).

Kui kõik need kontrollmõõtmised annavad väiksema vea kui 10 cm, võib vaiakesi veidi ümber paigutada ja me oleme võrkpalliväljaku planeerimisega selle kõigi mõõtmete osas (nii põhi- kui kontrollmõõtmed) täiesti hästi toime tulnud.

Kui teil on 20 meetri pikkune rulett, siis võtke kolmnurga küljed vastavalt kaks korda pikemad: 10,8 ja 6 meetrit.

Ristsirge tõmbamine. Samas pioneerilaagris oli lillepeenarde rajamisel vaja tõmmata kindlaksmääratud punktist C joonele AB ristsirge.

Laske üks hoiab ruleti otsa punktis C , teine aga võtab ruletkarbi, tõmbab lindi välja ja veab sellega nagu tohutu sirkliga kaare. See kaar lõikab joont AB kahes punktis D ja E . Poolitage joon DE ja te saate AB -le ristsirge CF (sellepärast, et joon CF ühendab kõõlu DE keskpunkti ringi keskpunkti C -ga).

Paralleeljoonte tõmbamine. Pioneerilaagris võib ette tulla ka selline ülesanne: paralleelselt jalgraja AB -ga on tarvis rajada teine jalgrada, mis läbiks punkti C .

Valige jalgrajal AB mingisugused punktid D ja E , mõõtke joon CD ja püstitage selle keskele tähis F . Seejärel mõõtke joon EF , tähistage seda edasi ja kandke sellele pikendusele EF -ga võrdne lõik FG . Tekkis kaks võrdset kolmnurka (sest kaks külge ja nende külgede vaheline nurk on võrdsed teise kolmnurga vastavate elementidega). Tähendab $\angle E = \angle G$ ja $\angle D = \angle C$, ning järelikult jooned AB ja CG on paralleelsed.

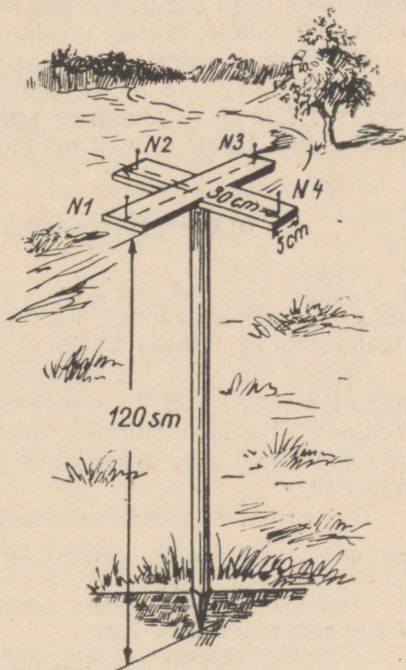
Ülesannete puhul, mida tuleb lahendada ühe ruletiga, tundsite ilmselt kõikide konstruktsioonide teatavat piiratust, eriti aga paralleeljoonte juhu juures. Ruleti abil võib tõmmata ainult lühikesi ristjooni; 9 meetri pikkused ristjooned võrkpalliväljaku maapinnale märkimisel on juba selleks üleliia pikad. Lühikeste ristjoonte ehitamiseks kasutavad topograafid väga sageli egiptuse kolmnurka. Kuidas toimida aga siis, kui teil on vaja planeerida tõeline jalgpalliväljak?

EKKER

Teie esimeseks omavalmistatud nurgamõõtmise riistaks on ekker¹, millega võib maastikul mõõta ja ehitada 90°-lisi nurki, s. o. täisnurki, ja 45°-lisi nurki.

Ekkerit on väga hõlbus ise valmistada.

Võtke kaks 30 cm pikkust ja 5 cm laiust siledaks hõõveldatud lauakest, lõigake nende keskele väljalõiked, nii et lauakesi võiks aselada ristamisi üksteise peale, sarnaselt näärikuuse jalale. Võtke tugev sirge 100—130 cm pikkune kepp (olenevalt teie kasvust), teritage selle alumine ots ja lööge plekiga üle nagu tähistelgi. Kinnitage sel või teisel viisil valmistatud rist keskpunkti kohalt kepi otsa. Seejärel kandke sirkli või kolmnurga abil ristile pliiatsiga kaks ristsirget, mis kulgevad lauakeste keskjoont mööda ja lõikuvad risti tsentris. Teie poolt tõmmatud joonte igasse nelja lõpp-punkti torgake nõõpnõel. Kaugused nendest neljast nõõpnõelast joonte lõikumiskohani peavad olema täiesti võrdsed; nõõpnõelad peavad seisma täiesti vertikaalselt.



Ekker.

¹ Tuleneb saksakeelsest sõnast «Die Ecke», mis tähendab «nurk».

Ekker on teil valmis¹. Teda on tarvis veel, nagu ütlevad topograafid, kontrollida, s. o. tuleb veenduda, kas kõik tema neli nurka on täisnurgad.

Selleks püstitage ekker tasasele kohale ja parandage tähelepanelikult kepi asendit nii, et ekkeri rist oleks silma järgi otsustades horisontaalne. Nüüd laske oma kaaslasel võtta tähis ja minna umbes 50 m kaugusele. Kummarduge ekkeri kohale, ja sulgedes teise silma, vaadake ühe silmaga üle kahe nööpnõela (nr. 1 ja nr. 3). Teie kaaslane püstitagu teie poolt antud signaalide järgi tähis nende nööpnõelte sihile. Täpselt samuti püstitatakse ka teine tähis, kuid nüüd juba eelmisele risti, kahe ülejäänud nööpnõela (nr. 2 ja nr. 4) sihile.

Te peaksite olema saanud nüüd maastikul täisnurga. Et selles veenduda, tuleb ettevaatlikult, keppi kõigutamata, pöörata ekkerit 90° võrra. Kui tähised jäävad mõlemas suunas nööpnõelte sihile või, nagu topograafid ütlevad, tähised «t a b a v a d», siis tähendab see, et ekkeri nurgad on tõepoolest täisnurgad. Kui üks tähistest ei «taba» ja jääb sihist kõrvale, tuleb nööpnõelad ümber asetada. Nööpnõelu tuleb niikaua ümber asetada, kuni veendute, et kõik ekkeri nurgad on tõepoolest täisnurgad.

Jutustades ekkeri kontrollimisest, ma selgitasin ühtlasi, kuidas tõmmatakse 50—70 m pikkusi ristjooni. Pikemate ristjoonte puhul, kui ühele sirgele on vaja asetada kaks või rohkem tähist, tuleb neid nööpnõelte järgi asetada alates kõige kaugemast tähistest, s. o. tähistades enda poole, millest ma juba rääkisin.

45°-ne nurk ehitatakse maastikul järgmiselt: üks joon tähistage nööpnõelte nr. 1 ja nr. 3 suunas, teine nööpnõelte nr. 1 ja nr. 2 (või nr. 1 ja nr. 4) suunas; arvestage, et nurga tipp ei asetse sel juhul ekkeri tsentris, vaid nööpnõela nr. 1 juures.

ÜLESANNETE LAHENDAMINE EKKERI ABIL

Jalgpalliväljaku märkimine maapinnale. Nüüd me võime vajaduse korral ilma eriliste raskusteta märkida maapinnale ka jalgpalliväljaku, mille mõõtmed on 100×75 m.

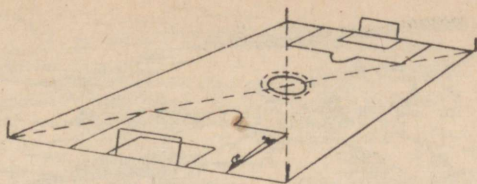
Esmalt tähistame ja mõõdame 100-meetrise joone, mille otstest tõmbame ekkeri abil 75-meetrised ristjooned². Edasi toimime nagu võrkpalliväljaku maapinnale märkimiselgi, s. o. kontrolli teostamiseks mõõdame teise pika külje ja saadud ristküliku mõlemad diagonaalid.

Teoreetiliselt me teame (Pythagorase teoreemist), millega peab võrduma kummagi diagonaali pikkus: $\sqrt{75,00^2 + 100,00^2} =$

¹ Kuna sellise ekkeri põhiosa moodustab kepile asetatud rist, siis nimetatakse seda ristekkeriks. Toim.

² Topograafid alustavad maapinnale märkimist alati kõige pikemast joonest ja sellest lähtudes tõmbavad juba lühemad ristjooned, mitte aga vastupidi.

= 125,00 m; praktiliselt võivad diagonaalid osutuda natukene lühemateks või pikemateks; juhindudes sellest vahest, võib arvestada, kuhu ja kui palju tuleb tähiseid ümber paigutada, et meil tõepoolest tekiks õige ristkülik.



Jalgpalliväljaku märkimine maapinnale.

Nüüd, kus jalgpalliväljaku nurkadesse on püstitatud tähised, võib mõõdulindiga asuda karistuslade, keskringi, väljaku ja väravate piirjoonte märkimisele.

Samal viisil nagu jalgpalliväljakutki võib planeerida mistahes spordiplatsi, pargiteid, hoonet, mida hakatakse ehitama, ja isegi tervet pioneerilaagrit. Kui pinnale märgitavad kontuurid on keerulisema kujuga, kuid sealjuures ikkagi täisnurksed, tuleb sellest kujundist eraldada põhiristkülik ja alles siis ehitada sellele juurde teised detailid. Mitte mingil juhul ärge märkige maapinnale sellist keerulist kujundit ühe võttega, asetades ekkeri järgemööda kõikidesse nurkadesse; sellisel juhul viga järjest kasvab ja te ei jõua kunagi samasse punkti, kust te märkimist alustasite.

Jõe laiuse määramine. Teie suplete iga päev, kuid ometi ei tea te, kui lai on teie jõgi. Kas tahate lahendada selle ülesande ujumata teisele kaldale?

Esitan teile valikuks kolm moodust.

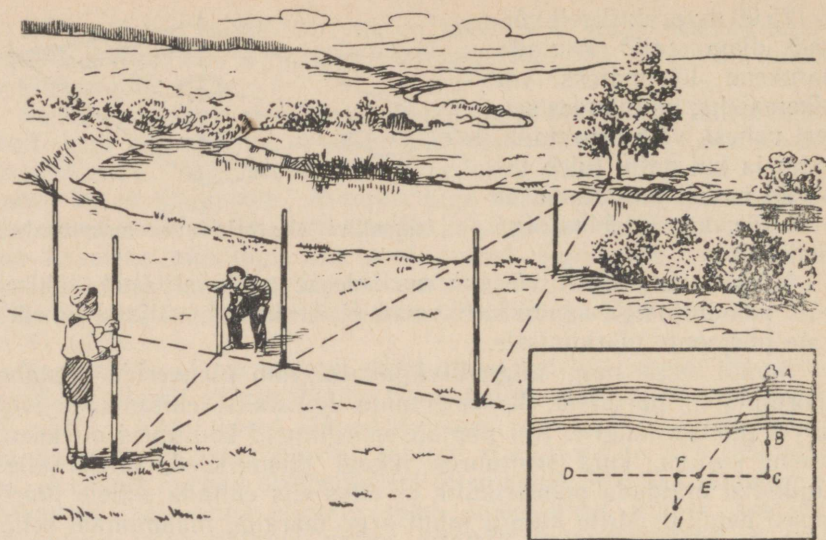
Esimene moodus. Valige vastaskaldal punkt A. Olgu selleks puu. Teil on vaja määrata jõe laius AB. Püstitage punkti B tähis, ekker aga asetage joone AB pikendusele mingisse punkti C. Ekkerit pööramata paigutage nüüd oma kaaslane tähisega punkti D, mis asetseb joone AC ristsirgel. Mõõtke joonel CD kaks vabalt valitud kaugust CE ja EF, kuid nii, et EF oleks neli korda väiksem kui CE. Püstitage tähis punkti E, ise minge ekkeriga aga punkti F ja ehitage sellest punktist teine ristjoon jõe le vastassuunas. Vaadake üle ekkeri nõõpnõelte mööda seda ristjoont, kus tähist käes hoides liigub aeglaselt teie kaaslane. Liikudes ei jälgi ta üksnes teie signaale, vaid otsib ka punkti, mis samamegalt asuks joone AE pikendusel.

Olgu see punkt I.

Teil tekkis kaks sarnast täisnurkset kolmnurka: ACE ja EFI (neil on kõik vastavad nurgad võrdsed).

Kui joon EF on neli korda lühem joonest CE, siis tähendab, et ka joon FI on AC-st neli korda

Keeruliste kujundite märkimine maapinnale. Viirutatud kontuurid märgitakse maapinnale esimeses järjekorras.



Jõe laiuse määramine — esimene moodus.

lühem. Korrutage joone FI pikkus neljaga ja te saate AC ; lahutades siit BC , leiate AB pikkuse, s. o. jõe laiuse.

Teine moodus. On vaja määrata jõe laius AB . Ehitage ekkeriga punktist B ristjoon, püstitage sellel vabalt võetud punktis C tähis ja ehitage sellest sirgele AC teine ristjoon. Leidke sellel niisugune punkt D , mis samaaegselt asuks ka joone AB sihil. Täisnurk C jaguneb kaheks nurgaks — 1 ja 2 , millede summa on loomulikult 90° . Teisest küljest on nurkade 1 ja D kui ühe ja sama täisnurkse kolmnurga BCD teravnurkade summa samuti 90° . Tähen-dab $\angle 1 = \angle A$ ja $\angle D = \angle 2$. Kui nii, siis on mõlemad kolmnur-gad ABC ja BCD sarnased, kuna neil on kolm võrdset nurka. Selle-pärast $\frac{AB}{BC} = \frac{BC}{BD}$, kust $AB = \frac{BC^2}{BD}$.

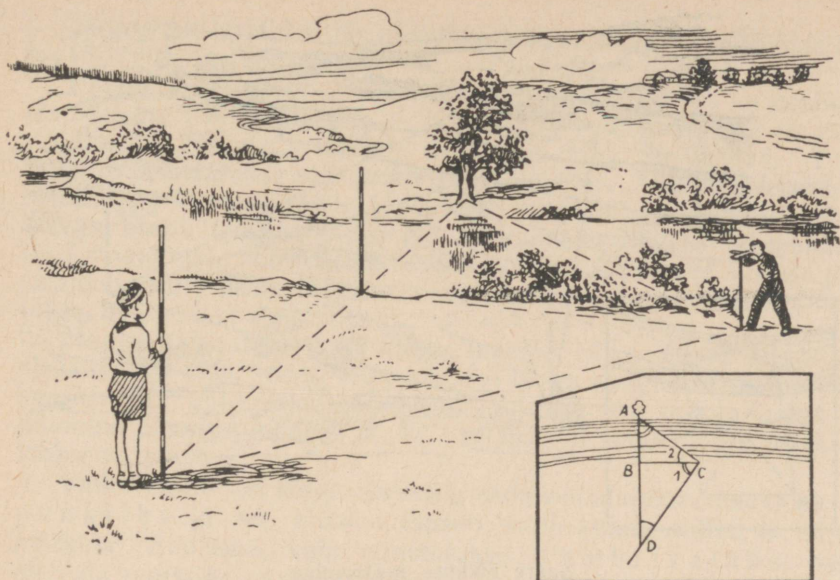
Mõõtke ruletiga jooned BC ja BD ning, asetades need mõõdetud suurused võrrandisse, arvutage välja suurus AB , s. o. jõe laius.

Kolmas moodus. On vaja määrata jõe laius AB . Ehitage punktist A ristjoon AC ja minge ekkeriga mööda seda joont, kuni teil õnnestub leida selline punkt D , kus nurk ADB võrdub 45° . Järelikult tekib teil võrdhaarne täisnurkne kolmnurk ABD , kus $AB = AD$.

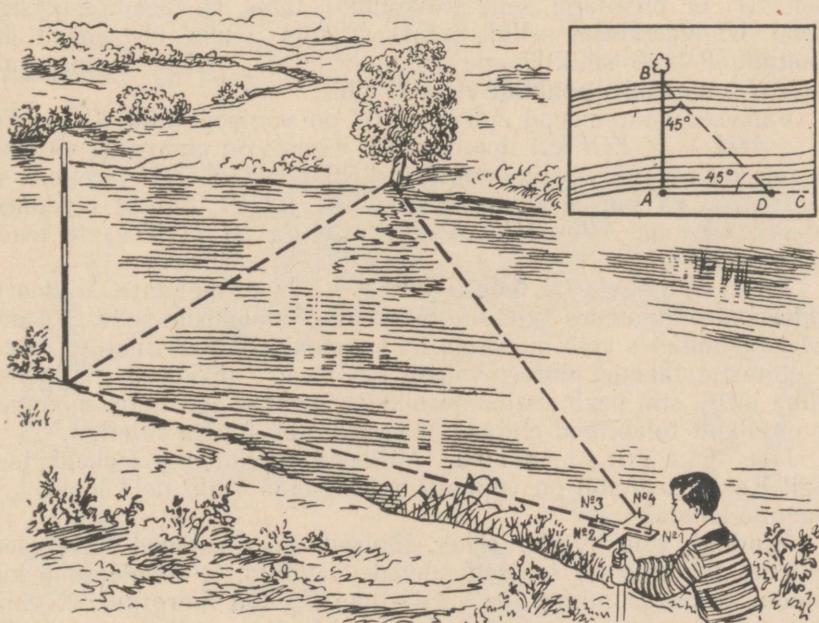
Mõõtke AD ja teie ülesanne on lahendatud.

Milline moodus on parem, sõltub teie jõekalda iseloomust. Tuleb valida see moodus, mille juures ei põõsad, soo ega järsakud segaks teie mõõtmist.

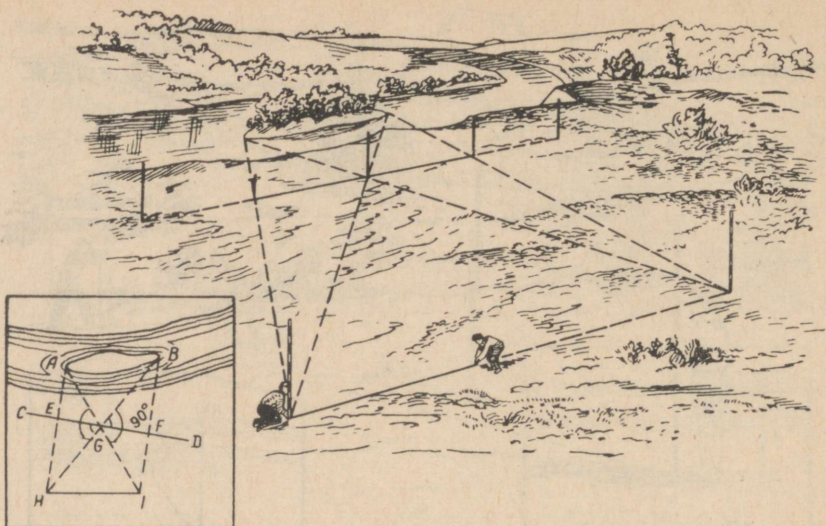
Saare pikkuse määramine. Jõe keskel asub saar. Püüdke määrata selle pikkus, s. o. suurus AB .



Jõe laiuse määramine — teine moodus.



Jõe laiuse määramine — kolmas moodus.



Saare pikkuse määramine.

Tähistage piki kallast mingi joon CD ja leidke sellel ekkeri abil saare kahest otspunktist (punktidest A ja B) tõmmatud ristjoonte aluspunktid. Olgu nendeks aluspunktideks punktid E ja F . Mõõtke joon EF ja püstitage selle keskpunkti tähis G . Seejärel otsige joone AE pikendusel selline punkt H , mis asuks üheaegselt ka punktide B ja G sihil. Joon BF pikendusel otsige samasugune punkt I , mis asuks punktide A ja G sihil.

Väikesed kolmnurgad AEG ja FGI on võrdsed (külge $EG = FG$ ja $\angle AGE = \angle FGI$ kui tippnurgad), samuti on omavahel võrdsed ka teised kaks väikest kolmnurka: BFG ja EGH . Siit järeldub, et võrdsed on ka suured kolmnurgad ABG ja GHI . Sellest võrdusest tuleneb, et joon $AB = HI$. Mõõtke ruletiga HI ja te saate teada saare pikkuse.

Takistusest möödumine. Kas te mäletate, kuidas te pikka joont tähistades sattusite tammele ja möödusite sellest? Sama võtet rakendades võib mööduda ka kahekorruselisest majast. Seal te ehitasite tähiste juurest vähem kui meetri pikkused ristjooned silma järgi, siin peab ristjoonte pikkus ületama aga maja mõõtmed ja järelikult tuleb neid ehitada ekkeriga ning mõõta ruletiga.

Jõe plaanistamine. Milliseid huvitavaid lookeid teeb jõgi! Kas ekkeri abil on võimalik mõõdistada kõiki neid lookeid ja plaanile kanda?

Muidugi võib. Võtke ekker, tähised, rulett, mõned vaiakesed, millede üks külge on selliselt siledaks tahutud, et sellele saab kirjutada, kirves ja minge jõe äärde luhale. Olgu märgitud, et vaiakesi, millede ots on teritatud kolmetahkselt, on kergem maasse lüüa.

Järgnevalt kirjeldan jõe mõõdistamist, et te näeksite, kuidas töötavad tõelised topograafid.

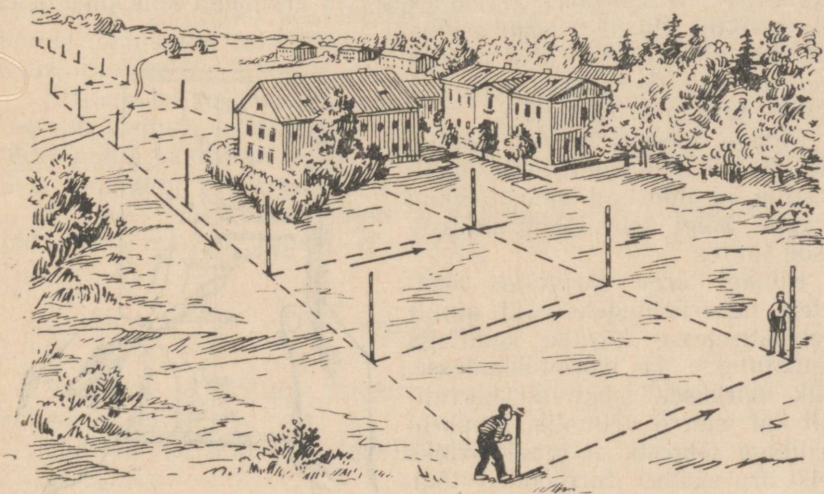
Pidage meeles topograafia kuldset reeglit: esiteks — peamine, seejärel, toetudes peamisele — üksikasjad. Peamine — see on nagu vundament, raamistik, millele ehitatakse kõik üksikasjad. Topograafias nimetatakse seda peamist aluseks. Alus mõõdetakse ja ehitatakse üles suurema täpsusega ja tavaliselt esimeses järjekorras, eraldi üksikasjadest. Nii te toimisite näiteks jalgpalliväljaku maapinnale märkimisel. Antud juhul on jõe juures aluseks pikk sirgjoon, mille peate tähistama piki kallast. Sellist joont nimetatakse magistraaliks.

Magistraali algpunktis lööge maasse väike vaiake nii, et see oleks maaga tasa, sellest ettepoole, 5—10 cm kaugusele, lööge teine, suurem vai, mille siledakstahutud küljele tehke märke, nagu on näidatud ülemisel joonisel lk. 42. See suurem vaiake lööge märkega väiksema poole.

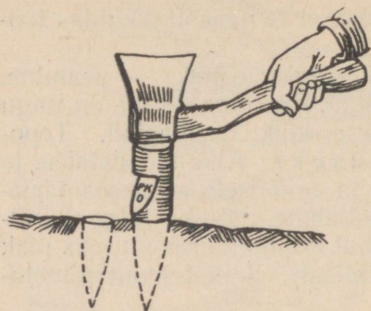
Väike vaiake on kõige olulisem, seda nimetatakse maavaiaks. Punktiks ja see lüüakse täpselt sinna kohta, millist te tahate märkida. Suuremat vaia nimetatakse numbrivaiaks, seda on vaja punktide nummerdamiseks ja punktide kergemaks leidmiseks. Kui keegi numbrivaia maa seest välja kisub, siis punkti ei puuduta juba keegi, sest seda pole näha, teie aga võite ta ikkagi üles otsida, kuigi seda on nüüd raskem teha.

Mis märke see siis numbrivaial on?

Sinna on kirjutatud tähed P ja K (PK, sõnast «pikett»). Pike-tiks nimetatakse numbrivaia ja punkti, mis tulevaste raudteede, maanteede ja kanalite trassidel, veejuhtmistiku rajamisel jne.



Majast möödumine ekkeri abil.



Maa- ja numbrivai.

numbrivai ja punkt ning märkige, mitme meetri kaugusel asub see viimasest piketist. On ilmne, et need punktid ei lange kokku pikettidega, vaid asuvad kusagil pikettide vahel; kirjutage numbrivaiale järgmiselt: pikett 0 + 18, pikett 1 + 26 jne. See tähendab: teie punkt langes 18 meetri võrra kaugemale piketist 0, 26 meetri võrra kaugemale piketist 1 jne. Pikett 8 + 56 seisab 56 meetri võrra kaugemal piketist 8 ja 856 meetri võrra kaugemal piketist 0. Neid punkte nimetatakse pikettidest eraldamiseks plusspunktideks.

Te lõite magistraalil maasse palju vaiakesi (numbrivaiu ja punkte, pikette ja plusspunkte). Varem saite te mõõdistamisel läbi märkusi tegemata, nüüd tuleb teil aga sisse seada piketaažiraamat.

Tõmmake lehekülje keskele joonlauaga sirge — see on teie magistraal. Sellele märkige joonekeste ja arvudega kõik piketid ja plusspunktid. Pikett 0 peab asuma lehekülje alläärel. Kui kõik piketid ühele leheküljele ära ei mahu, siis jätkake järgmisel leheküljel.

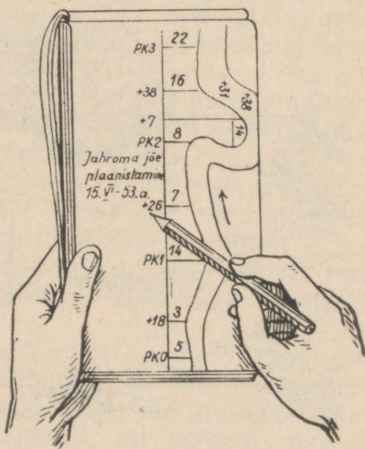
Pidage meeles mõned reeglid, mis on kohustuslikud igale topograafile, ja olgu nad kohustuslikud ka teile kõigi teie topograafiliste tööde juures.

Kunagi ärge kirjutage üksikutele paberilehtedele, vaid ainult spetsiaalsetesse kõvade kaantega raamatutesse ja märkmikkudesse. Kõik märkused tehke nii korralikult kui vähegi võimalik, numbrid kirjutage selgesti, et igaüks võiks neist aru saada. Sirgjooned tõmmake ainult joonlauaga. Väga kohased on selleks väikesed läbi-

lõuakse maasse pärast igakordset vardakeste üleandmist, s. o. iga 100 m tagant.

Algpunkti asetatakse alati pikett 0, 100 meetri järel — pikett 1, siis pikett 2 jne. Pikett 10 tähendab, et on mõõdetud üks kilomeeter, pikett 100 — 10 kilomeetrit jne.

Pöördume tagasi magistraali juurde. Pikett 0 on teil maasse löödud, ja alustate nüüd joone mõõtmist. Mõõtmisel jälgige hooliga jõge: kui jõgi teeb käänaku, siis lööge iga käänupunkti kohale



Piketaažiraamat abrissiga.

paistvad tselluloidist kolmnurgad. Pliiats peab olema terav: vatmanpaberi jaoks kõvem — 3T, 2T ja T, tavalise kirjutuspaberi jaoks mitte pehmem kui TM ja M¹. Kunagi ärge kasutage keemilist pliiatsit: juhul kui hakkab vihma sadama, määrduv teil kogu joonis. Kui mingi number on kirjutatud valesti, siis kriipsutage ta läbi, kuid nii, et oleks võimalik lugeda ka esialgset arvu. Kategooriliselt on keelatud numbroid kustutada: äkki osutub ebaõigeks teie teine arv, aga esimest, mis õigeks osutus, enam taastada ei saa, kuna see on kustutatud.

Välimärkmed — see on ametlik dokument.

Esimese lehekülje servale kirjutage, mis mõõdistamine see on ning kus ja millal see toimus. Näiteks: «Jahroma jõe mõõdistamine, praktiline töö 15. juunil 1953. a. Mõõdistamist teostasid need ja need», ning kõik osavõtjad peavad alla kirjutama.

Te lõite magistraalil maasse neli piketti koos plusspunktidega — tähendab mõõtsite 400 meetrit. Alus on teil valmis, edasi alustage üksikasjade, s. o. jõeloogete mõõdistamist.

Igast piketist ja plusspunktist ehitage ekkeriga ristjoon kuni jõeni. Neid ristjooni nimetatakse o r d i n a a t i d e k s. Mõõtke kõik ordinaadid ja joonestage nad oma piketaažiraamatusse vastavalt sellele, kuidas nad lähtuvad magistraalilt; iga joone keskkohale kirjutage selle pikkus.

Magistraali on parem mõõta ruletiga. Ordinaatide mõõtmiseks võib kasutada ka harkmõõtjat.

Pange tähele, et ühes kohas tuli jõekäänaku täpsustamiseks tõmmata täiendav ristjoon juba ordinaadist.

Samaaegselt mõõdistamisega joonistage jõe kontuurid silma järgi, sest ordinaatide otspunktide vahel lookleb jõgi sujuvalt, mitte aga nurklikult. Niisugust joonist nimetatakse a b r i s s i k s. Siin võib teil tarvis minna kustutuskummi, kuna neid jõekäänakuid tuleb püüda joonistada võimalikult täpselt, sarnastena tegelikele. Mõnes kohas mõõtke jõe laius; kuidas seda teha, seda te juba teate.

Kirjeldades jõe mõõdistamist, tutvusime ühtlasi ühe topograafilise mõõdistamise meetodiga — o r d i n a a t i d e m e e t o d i g a, mille puhul saadakse teatud kontuurid mõnest joonest (magistraalidest) tõmmatud ristsirgete abil.

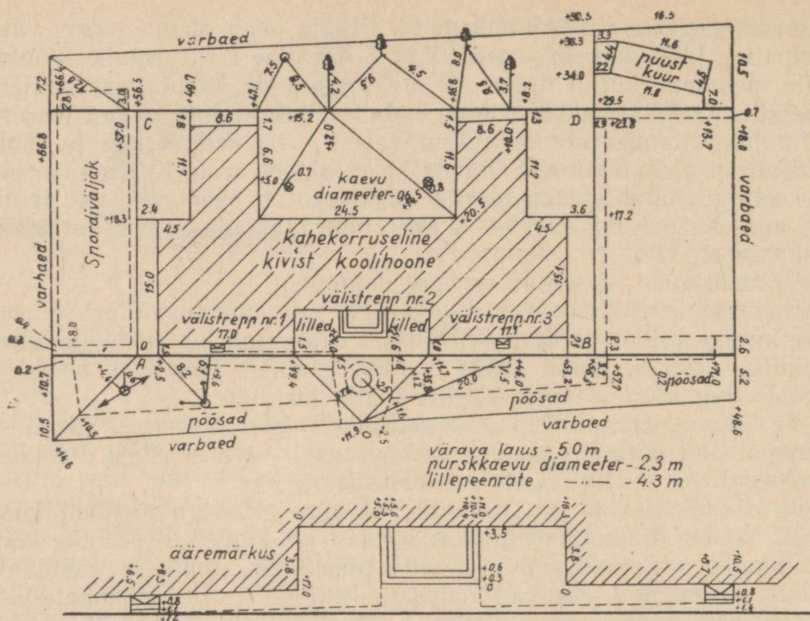
Kuidas nende välimärkmete ja jooniste alusel jõe plaan joonistada, seda ma teile praegu ei selgita. Püüdke see ise valmistada.

KOOLI ÕU

Vaatleme ekkeri abil toimuva topograafilise mõõdistamise keelulisemat näidet.

Üldiselt kasutatakse ekkerit topograafilistel töödel ainult abi-

¹ Kõvadusastmed on pliiatsitel märgitud ka järgmiselt: 3H, 2H, H, HB ja B.



Kooliõue mõõdistamise abriiss. Numbrid kirjutatakse vastavalt mõõdistamise käigule.

instrumendina, kuid neid võtteid, millest ma teile järgnevalt räägin, kasutatakse tavaliselt hoonestatud maatükkide topograafilisel mõõdistamisel.

Valmistame kooliõue plaani. Hiljem saame seda kasutada spordiväljaku või lillepeenarde rajamisel ning õue ümberplaneerimisel, võime ta ka ära värvida ja kooli muuseumi paigutada.

Nagu näete, on krunt peaaegu riskülikukujuline. Selle keskel asub keeruliste kontuuridega kolme välistrepiga koolihoone; on lillepeenrad, põõsastik, spordiväljak, juurvilja-aed, postid, kanalisatsioonikaevud, kuur ja purskkaev. Kõiki neid üksikasju nimetatakse topograafide keeles *situatsiooniks*.

Esmalt teostage kogu maatüki esialgne ülevaatus ja mõelge hoolikalt läbi, kuidas te seda hakkate mõõdistama. Seda ettevalmistavat ringkäiku krundil nimetatakse *reognostseerimiseks*. Mõelge läbi, kuidas ehitada alus, et vähima arvu joontega saavutada parimaid tulemusi. See nõuab muidugi teatavat vilumust.

Käesoleval juhul on selge, et alus on tarvis tähistada koolihoonet piirava risküliku *ABDC* kujul. Püüdke selle pikemad küljed rajada hoone lähedalt, mitte kaugemalt kui 2 m seintest.

Te alustagegi tööd risküliku ehitamisega. Ekkeri abil ehitage punktidest *A* ja *B* kaks ristjoont, millel mõõtke välja võrdsed kaugused *AC* ja *BD*. Selle risküliku kontrollimiseks pole võimalik mõõta diagonaale (hoone segab), seepärast tuleb ekker kontrolli-

miseks asetada punkti *C* ja, ehitades joonele *AC* ristsirge, veenduda, et punkt *D* asetseb õigesti («tabab»). Kuna jooned tulevad teil lühikesed, siis pole tähiseid tarvis, vaid kasutage nende asemel ajutisi vaiu, millised võib pärast mõõdistamise lõpetamist välja tõmmata.

Nüüd valmistage abriiss. Selleks alustage riskülikust. Abriss valmistage võimalikult korralikult ja suurelt. Pidage meeles, et teil tuleb sellele mahutada suur hulk igasuguseid arve. Püüdke saavutada situatsiooni kõigi kontuuride ja nende vastastikuse asendi võimalikult suurem sarnasus tegelikkusega. Ärge kartke kasutada kustutuskummi. Kui abriiss ei mahu teie piketaažiraamatu ühele leheküljele, jagage see osadeks, kuid nii, et ühe lehekülje äärel joonistatud situatsiooni kontuurid korduksid järgmise lehekülje äärel. Mõõdistatakse ainult püsivaid objekte; heinakuhje, puuriitu, ajutisi raamistikke, liivahunnikuid jne. pole tarvis abriissile kanda.

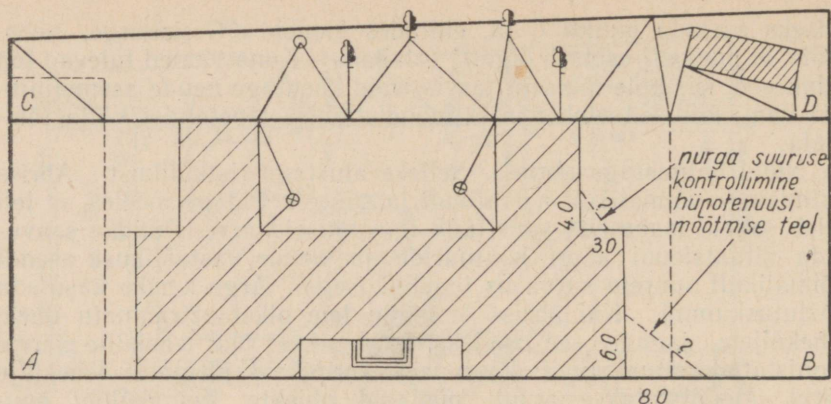
Alustame nüüd mõõdistamisega.

Teostage kõik mõõtmised ainult ruletiga, täpsusega kuni 0,1 m. Alustage joone *AB* mõõtmisega ja samaaegselt kandke peale ka situatsioon. Joonest *AB* tõmmake mõlemale poole ristjooned — ordinaadid hoone nurkadeni ja teekäänakuteni. Ordinaadid, mis on lühemad kui 2 m, tõmmake lihtsalt silma järgi ja kuni 8 m pikkused egiptuse kolmnurga meetodiga.

Kõige parem on teostada mõõdistamist kahe ruletiga. Ühte ruletti tõmmatakse ainult mööda alusjoont, teist selle ruleti vastava lugemi kohalt situatsiooni kontuurideni. Arvud alusjoonel reastage kasvavas järjekorras, alustades nullist: +2,5, +4,6 jne. Vastavalt mõõtmise käigule märgitakse ka arvud, seepärast on neist osa kirjutatud küljega ühele poole, osa — küljega teisele poole. Ordinaatide mõõtarvud paigutatakse piki joont ilma plussmärgita. Hoiduge nendelt ordinaatidelt ehitamast veel kolmanda järgu ristjooni, sest mõõtmistel viga pidevalt kasvab.

Pange tähele, kuidas on mõõdistatud aianurgad, postid ja kanalisatsioonikaevud. Alusjoone kindlatest punktidest on mõõdetud igaüheni neist kaks kaldjoont, mille tulemusena saadi kolmnurgad. Me teame kõigi nende kolme külje pikkused. Selliseid kolmnurki on võimalik alati paberile ehitada kas või ainult sirkli abil, ja järelikult kanda plaanile ka aianurgad ja muud esemed. Need kolmnurgad on veel ühe plaanistamise mooduse — joonlõigete meetodi näiteks. Need lõiked tuleb ehitada nii, et saadud kolmnurk läheneks ligikaudu võrdkülgsele kolmnurgale ja lõigatava eseme juures tekkinud nurk poleks ei liiga terav ega ka liiga nüri — mitte väiksem kui 30° ja mitte suurem kui 150° . Kui neid tingimusi pole võimalik täita, on parem teha kolmas lõige ja järelikult ehitada kaks kõrvuti asuvat kolmnurka (toodud näites on nii mõõdetud värava keskoht). Et vähem arve kirjutada, püüdke kaldlõiked tõmmata samadest aluspunktidest, millistest algavad ka ordinaadid.

Tiheda okaspõõsastiku tõttu ei saanud aia paremat alumist nurka



Kooliõue mõõdistamise teine moodus, kus aluseks võetakse koolihoone. Näidatud on abrissi ülemine osa. Numbrid on jäetud abrissile kandmata.

kuidagi mõõdistada alusest lähtuvate lõigetega. Siin tuli erandjuhuna teha teise järgu lõige (mõõdetakse kogu aia pikkus värava keskelt aia nurgani).

Aia parempoolset ülemist nurka polnud võimalik lõigata, sest kuur segas. Jooni *BD* ja *CD* tuli pikendada kuni aiani ning teha samad lõiked pikenduste lõpp-punktidest piki aeda kuni nurgani.

Mõõtke eraldi kõik ehitused. Pidage meeles: hoonete nurgad võivad mitte osutada täisnurkadeks, sellepärast tuleb mõõta eranditult ehituse kõik küljed. Mõõdulint asetage maha otse hoone soklite ääres. Mõõdistamisel saadud arvud paigutage piki seinajoont. Purskkaevu tsentrini tõmmake lõikest ordinaat ja kusagil abrissi äärel märkige purskkaevu ja seda ümbritseva lillepeenra diameeter. Välistreppide ordinaatide pikkused tulid nii väikesed, et ka need tulid näidata kõrval, eraldi ääremärkusena.

Näete, kui keeruline tuli joonte võrk ja kui palju on kirjutatud arve. Seepärast kordan veel kord: pöörake erilist tähelepanu abrissile ja numbrite kirjutamise korralikkusele. Hiljem, kui jõuate koju ja hakkate plaani joonestama, peate te abrissist aru saama viimase kui ühe numbrini.

Hoonestatud maatükkide plaan on mõnikord väga keeruline. Kui te joonestate plaani, siis on võimalik, et mitte kõik ei tule teil kohe õigesti välja ega «istu» oma kohal. Üht-teist tuleb teil üle mõõta, võib-olla jätsite midagi välja. Valmis plaaniga minge uuesti maatükile ja võrrelge seda paikkonnaga. Plaanide joonestamisest räägime hiljem lähemalt.

Kus ja millist mõõdistamise viisi rakendada, pole võimalik ette öelda. Koolihooned võivad olla väga mitmesuguse kujuga, samuti võib ka paikkonna situatsioon osutada väga erisuguseks. On vaja palju taibukust ja kannatlikkust, et seesugust keerulist maatükki plaanistada nii nagu vaja. Vaadake joonist ja te näete, kuidas nii

mõnigi kord tuli kasutada eri võtteid (näiteks, kuidas mõõdistada kuuri, lillepeenart ja muid esemeid).

Eraldi arutan teiega läbi juhu — kuidas plaanistada kooliõue ilma ekkerita.

Kui koolihoone on suur, kivist ja hiljuti ehitatud, võite olla pea-aegu kindlad, et kõik tema nurgad on täisnurgad. Võtame aluseks koolihoone seinad. Tõmbame hoone mõlemalt pikemalt, s. o. nii esikui ka tagaküljelt aiani pikendused (joonisel näidatud jooned AB ja CD). Mõõtke ära pikkused AC ja BD , mis ei tohiks teineteisest erineda üle 20—30 cm. Mõõtke hoolikalt hoone kõik küljed. Joonetega AB ja CD , hoone nurkadega, samuti sõega spetsiaalselt seintele märgitud kriipsudega võib «siduda» (see on topograafiline termin) lõigete meetodi abil kogu situatsiooni. Muidugi tekivad siinjuures pikemad lõiked ja nende arv on väga suur.

Kontrollige, kas koolihoone nurgad on tõepoolest täisnurgad. Kuidas seda egiptuse kolmnurga abil teha, selgub jooniselt. Osa nurki kontrollige vahetult, asetades piki seinu mõlemad 3 ja 4 meetri pikkused kaatedid ja mõõtes hüpotenuusi. Kuid tavaliselt ei õnnestu selliselt kontrollida, sest teil pole võimalust hüpotenuusi mõõtmiseks; tuleb kontrollida vastavat välisnurka, pikendades seinajoont maapinnal. Kui hüpotenuus erineb 3—4 cm võrra, siis ärge laske ennast sellest eksitada ja lugege selline nurk täisnurgaks. Kui hoone mõõtmed lubavad, ehitage kolmnurga küljed vastavalt kaks korda pikemad, s. o. 6, 8 ja 10 meetrit.

Sellisel viisil võib mõõdistada koolihoovi ainult sel juhul, kui kaugus koolimaja nurkadest lähima aiani ei ületa hoone enese mõõtmeid ja kui situatsiooni on võrdlemisi vähe.

TOPOGRAAFIA TOAS

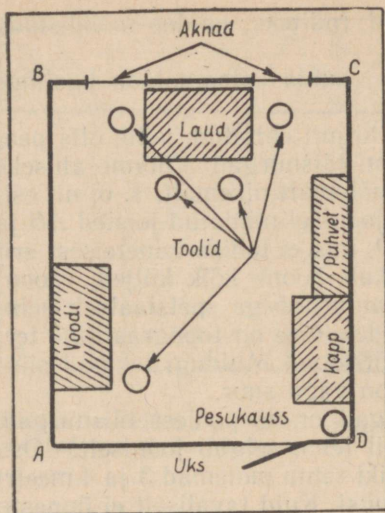
Nüüd vaatame topograafilist tööd, mida saab teha igasuguse ilmaga, toast väljumata. Tõepoolest, miks mitte valmistada toa plaani?

Ruleti asemel võib kasutada mõõdurihma. Teie toas on laud, sellepärast me ei hakka tegema spetsiaalset abrissi, vaid mõõdistame ja joonestame üheaegselt.

Teie plaani aluseks jäävad toa neli seinu. Kõik kaugused mõõtke täpsusega kuni 0,1 m.

Alustage oma töid kõigi nelja toanurga kontrollimisega. Vana- des majades võivad nurgad olla sageli ka mitte täisnurgad. Mõõtes ära mõlemad diagonaalid, saame seda kontrollida. Ärge laske ennast eksitada, kui diagonaalid pole võrdsed, vaid istuge kähku laua taha ja ehitage paberil sirkliga esiteks üks kolmnurk, ütleme ABC , ja ühendage sellega teine — BCD . Vähendage kõiki mõõtmeid olenevalt toa suuruselt 20 või 50 korda.

Kui alus on joonestatud, minge üle situatsioonile. Mõõtke ukse laius ja selle kaugus nurgast; samal viisil mõõtke aknad. Kandke



Toa plaan.

need suurused kohe plaanile, sest muidu võivad need ununeda. Erijuhuna tuleb siin taganeda topograafia põhinõuetest ja kanda plaanile «liikuvaid» esemeid. Mõõtkes iga eseme laius ja pikkus ning «siduge» ta seintega kas lühikeste ristjoontega — ordinaatidega — või lõikejoontega nurkadest.

Kujutage mööbel sellisena, nagu ta näiks ülevalt, laest vaadatuna. Voodi, laud ja puhvet tulevad ristküliku- ja ümmarguse põhjaga toolid ringikujulised.

Pole raske välja arvutada toa pindala: kui tuba on täisnurkne (ristkülikukujuline), siis ta pindala võrdub kahe naaberseina pikkuse korrutisega.

Samuti võib mõõdistada ja joonestada kogu korteri plaani, kui maja pole liiga suur.

Suure maja korral plaanistage ainult tubade asetus, ilma mööblita.

Iga korruse kohta tuleb valmistada eraldi plaan. Maja plaani tuleb vähendada tegelikkusega võrreldes 50—100 korda.



Teil oli aega kujundeid nihutada siia-sinna...

Nüüd veel üks «tubase» topograafia ülesanne. Teie isa sai uue korteri. Juba siis, kui maja ehitati, käisite te mitu korda korteris, avasite vannikraanid, vaatasite gaasipliiti, külmutuskappi, kuid ei teostanud eelnevalt ühte vajalikku tööd.

Praegu veab kogu teie perekond autodel kärarikkalt ja rõõmsalt mööblit; kogukad kapid ja voodid asetatakse korratult esikusse.

Oletame, et te olite varem otsustanud, kuhu seada sisse magamistuba, kuhu söögituba; hakates aga mööblit tubadesse laiali kandma, selgub, et raamatukapp varjab akna, puhvetit ja diivanit pole üldse võimalik teineteise kõrvale paigutada, söögitoas aga jäi nii kitsaks, et ei ole võimalik korraldada isegi soolaleivapidu.

Nagu selgub, oleks tulnud teil eelnevalt teostada oma uue korteri plaanistamine koos kõigi tema akendega, ustega, külmutuskapiga jne. Oleks pidanud varem joonestama korteri plaani ja mõõtma kogu mööbli, seejärel lõikama tugevast paberist välja riskülikud, ruudud ja ringid — kapid, lauad, voodid ja muud mööbliesemed — vastavalt mõõtmetele ning paigutama kõik need kujundid plaanile. Teil oli küllalt aega nihutada kujundeid siia-sinna ja läbi mõelda kogu tubade sisustuse, ja te oleksite saanud mugava ning rohke vaba ruumiga korteri.

Nüüd aga siirdume lähemast tulevikust kaugesse minevikku.

PÜRAMIIDI VARI

See oli ammu — umbes 2500 aastat tagasi. Egiptuse valitseja vaarao Amasis II istus kõige suurema püramiidi, Cheopsi püramiidi jalamil. Teda ümbritsesid arvukad õukondlased, ihukaitsjad ja orjad. Veidi eemal seisis rauk Thales, kes oli tulnud põhjast, kaugest Hellasest, ja kes kuulduste järgi oli suur mõttetark, õpetatud mees. Egiptlased tahtsid kontrollida rauga teadmisi, veenduda, kas ta tõepoolest on nii tark, nagu räägib rahvajutt.

Thales ootas, millal vaarao lõpetab nõupidamise õukondlastega ja nõuab temalt mingisuguse raske ülesande lahendamist. Lõpuks käskis vaarao kutsuda rauga.

«Tuhat korda tuhat orja ehitasid seda püramiidi — suure vaarao Cheopsi hauda,» ütles Egiptuse valitseja Thalesile. «Ei ole olnud ega saagi olema kõrgemat ehitust kui Cheopsi püramiid. Leia, kui suur on selle kõrgus.»

Thales mõtles veidi ja ütles:

«Hästi, valitseja. Ma mõõdan püramiidi kõrguse.»

Kõik jälgisid suure huviga, mida ta hakkab tegema.

Thales võttis nõöri ja mõõtis orja abiga püramiidi ruudukujulise põhja ühe külje. Seejärel mõõtis ta oma pikkuse, joonestas liivale ringi, mille raadius oli võrdne tema pikkusega, ja asus ise, nagu midagi oodates, ringi keskele. Tema liikumatu vaade oli suunatud maapinnale.

Thales vaatas oma varju. Päike kaldus läände. Vari kasvas ja

lähenes pikkamisi ringjoonele. Kui ta puudutas ringjoont, Thales otsekui ärkas, haaras suure kivi, sammus kiiresti püramiidi varju tipu juurde ja asetaski sinna kivi. Ta mõõtis varju pikkuse kivist kuni püramiidi jalamini ja lisas sellele pool püramiidi põhja ühe külje pikkusest.

Nii sai ta teada püramiidi kõrguse, tõestades egiptlastele ühtlasi oma tarkust. (Legend ei maini üht pisiasja, mida Thales kahtlematult teadis: ülesannet saab lahendada sel juhul, kui püramiidi varju tipp asub ligikaudu põhja külje keskpunktist tõmmatud rist-sirgel.)

«Mis on siin tarka!» ütlete teie. «On selge, et momendil, millal Thales'i varju pikkus oli võrdne Thales'i pikkusega, oli püramiidi varju pikkus pluss pool põhja külje pikkust võrdne püramiidi kõrgusega.»

Kuna te tunnete geomeetriat, siis tundub Thalesi ülesanne teile üpris lihtsana, kuid ärge unustage, et see toimus 2500 aastat tagasi, kaua aega enne kuulsat kreeka matemaatikut, geomeetria loojat Eukleidest.

PUU KÕRGUS

Iseenda varju pikkuse kaudu saame eseme kõrgust välja arvutada ainult päikesepaistelisel päeval. Alates vanadest aegadest on geomeetria loonud palju teisi viise esemete kõrguste mõõtmiseks.

Jutustan siin mõnest.

Suure Isamaasõja ajal anti ühe sapööripataljoni komandörile käsk ehitada kiiresti üle jõe sild. Ta kutsus enda juurde seersandi ja käskis sel välja uurida puude keskmise kõrguse lähimas metsas.

Teatud kaugusel mõõdetavast puust torkas seersant maasse umbes 2,5 m pikkuse teiba, lõi teibasse sälgu, mis asetses silmade kõrgusel, eemaldus seejärel veidi teibast ja jäi seisma sellisesse punkti, et teiba ots kattis puu ladva.

Nagu jooniselt nähtub, tekkis kaks sarnast täisnurkset kolmnurka, ja me võime kirjutada järgmise võrde:

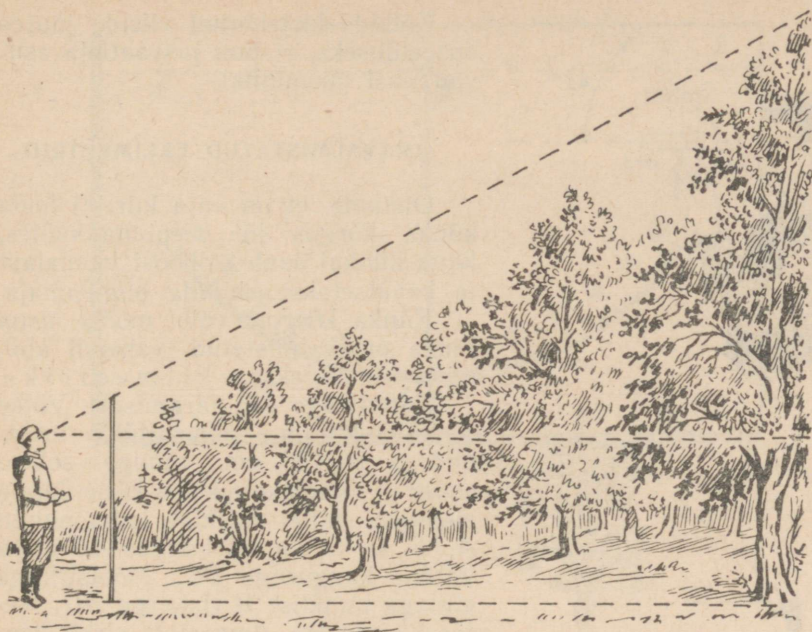
$$\frac{\text{kaugus seersandist teibani}}{\text{sälgu ja teiba tipu vaheline kaugus}} = \frac{\text{kaugus seersandist puuni}}{\text{puu ülemise osa kõrgus}}$$

Esimesed kolm suurust (kaugus teibani, sälgu ja teiba tipu vaheline kaugus, kaugus puuni) mõõtis seersant ruletiga ja arvutas nende abil neljanda, liitis sellega oma silmade kõrguse maapinnast ning saigi mõõdetava puu kõrguse.

Nüüd veel üks väga lihtne võte.

Teil on millimeeterjaotustega joonlaud. See ongi teie kõrgusemõõtja.

Seiske puust natuke maad eemal, sirutage käsi välja ja hoidke joonlaud vertikaalselt.



Seersant asetus sellisesse punkti, et vaadates teibale kattis viimase ots puuladva.

Joonlaua nullpunkt suunake puu jalale ja samaaegselt vaadake, milline joonlaua jaotuskriips langeb ühte puu ladvaga.

Jälle tekkisid sarnased, kuid mitte enam täisnurksed kolmnurged, millistest võib koostada järgmise võrde:

$$\frac{\text{kaugus silmast joonlauani}}{\text{lugem joonlaul}} = \frac{\text{kaugus silmast puuni}}{\text{puu kõrgus}}.$$

Te teate, et esimene mõõde võrdub 0,6 m-ga, lugemi joonlaul te juba tegite, kaugus silmast puuni tuleb aga mõõta¹. Nende kolme suuruse kaudu saate teada neljanda — puu kõrguse.

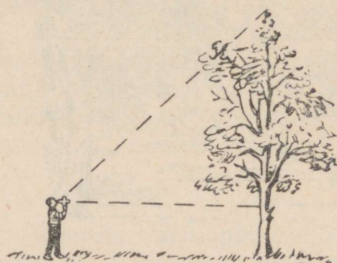
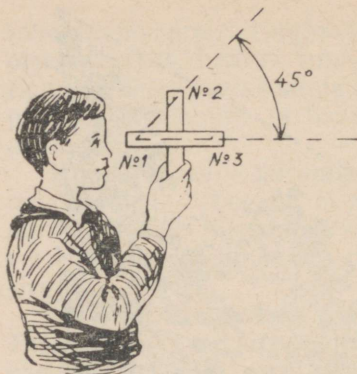
Lõpuks võite mõõta puu kõrguse ka ristekkeri abil. Võtke see vertikaalselt kätte ja astuge ise sellisesse punkti, et üks nööpnõelte siht (nr. 1 ja nr. 3) oleks suunatud silmade kõrgusel puusse lõigatud sälgule ja teine nööpnõelte siht (nr. 1 ja nr. 2) 45° nurga all puu latva.

Nagu näete, tekkis teil võrdhaarne täisnurkne kolmnurk ja järelikult võrdub puu kõrgus kaugusega puuni pluss teie silmade kõrgus maapinnast.

¹ Siin võib tekkida teatav viga, mida võib siiski jätta tähele panemata. Faktiliselt te mõõdate kauguse puuni mitte oma silmast, vaid jalgade juurest.

Kõikide kirjeldatud viiside juures on eelduseks, et puu ja vaatleja asuvad ühel tasapinnal.

OMAVALMISTATUD EKLIMEETRID



Puu kõrguse mõõtmine rist-ekkeriga.

Oletame, et on vaja kiiresti leida künka kõrgus jõe veepinna suhtes, kuna künkal asub kolhoosi loomalaud ja kavatsetakse ehitada pumbamaja.

Künka kõrgust võib mõõta üsna lihtsa omavalmistatud vahendi abil, mida nimetatakse eklimeetriks.

Valmistage see järgmiselt. Võtke ristkülikukujuline vineeritükk mõõtmatega 20×30 cm, liimige sellele paber ja tõmmake pikema külje äärel sirgjoon, millel märkige kolm punkti A , B ja C nii, et kaugus AB oleks võrdne kaugusega BC . Mõõtsirkliga ehitage punktist B ristsirge BD , seejärel tõmmake, ilma et te sirkli haarade vahet muudaksite, punktist B kaar raadiusega BD , millel märkige punktid E ja F , mis asuvad punktist D sama raadiuse kaugusel. On ilmne, et nurkade EBD ja DBF suurus on

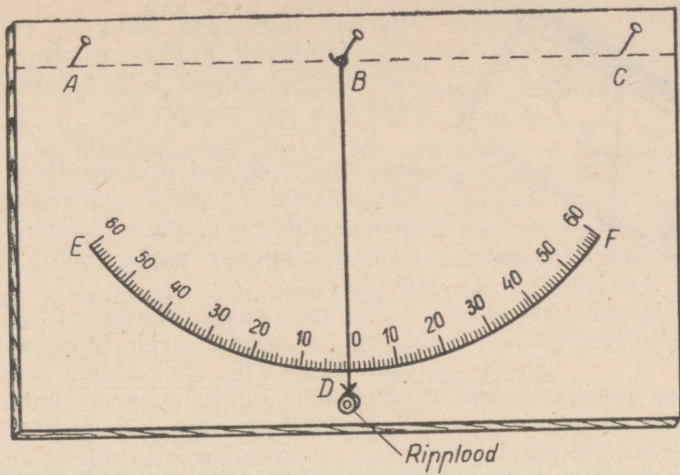
60° (kui võrdkülgsete kolmnurkade nurgad; kolmnurga külgedeks on kaks raadiust ja raadiusega võrduv kõõl).

Seejärel jaotage need kaared sirkliga nii täpselt kui võimalik neljaks osaks, iga 15° veel kolmeks osaks ning iga saadud jaotus uuesti viieks osaks, kuni olete kogu kaare jaotanud kraadilisteks jaotusteks (mõõtsirkliga saab kaart jaotada kraadideks palju täpselt kui malli abil). Punkt D on eklimeetri nullpunktiks. Sellest mõlemale poole, iga kümne kriipsukese järele, kirjutage arvud — kümned kraadid.

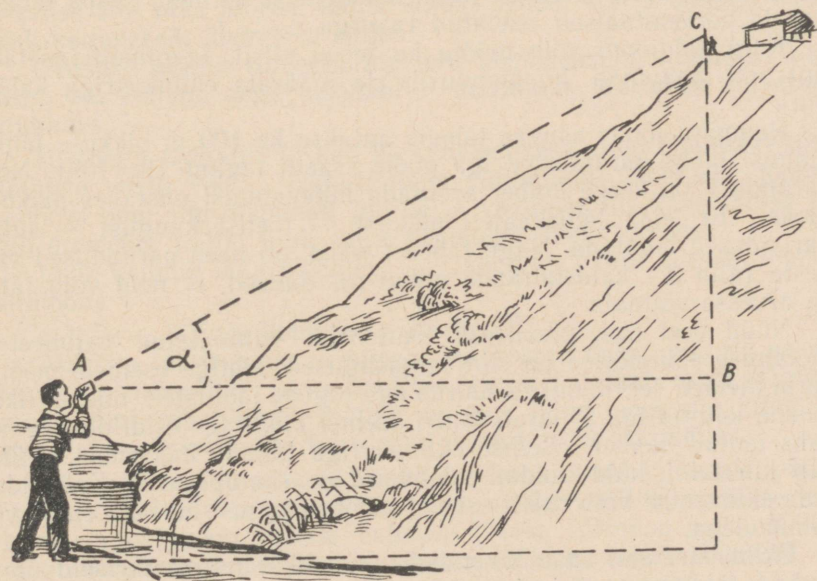
Nüüd torgake punktidesse A , B ja C nõõpnõelad; nõõpnõela B külge siduge peenikese nõõriga mingisugune raskus, näiteks mutter. Te teate, et sellist raskusega varustatud nõõri nimetatakse ripploeks.

Eklimeeter on teil valmis. Nüüd asuge mõõtma künka kõrgust.

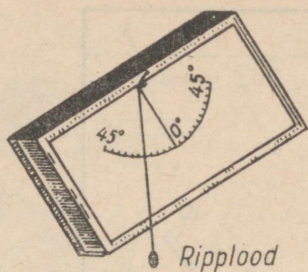
Asuge ise jõekaldale ja suunake eklimeetri nõelad loomalauda sihis, õieti küll mitte päris künka harjale, vaid pisut kõrgemale (umbes silmade kõrgusele maapinnast). Eklimeetri nullpunkt eemaldub ripploe nõõrist mingisuguse nurga võrra. Pole raske tabata, et see nurk võrdub künka kaldenurgaga — α , sest mõlema nurga haarad on risti. Lugege selle nurga suurus. Teie eklimeeter on kraadijaotustega, seetõttu võite silma järgi arvestada nurga



Ekliimeeter.



Künka kõrguse mõõtmine ekliimeetriga.



Kõige lihtsam eklimeeter (tikutoosist).

suuruse täpsusega kuni $\frac{1}{2}^\circ$, isegi kuni $\frac{1}{4}^\circ$. Järgnevalt mõõtke ruletiga kaugus jõest loomalaudani. Selle mõõtmine teostage aga piki maapinda.

Kodus ehitage kaldenurga ja mõõdetud hüpotenuusi pikkuse järgi paberil 100, 200 või 500 korda vähendatud täisnurkne kolmnurk, millel kaateti pikkuse (künga kõrguse) saate mõõta tavalise joonlauaga.

Nurga vastaskaateti CB pikkust saame arvutada veel lihtsamalt raamatu lõpus (lk. 168) asuva tabeli abil, kusjuures tabelis on ette nähtud kaks juhtu: esimene, kui on vaja leida mäe kõrgus ja on teada kaldenurk ning hüpotenuus AC , ja teine — kui on tarvis leida puu, vabrikukorstna või ka mäe kõrgus ja on teada kaldenurk ning lähiskaatet AB . See kaldenurk antakse tabelites poolekraadilise täpsusega. Suuremate nurkadega kui 45° praktiliselt tegelda ei tule.

Tabelis lk. 168 antakse kaateti CB suurus juhul, kui AC või AB pikkus on 100 m; siit pole raske välja arvutada suurust CB ükskõik millise AC või AB pikkuse juures.

Vaadake veel kord seda kolmnurka. Varem ma ütlesin, et märke tõusvat või mäest laskuvat joont mõõdetakse astmete kaupa tähistes vahele horisontaalselt asetatud ruletiga.

Kuid kaldjooni võib mõõta ka teisel viisil, ja nimelt: asetada lint piki maapinda hüpotenuusile ja määrata eklimeetriga kaldenurk.

Raamatu lõpus asuvas tabelis antakse ka 100 m pikkuse hüpotenuusi jaoks parandused iga poole kraadi tagant (lk. 169). Neid parandusi on kerge ümber arvutada hüpotenuusi mistahes pikkuse jaoks. Et leida lähiskaateti pikkust — tõelist kaugust — tuleb parandused lahutada. Nagu tabelist näha, on need parandused väikeste (alla 3°) kaldenurkade puhul nii tühised, et neid võib jätta ka arvesse võtmata.

Nüüd veel üks, tavalisest tikutoosist valmistatud eklimeeter. Mõõtmise põhimõtted on siin samasugused: sihtige esemele mõõda karbi ülemist serva, nurga suurus aga lugege jaotustelt, mis on tikutoosile kantud iga 5° järel. Mutri asemel kinnitage niidi otsa lame-daks taotud haavel. Sellise eklimeetriga toimub mõõtmine tunduvalt kiiremini, kuid saadud tulemused on ebatäpsemad. Kasutades seda eklimeetrit võib ruleti asemel mõõta kaugusi harkmõõtjaga või sammudega.

Eklimeetri abil saab lahendada maastikul mitmesuguseid ülesandeid: leida puu, maja jms. kõrgus.

Praegu ehitatakse meie maal kõikjal väikesi kolhoosidevahelisi hüdroelektrijaamu, palju on neist juba valmis ehitatud. Iga selline hüdroelektrijaam annab voolu mitmele kolhoosile.

Kas võib elektrijaama ehitada ka teie jõele?

Kõigepealt on vaja teada, kas teie jões jätkub selleks vett. Me võime seda määrata küllaltki täpselt, kui jõgi pole laiem kui 20—30 meetrit ja sügavam kui 3—4 meetrit. Kui jõgi on üle 1,5 m sügav, läheb tarvis lootsikut. Teie peate olema vähemalt kolmekesi.

Saagige palgi otsast kümme 3—4 cm paksust kettakest läbimõõduga 10—12 cm. Võtke need endaga kaasa, samuti ekker, neli tähist, kirves, rulett, kell, nõör ja köis, mis oleksid pikemad kui jõe laius, 5 m pikkune teivas ning minge jõe äärde.

Kõigepealt tuleb teil mõõta jõevoolu kiirus (pidage silmas, et seda tööd võib teostada ainult vaikse ilmaga). Valige selline koht, kus jõgi ei lookle ja kus kaldad on laued. Märkige piki kallast joon, mille pikkus ületab jõe laiuse umbes kaks-kolm korda. Oletame, et joone pikkus on teil 20 m. Püstitage joone mõlemasse otspunkti tähis ja tõmmake neist kaks veeni ulatuvat ristsirget, asetades ühtlasi nende otspunkti tähise. Sel viisil saate kaks jõega ristuvat sihti. Nimetame neid, olenevalt jõevoolu suunast, ülemiseks ja alumiseks sihiks.

Üks teist asugu kella ja märkmikuga joone keskele, teine — alumise sihi otsa juurde, kuna kolmas läheb, võttes endaga kaasa kõik kettakesed, ülemisele sihile.

Lihtsuse mõttes nimetan ma teid ülemiseks ja alumiseks ning seda, kes kellaga aega mõõdab — märkijaks. Kettakesi nimetame ujukiteks.

Hüüdega «Algan!» viskab ülemine esimese ujuki ülemisest sihist kaugele vastu voolu, vastaskaldale võimalikult lähemale, jookseb seejärel oma sihi otspunkti juurde ja vaadates üle kahe tähise jälgib momenti, millal ujuk satub tähistega ühele joonele.

Ujuk kandub ikka lähemale ja lähemale, kuni ületab lõppeks sihijoone.

«On!» — hüüab ülemine sel momendil.

Märkija jälgib kella ja niipea, kui kostab hüüd, märgib raamatusse aja minutites ja sekundites, seejärel jätkab osuti jälgimist momendini, mil alumine hüüab, et ujuk läbis tema sihi, ning kirjutab siis märkmikusse teise arvu minutites ja sekundites.

Ülemine heidab ujukeid kord kaugemale, kord lähemale, püüdes jaotada neid võrdselt kogu jõe laiusele. Sel viisil märgitakse kõigi kümne ujuki poolt sihtide vahelise jõeosa läbimise aeg. Kõikide mõõtmistulemuste põhjal arvutatakse välja keskmine. Ujukeid, mis teekonna kestel takerdusid rohtu või pöörlesid veekeeristes, ei arvestata. Oletame, et keskmine aeg tuli 48 sekundit. Voolu kiirus vee-pinnal võrdub siis: $20 : 48 = 0,42$ meetrit sekundis.

Sügavamates kihtides voolab vesi aeglasemalt, kusjuures tema

liikumiskiirus moodustab kiirusest pinnal umbes 0,8-ndiku osa. Tähendab, veevoolu keskmine kiirus on jões 0,33 m sekundis.

Ülesande esimene osa on lahendatud.

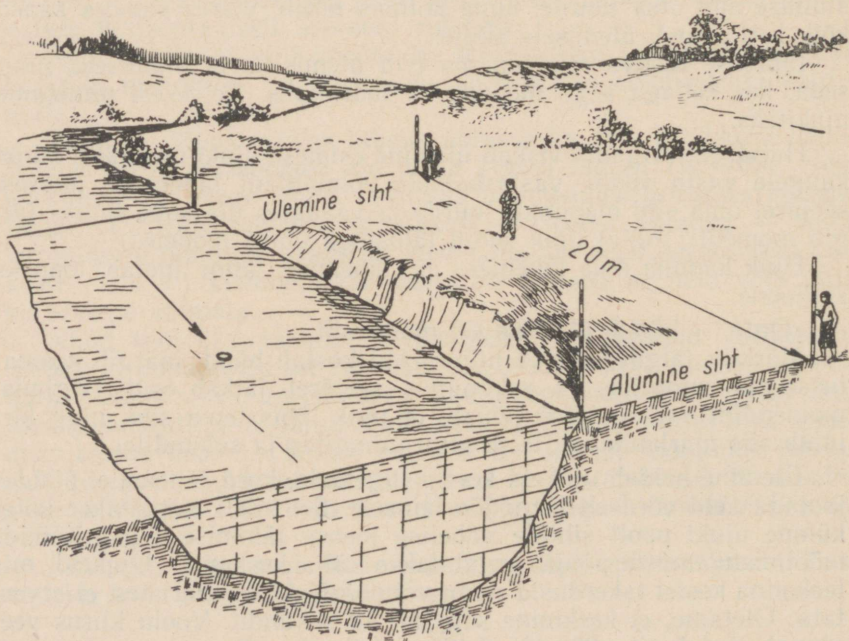
Nüüd on teil vaja määrata jõe elavpind, see on jõe ristlõike pindala. Märkige oma teibale iga 10 cm järel sälgud, iga 50 cm järel — ristsälgud, iga meetri järel — kahekordsed sälgud. Nöörile siduge iga 2 meetri järel riideribake (jõgede puhul, mis on kitsamad kui 10 meetrit, iga meetri järel).

Kõis ja nöör tõmmake alumise sihi kohal üle jõe. Tõmmake need hästi pingule ja siduge otsad kaldal tugevasti kinni — kas vaiade või puude külge.

Järgnevalt mõõtke jõe sügavus. Kuni 1,5 m-ni saab mõõta vahe-
tult, see tähendab — minna teibaga jõkke ja, liikudes piki köit, pista iga 2 m järel teivas vette ning hüüda:

«Kaks meetrit — sügavus 1,20!... Neli meetrit — sügavus 1,40!...»

Sügavamal tuleb mõõtmist teostada juba lootsikust. Et oleks mugavam töötada, lööge lootsiku parraste keskkoha väikesed klambrid ja tõmmake kõis nendest läbi. Sellepärast ongi tarvis köit ja nööri. Lootsik pingutab köit, mis selle tõttu kaardub voolu suunas, riideribakestega nöör aga jääb pinguldatult täiesti sirgeks. Te istute paadis kahekesi. Üks tõmbab paati köit mööda edasi, teine



Jõevoolu kiiruse mõõtmine.

möödab sügavust ja dikteerib saadud andmeid kolmandale, kes istub kaldal ja teeb märkmeid.

Sel viisil te mõõdate jõe sügavuse põiki läbi jõe.

Nüüd minge koju, võtke leht ruudulist paberit ja alustage joonestamist. Kandke paberile veepinda kujutav horisontaalne sirgjoon; sellest tõmmake mööda ruudukesi alla ristjooned — sügavused; ristjoonte otspunktid ühendage omavahel. Nii saate jõe ristlõike (jõe elavpinna).

Vaadeldes saadud kujundit, pole raske märgata, et see jaguneb reaks täisnurkseteks trapetsiteks ja kaheks kolmnurgaks äärtel. Geomeetriast teame, kuidas määratakse eraldi iga niisuguse kujundi pindala. Jõe elavpinna suurus on aga kõikide nende pindalade summa. Olgu ta teil võrdne $8,8 \text{ m}^2$ -ga.

Kujutage ette niisugust prismat, mille aluseks on jõe elavpind, kõrguseks — voolu keskmine kiirus ühes sekundis. On ilmne, et korrutades lõike pindala kiirusega, leiame selle prisma ruumala, saame teada, mitu kuupmeetrit vett voolab ühe sekundi jooksul läbi teie jõe elavpinna, saame teada vooluhulga südasuvel, see on tavalise suvise vee madalseisu ajal jões:

$$8,8 \times 0,33 = 2,9 \text{ m}^3 \text{ sekundis.}$$

Kuid millega võrdub vee äravool aasta jooksul? Aastas on 31 536 000 sekundit. Korrutage üks arv teisega. See annab üle 91 miljoni tonni vett. Nii väike jõekene, aga kui palju voolab aasta jooksul temast vett läbi! ¹

Südasuvel, see tähendab tavalise suvise vooluhulga järgi, võite leida vooluhulga ka ükskõik millise kõrgema jõe veeseisu, isegi suurvee korral.

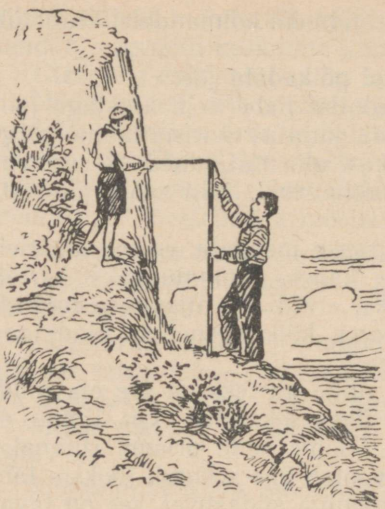
Selleks on tarvis määrata ristprofiil, see on kogu jõeoru ristlõike pind nende punktideni mõlemal kaldal, milleni vesi kõrgvee korral ulatub.

Selliseid punkte nimetatakse kõrgvee seisuks (KVS). Sellised punktid tuleb leida.

Kõrgvee korral kannab vesi endaga kaasa palju igasugust materjali — puutükke, heina, õlekõrsi, pilpaid, palke. Kui vee tase alaneb, takerduvad hein ja õled üleujutatud põõsaste ja puude okste külge, palgid ja pilpad aga jäävad kaldale.

Kui selliseid üleujutuse tundemärke ei õnnestu leida, tuleb pööruda kohalike elanike, eriti vanemate inimeste poole, kes mäletavad suurimaid üleujutusi. Sageli võivad vanemad inimesed näidata palju aastaid tagasi toimunud suurima üleujutuse KVS punkte. Kui vesi tõuseb ainult natuke üle kallaste, siis võite jõeoru ristprofiili määrata eklimeetri abil.

¹ Pange tähele! Tehakse vahet vooluhulga ja äravoolu vahel: vooluhulgaks nimetatakse vee hulka, mis voolab jõe ristlõikest läbi ühe lühikese ajaühiku (näit. sekundi) jooksul, äravooluks aga kogu vee hulka, mis voolab selles kohas jõest läbi mingi pika ajavahemiku (näit. aasta) jooksul. Toim.



Järsaku perve kõrguse mõõtmine.

Parem kallas on järsk, siin pole üldse eklimeetrit vaja. Vertikaalselt asetatud teiba ja horisontaalselt pingule tõmmatud ruleti abil saate teada järsaku perve kõrguse. Üle selle ei tõuse vesi kunagi.

Vasak kallas on algul lauge, seejärel tuleb väike astang, hiljem kulgeb peaaegu tasane lamm kuni kõrgvee ligikaudse seisuni.

Eklimeetri abil leiame 56 m kohta kallaku $3,5^\circ$, seejärel 2 m laiuse astangu kõrguse, milleks on üks meeter, edasi 100 m kohta kallaku $2,5^\circ$. Malli või juurdelisatud tabeli (lk. 168) abil võite koostada graafiliselt jõe täieliku ristprofiili ja järelikult määrata elavpinna pindala kõige kõrgema veeseisu puhul.

Voolu kiirus kõrgvee puhul on keskmisest alati suurem, sellepärast võtke ligikaudseks kiiruseks 0,50 m sekundis ja ma arvan, et te eksite õige vähe.

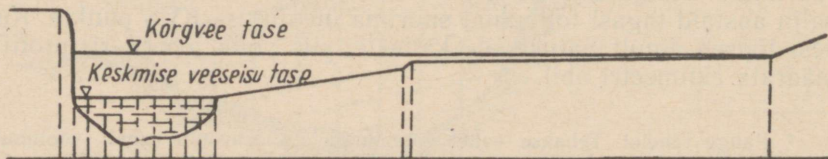
Kui hüdroelektrijaama ehitamine teie jõele on kinnitatud, sõidavad teie juurde uurijad. Te võite neile osutada suure teene, jutustades üksikasjalikult oma jõest: millal ja kui palju tõuseb kevadel tema veetase, näitate kõige sügavamad ja kõige madalamad kohad, näitate, kus põhi on mudane, kus liivane jne.

Uurijaid huvitab kindlasti ka, millise vooluhulga saite teie, kuigi nad ise määravad selle palju täpsemal viisil. Elavpindu ei mõõdavad mitte ühe, vaid kolm ja rohkem, ning määravad neist keskmise; voolu kiirust ei leia nad mitte ujukite abil, vaid erilise riistaga — tiivikuga.

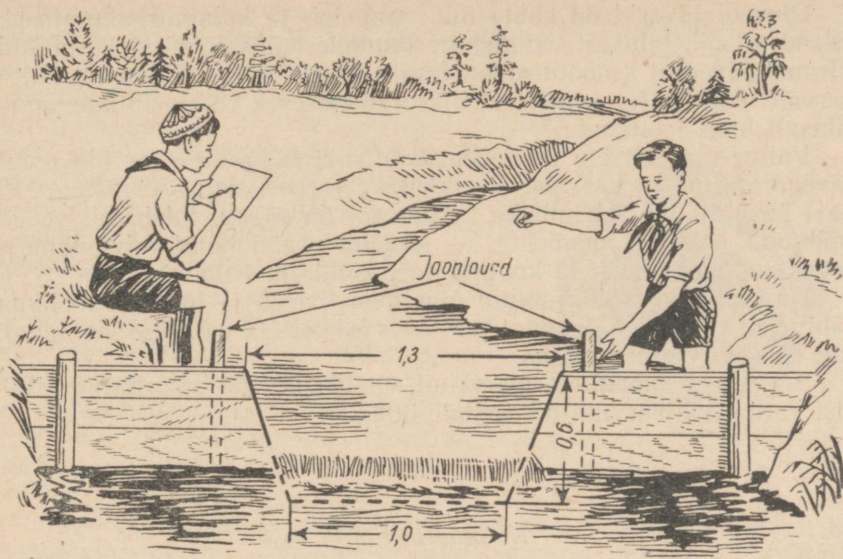
See on metallvarda otsa kinnitatud propeller. Propeller lastakse mitmesugustele sügavustele, kusjuures ta on ühendatud elektrikellaga.

Veevool paneb propelleri pöörlema; pärast iga kümnet pööret kell heliseb ja tehnik loeb, mitu korda kell 2 minuti jooksul helises. Nende andmete põhjal leitakse voolu keskmine kiirus.

Kui te oma ujukite kulgemise aega ja jõe sügavust mõõtsite



Jõeoru ristprofiil.

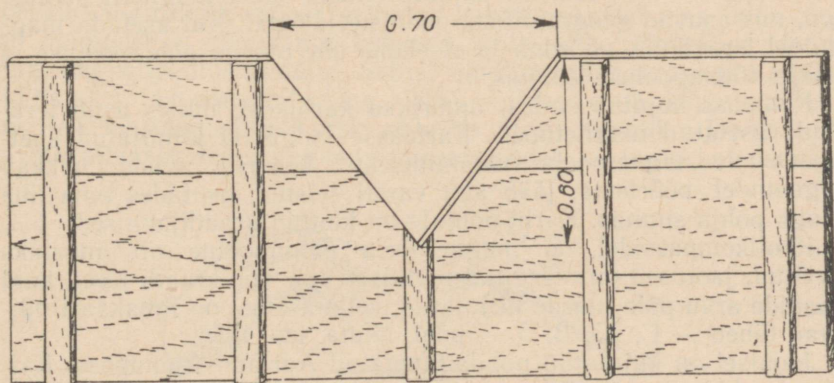


Voolu hulga mõõtmine trapetsikujulise ülevooluläve abil.

täpselt, siis ei erine teie arvud oluliselt uurijate poolt saadud arvudest.

Kõike seda rääkisin ma võrdlemisi suure jõe kohta, kus ujukid saavad enam-vähem takistamatult ujuda.

Kui jõgi on madal ja kinni kasvanud, võib sihtide vahelist jõe-põhja rohust ja vesikasvudest eelnevalt puhastada. Kui see pole jõgi, vaid madal ojakene, kus, nagu öeldakse, vesi ulatub varblasele põlvini, võib vooluhulka määrata väga lihtsalt ja kiiresti niinime-tatud ülevooluläve abil.



Kolmnurgakujuline ülevoolulävi.

Ülevoolulävesid on kahte liiki: trapetsi- ja kolmnurgakujulised. Olenevalt oja laiusest valmistage laudadest üks joonisel kujutatud ülevoolulävedest (mõõtmel on antud meetrites). Mõlemale külgservale märkige iga sentimeetri järel joonekesed või naelutage sinna lihtsalt kaks joonlauda.

Valige ojas kitsam ja sirgem koht ning tõkestage see ülevoolulävega; seejuures kaevake ülevooluläve servad sügavalt maasse, et vesi kusagilt läbi ei imbuks. Kui vool on tugev, tuleb teil veega võib-olla tublisti maadelda — toppida praod kinni rohupuhmas-tega, saviga, tugevdada kogu ehitust kivide ja vaiadega.

Ülevoolulävega tõkestatud ojas vesi tõuseb ja hakkab voolama läbi ava. Oodake natukene, kuni tõus lakkab, ja märkige joonlinal, kui kõrgele veetase ulatus.

Sellega on mõõtmine lõpetatud. Otsige lk. 169 paigutatud tabelist varem väljaarvutatud vooluhulk.

Kolmas peatükk

ME VALMISTAME ISE PLAANE

KOMPASS

Kompass on instrument ilmakaarte määramiseks. Ta leiutati juba vanal ajal (2500 aastat enne meie ajaarvamist) Hiinas. Hiljem leiutati ta teistkordselt XIV sajandil Euroopas.

Juba vanad kreeklased tundsid rauamaagi imelist omadust — tõmmata enda külge rauda. Seda omadust nimetatakse *magnetismiks*. Kui magnetilise rauamaagiga hõõruda terasetükki, näiteks osutit, siis saab ka viimane sama omaduse.

Suurima külgetõmbega on osuti otsad, mida nimetatakse põhja- ja lõunapooluseks. Maakera kujutab endast suurt magnetit poolustega, mis asuvad geograafiliste pooluste lähedal. Kui asetada magnetnõel teravikule, pöörduv ta otsekohe ühe otsaga põhjapooluse ja teisega lõunapooluse suunas.

Kompass kujutab endast ümarikku karbikest, milles asub teravikule asetatud magnetnõel. Karbikese külge on kinnitatud spetsiaalne riiv magnetnõela sulustamiseks. Kui riiv avada, hakkab magnetnõel pöörlema, jääb aga varsti seisma, osutades oma ühe otsaga põhja suunas. Karbi põhjale on kantud kraadijaotused.

Koolikompassidel on magnetnõela põhjapoolne ots mustaks värvitud; jaotused on märgitud tavaliselt iga viie kraadi järel, kuid kraadide arvu pole juurde kirjutatud, selle asemel on ilmakaari näitavad tähed — C, IO, B, 3 — põhi, lõuna, ida, lääs.

Joonisel on kujutatud nõndanimetatud Adrianovi kompass. Kat- suge hankida just selline: temaga on mugav töötada. Adrianovi kompass on veidi suurem tavalisest koolikompassist; jaotused on

tõmmatud iga kolme kraadi järel, külgedele on kinnitatud sangakesed rihma jaoks; kompassi kaas on pööratav ja kaanele on kinnitatud sihtimiseseadeldis — sälk ja kirp, nagu püssil. Hoides magnetnõela otsa kogu aeg nullpunktil, võite pöörata rõngast ja sellega kompassi üle sälgu ja kirbu mingisugusele esemele välja sihtida.

Seda kompassi võib kasutada ka pimedas; osuti põhjapoolne ots, kraadide numbrid ja väikesed punktid jaotustel 0° , 90° , 180° , 270° on kaetud helendava fosforiseguga.

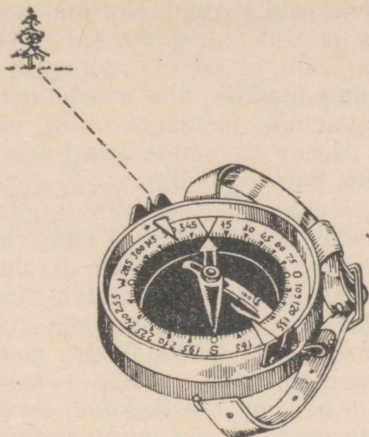
Kui te kompassiga ei tööta, hoidke magnetnõel sulustatud asendis.

Magnetipoolused ei ühti geograafiliste poolustega. Magnetilõunapoolus asub Gröönimaast lääne pool ja magnetnõel näitab just seda suunda, mitte aga tõelist põhjasuunda. Nurka, mille võrra magnetnõel kõrvale kaldub, nimetatakse magnetiliseks deklinatsiooniks e. kõrvalekaldeks. Maakera eri kohtades on magnetilise deklinatsiooni suurus erinev.

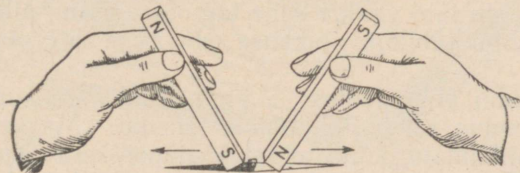
Magnetiline deklinatsioon ei ole antud maakohas püsiv. Sajandi ja isegi ühe aasta jooksul muutub ta aeglaselt — $3'$ — $8'$. Ööpäeva kestel võib magnetnõel kalduda kõrvale keskmisest asendist $15'$ võrra. Äikese mõjul võib ta korraga käänduda kõrvale kuni 2° . Magnetnõelale mõjuvad maavärisemised, isegi need, mis toimuvad maakera vastasküljel. Päikeseplekide mõjul tekivad maakeral niinimetatud magnetilised tormid, mispuhul magnetnõel hakkab ebaühtlaselt võnkuma.

Maakera teatud kohtades kaldub magnetnõel ootamatult järsult kõrvale. See räägib sellest, et antud kohas peituvad maapõues suured magnetilise rauamaagi lademed, mille külgetõmbejõud ületab Maa magnetipooluste mõju. Sellist nähtust nimetatakse magnetiliseks anomaaliaks. NSV Liidus asub kõige suurem magnetiline anomaalia Kurski oblastis Starõi Oskoli rajoonis.

Ma töötasin selles rajoonis uurimistöödel ja tegin kompassiga



Adrianovi kompass.



Nii magnetiseeritakse osutit.

huvitavaid katseid. Kui ma avasin sulustusriivi, magnetnõel tuksatas ja selle must ots surus end vastu kompassikarbi põhja. Ma märkasin, et see ots näitas nii läände kui ka itta ja isegi lõunasse. Kahes punktis, mis asusid teineteisest kilomeetri kaugusel, näitas magnetnõel mõnikord täiesti vastupidiseid suundi.

Nende rajoonide kaartidele on kirjutatud: «Kompassi kasutamine pole võimalik».

Muide, kui tavalistes tingimustes lähendada magnetnõelale kirves või ükskõik milline teine rauast ese, hakkab magnetnõel samuti hüplema ja pöördub varsti oma põhjapoolse otsaga kirve suunas. Rauast eseme mõju ületab maakera magnetipooluste mõju. Kui te lähendate kompassile kirve, kuid magnetnõel käändub aeglaselt ja nõrgalt, siis tähendab see, et magnetnõel on tugevasti demagnetiseerunud.

Kui kooli füüsikakabinetis on pikergusi pulgataolisi magneteid, võib magnetnõela uuesti magnetiseerida. Selleks võtke magnetnõel kompassist välja, pange ta lauale ja hõõruge magnetiga keskkohast otste suunas. Pärast 15—20 liigutust pöörake magnetnõelal teine külg ja hakake uuesti hõõruma. Magnetnõela põhjapoolset otsa hõõruge magneti lõunapoolusega ja lõunapoolset otsa põhjapoolusega.

Ma rääkisin teile magnetnõelast niipalju halba, et te võib-olla ütlete: mispärast magnetnõela siis kasutatakse, kui teda ei saa usaldada. Sellele ma vastan: maavärisemist ja magnetilisi torme ei esine sugugi sageli. Enamik magnetiliste anomaaliatega kohti on tuntud. Äikese ajal ei saa tõepoolest kompassiga töötada. Magnetnõela ööpäevased kõikumised võib jätta arvestamata. Rauast esemed hoidke kompassist eemal. Magnetilist deklinatsiooni, mis muutub aasta või sajandi jooksul, saab alati arvesse võtta.

Kui tahate, võite selle ise välja arvutada. Selleks on vaja leida täpne põhjasuund — t ö e l i n e m e r i d i a a n .

TÖELINE MERIDIAAN

Tõelise meridiaani leidmiseks on mitu viisi.

Kirjeldan neist kahte.

E s i m e n e v i i s — Põhjanaela järgi.

Põhjanaela on taevaalaotusel väga kerge leida. Arvatavasti te tunnete seitsmest tähest koosnevat Suure Vankri tähtkuju. Tõmmake mõtteline sirgjoon läbi vankri kahe tagumise ratta, pikendage seda joont umbes kogu tähtkuju pikkuse võrra ja te leiategi Põhjanaela.

Maailmaruumi põhjapoolus — punkt, kuhu on suunatud maakera telje pikendus, asub Põhjanaela lähedal. Maakeralt näib, et see punkt on liikumatu, kuna teised põhjapoolkera tähed pöörlevad tema ümber. Selle punkti ümber tiirleb ka Põhjanael, kuid ainult veidi rohkem kui 1° piires.

Seepärast, kui te tahate määrata tõelist meridiaani mitte suurema veaga kui $1,5^\circ$, seiske maastikul teatud punktis ja püstitage tähised oma silma ja Põhjanaela sihile. Kuna töötada tuleb pimedas, siis signaliseerige tähiste asetamisel taskulampidega.

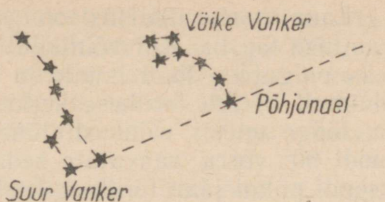
Teine viis — kudumisvarda abil.

See moodus on täpsem, kuid ta raiskab teil terve päeva — kella 6-st hommikul kuni peaaegu päikeseloojanguni.

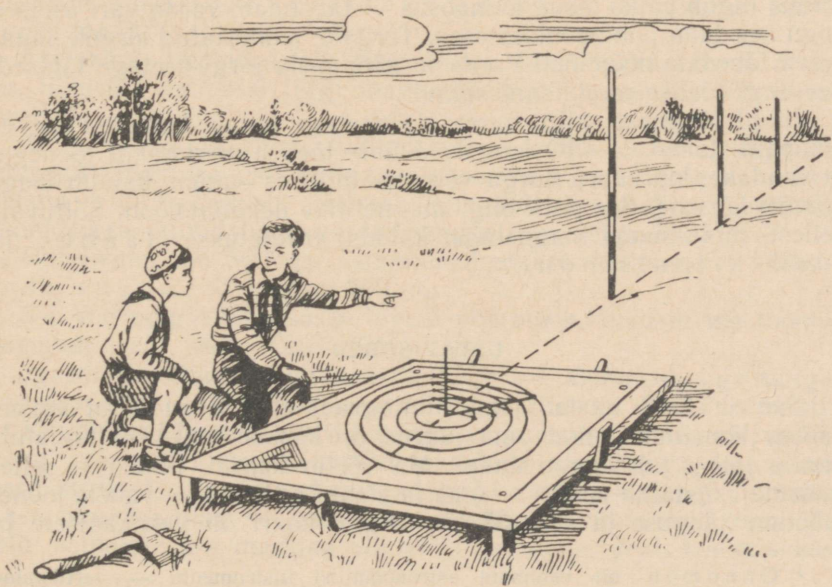
Joonestage õhtul suurele paberilehele viis kontsentrilist ringi, neist väikseim raadiusega umbes 10 cm, suurim — niipalju kui aga lubavad teie sirkli mõõtmed, kuid mitte väiksema raadiusega kui 18—20 cm. Kinnitage see leht rõhknaeltega joonestuslauale. Äärmisel juhul, kui pole joonestuslauda või ühetasast vineeritükki, tuleb välja viia sileda plaadiga laud. Võtke kaasa joonlaud, kolmnurk, mõõtsirkel, vaiad, kirves, tähised ja lõpuks hankige kuskilt täiesti sirge kudumisvarras.

Pidage silmas, et seda tööd võib läbi viia ainult selge, päikese-
paistelise ilmaga.

Lööge maasse neli vaia ja asetage neile laud nii, et selle pind oleks horisontaalne.



Põhjanaela on taeva laotusel kerge leida.



See sirgjoon ongi tõeline meridiaan.

Laua horisontaalsus on väga tähtis, sest sellest sõltub teie vaatluse täpsus. Kui võimalik, siis kontrollige seda vesiloega. Selleks paigutage lood lauale ja lööge vaiakesi senikaua, kuni loe õhumull asetub torukese keskele, seejärel pöörake loodi 90° võrra ja lööge uuesti vaiakesi; lüües vaheldumisi vaiakesi ja pöörates loodi 90° võrra, saavutate seda, et õhumullike loe ükskõik millise asendi puhul jääb torukese keskele.

Kui teil loodi ei ole, võite lahtisel ja tasasel maastikul laua horisontaalsust ka teisiti kontrollida: heitke kõhuli ja seadke laua servad horisontaalseks silmapiiri järgi. Torgake kudumisvarras vertikaalselt ringide keskpunkti. Seda kudumisvarrast nimetame antud juhul *gnoomoniks*¹ e. päikesevardaks. Gnoomoni vertikaalsust kontrollige kolmnurgaga. Et laud paigalt ei nihkuks, kinnitage ta vaiade külge.

Nüüd võib asuda vaatlemisele. Vaadake varda pidevalt lühenevat varju, märkige ringjoontel need punktid, mida puudutab varda varju tipp. Pidage silmas, et tumeda ja järsu varjuga kaasneb heledam ja ähmasem poolvari, kuid sellele ärge pöörake tähelepanu.

Õhtul, kui lõpetate vaatluse, ühendage, ilma et te lauda vaiakestelt ära tõstaksite, ühel ja samal ringjoonel asuvad punktidepaarid sirglõikudega. Poolitage need sirglõigud. Kõigi viie joone keskpunktid asetsevad umbes ühel sirgel. Seejärel tõmmake laual sirgjoon ringide keskpunktist ja võimaluse korral läbi viie saadud punkti. Kui mõni punktidest jääb kõrvale, ärge pöörake sellele tähelepanu. Tõmmatud sirgjoon on tõeline meridiaan: põhi — lõuna.

Kuid milline on meridiaani põhja- ja milline lõunasuund? NSV Liidus liigub päike taeva lõunaosas — tähendab, varda vari asetses kogu aeg laua põhjapoolses osas. Torgake joonestatud sirgele laua-serva lähedale nõõpnõel. Varda ja nõõpnõela järgi asetage tähised. See ongi tõelise meridiaani suund.

Nüüd tõmmake välja varras ja asetage lauale kompass nii, et kompassi tähed C — IO langeksid ühte tõelise meridiaani joonega, ja vaadake, kui suure nurga võrra ja millises suunas kaldub magnetnõel kõrvale. See nurk ongi magnetiline deklinatsioon. Sõltuvalt sellest, mis suunas magnetnõel kaldus, eraldatakse lääne- ja idadeklinatsioonid.

USTAV SÖBER

See oli 1942. aasta talvel Stalingradi all. Kord õhtul kutsus väeosa komandör mind oma juurde ja käskis mul viivitamatult minna jalgsi juhtkonna staapi. Ma võtsin kaardi, tõmbasin sellel mõlema asustatud punkti — oma ja staabi asukoha — vahele joone; mõõtsin kauguse ja sain 35 km. Kogu kaart oli vertikaalsete ja

¹ Gnoomon on vanimaid astronoomilisi instrumente — vertikaalne post keskpäevatuunni ja antud maakoha meridiaani suuna määramiseks posti varju järgi.

horisontaalsete joontega jaotatud 2-sentimeetrilisteks ruutudeks. Ma määrasin malliga nurga suuruse vertikaaljoone ja sellega lõikuva kaldsirge vahel, mida mööda mul tuli minna; sain 30° . Kaardi raamile oli kirjutatud: «Magnetiline läänedeklinatsioon 5° ».

« $30^\circ + 5^\circ$,» arutlesin ma, «tähendab, kirre 35° . Selles suunas juhibki mind kompass.»

Ma võtsin kompassi ja hakkasin minema. Oli pime. Avasin magnetnõela sulustusriivi — helendav osuti tuksatas, võnkus kergelt ja peatus. Fosfori valgusel paistsid selgesti kraadijaotused. Ma pöörasin kompassi nii, et osuti asuks joonel C — Ю, nägin arvu 35 ja määrasin suuna, kuhu minna. Varsti ümbritses mind valge vaikus. Midagi polnud näha peale pimeda öise taeva ja tasase lumise stepi.

Aeg-ajalt ma võtsin välja kompassi, vabastasin sulustusriivi ja kontrollisin suunda — 35° .

Hommikuks jõudsin ma määratud punkti ja, täitnud ülesande, pöördusin tagasi.

Nüüd aga räägime natuke teooriast.

Ma mainisin, et kaart oli vertikaalsete ja horisontaalsete joontega jaotatud ruutudeks. Arvatavasti teate, et geograafilised kaardid joonestatakse alati nii, et põhi asub üleval ja lõuna all. Samuti joonestatakse tavaliselt ka plaanid. Vertikaaljooned minu kaardil vastasidki põhja — lõuna suunale, see on tõelisele meridiaanile.

Mina aga alustasin liikumist selle tõelise meridiaani suhtes mingisuguse nurga all. Tõelise meridiaani ja minu liikumissuuna vahelist nurka, lugedes kellaosuti liikumise suunas, see tähendab paremale, nimetatakse *tõeliseks asimuudiks*. Antud juhul võrdus see 30° .

Astrahani steppides oli magnetiline läänedeklinatsioon 5° ja ma liikusin kompassi järgi magnetnõela põhjasuunast 35° võrra paremale¹.

Magnetnõela ja minu liikumissuuna vahelist nurka, lugedes kellaosuti liikumise suunas, nimetatakse *magnetiliseks asimuudiks*. Ta erineb tõelisest asimuudist magnetilise deklinatsiooni võrra. Antud juhul võrdus magnetiline asimuut 35° .

Ringjoones on 360° ja asimuute loetakse kellaosuti liikumise suunas 0° -st kuni 360° -ni.

Kui ma oma allüksusesse tagasi pöördusin, liikusin ma vastuasimuudi järgi, see on 215° ($35^\circ + 180^\circ$).

Iga sirgjoon moodustab maastikul põhja — lõuna suunaga mingisuguse nurga, — tähendab, ta omab magnetilist ja tõelist asimuuti.

Kindlaksmääratud, kaardil varem väljaarvutatud või väljamõõdetud asimuudi järgi lendavad lennukid (pime lend), künnavad merd aurikud, planeerivad uurijad pikki sirgeid trasse ja tõmmatakse linnades ning asulates tulevaste tänavate punaseid jooni. Et neid asimuute ära märkida või välja arvutada, peab teadma, kas

¹ Idadeklinatsiooni korral me oleksime pidanud 5° lahutama ($30^\circ - 5^\circ = 25^\circ$).

suurema või väiksema täpsusega, nende punktide asukohta, mida on tarvis antud asimuudi järgi joonega ühendada.

Metroo ehitamisel osutub lähtepunktides tehtav 2—3 cm suurune viga juba väga suureks, kuid lennuki ja auriku jaoks piisab isegi täpsusest mitme kilomeetri piirides.

Üldse on kompass suurepärane riist; tema osuti, mis on alati suunatud põhja, ei vea kunagi alt (välja arvatud muidugi magnetilise anomaaliaga kohtades).

Kui palju kordi oli sõja ajal see väike ümmargune karbikene öösel helendava osutiga minu ainukeseks teejuhiks Valgevene soodes ja Belovežje põlismetsas. Kompass — see on tõeline, ustav sõber.

Kompass juhtis rändureid varematal aegadel nii maismaal kui ka merel. Just kompassi järgi viisid meresõitjad oma laevad vajalikesse sadamatesse. Kuid rändurite kompass oli palju suurem ja järelikult ka palju täpsem. Sellist suurt ümmargust magnetnõelaga karpi nimetatakse bussooliks.

Bussool on paljude geodeetiliste instrumentide koostisosaks. Vahel kasutatakse teda ka iseseisva instrumendina.

ILMA KOMPASSITA

Sageli tekib turismimatkaudel või ka tavalisel jalutuskäigul vajadus kas või ligikaudseltki kindlaks määrata ilmakaari, kuid teil puudub kompass.

Seda on võimalik teha kella ja päikese abil.

Asetage kell horisontaalselt peopesale, nagu on näidatud joonisel, ja pöörduge nii, et väike osuti oleks suunatud horisondi sellesse punkti, mis asub päikese all. Mõttes poolitage väikese osuti ja numbrilaua numbri 1 (kell 13) vaheline nurk. Nurgapoolitaja on suunatud oma otsaga lõunasse. Kuni keskpäevani tuleb poolitada numbrilaua see kaar, millise väike osuti peab läbima kella 13-ni jõudmiseks, pärast keskpäeva — see kaar, mille ta läbis pärast kella 13.

Mispärast võetakse kell 13? Sellepärast, et meie kellad on võrreldes päikeseajaga keskmiselt ühe tunni võrra ette viidud ja keskpäev saabub umbes kell 13.

Mispärast poolitatakse numbrilaua tekkinud nurk? Sellepärast, et väike osuti teeb ööpäeva jooksul numbrilaua kaks ringi.

Seda moodust soovitatakse kasutada hommikuti ja õhtuti ja just talvel ning sügisel, mil päev on lühem. Lõunalaiustel, näiteks Kesk-Aasia vabariikides, annab see vähem täpseid tulemusi. Keskpäeva paiku saab põhja- ja lõunasuunda määrata ligikaudselt ka ilma kellata, lihtsalt puude ja postide varjude järgi. Kuidas määrata öösi Põhjjanaela järgi põhjasuunda, seda te juba teate.

Meid ümbritsevas looduses on väga palju tunnuseid, mille järgi saame ligikaudu määrata ilmakaari. Kuid need tunnused pole eriti

usaldusväärsed, neid võib usaldada ainult sel juhul, kui neist kaks või kolm enam-vähem kokku langevad.

1. Sipelgapesad paiknevad enamasti lõuna pool puid ja põõsaid.

2. Samblikud ja sammal katavad tihedamalt postide, puude ja kivide põhjapoolseid külgi.

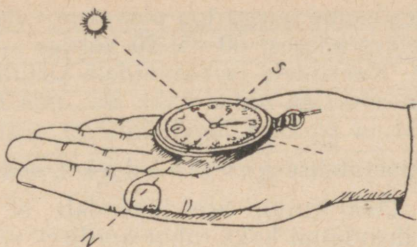
3. Kevadel on rohi metsalagendike põhjapoolsel serval ja suurtest puudest ja kividest lõuna pool tihedam, suvel aga koltub ja kuivab rohi seal kiiremini.

4. Varakevadel vabanevad orgude ja kuristike päikese poole pööratud põhjaveerud varem lunekatte alt, lume sulamisel on puude ümber tekkinud piklikud lohud suunatud lõuna poole.

5. Metsmaasikad ja õunad on lõunapoolsest küljest punasemad.

6. Puukoor on põhjapoolsest küljest tumedam ja krobelisem.

7. Sihid, mis jagavad suured metsad kvartaliteks, tõmmatakse magnetilise meridiaani järgi põhja — lõuna ja ida — lääne sihis. Kvartalipostidel asuva nelja numbri järgi saab alati teada, et metsasiht, mis eraldab kahte väiksemat numbrit, kulgeb läänest itta. Hoiatan: ärge ajage metsasihte segi uurijate poolt rajatud raudteede, kõrgepingeliinide jne. trassidega.



Ilmakaarte määramine päikese ja kella järgi.

KAARDIMOÖDUST

Koolis, geograafia tundides, on teil kindlasti tulnud tegemist teha kaardimööduga.

Üsna raamatu alguses ma mainisin, et kaart — see on maakera pinna vähendatud kujutus paberil. Seda arvu, mis näitab, mitu korda on kujutus kaardil vähendatud, nimetatakse kaardimöödukse. mõõtkavaks.

Ühe ja sama maakoha kaarte võib olla mitmesuguseid. Teie õpikusi olev NSV Liidu kaart on üsna väike: ta on vähendatud nelikümmend miljonit korda. Geograafia tundides ülesriputatav NSV Liidu kaart on tunduvalt suurem või, nagu öeldakse, selle kaardi mõõt on suurem. Seda kaarti on tegelikkusega võrreldes vähendatud kas kolm või viis miljonit korda.

Plaanidel kujutatakse suhteliselt väikest osa maakerast. Sellepärast on plaanide kaardimõõt tunduvalt suurem kaartide omast. Varem oli juttu Moskva plaanist, mida polnud võimalik paigutada isegi kõige suurema saali põrandale. Aga teie esimene plaan koolist? Et ka kõik pisiasjad, nagu välistrepi astmed jm., oleksid selgelt nähtavad, tuli maatükki vähendada ainult viissada korda. Me joo-

nestasime teiega toa plaani ja vähendasime seda tegelikkusega võrreldes kõigest 50 või 20 korda.

Kaartidele ja plaanidele kirjutatakse alati murd, mille lugejaks on arv 1 ja nimetajaks arv, mis näitab, mitu korda on need kaardid ja plaanid tegelikkusega võrreldes vähendatud. Seda murdu nimetatakse *arv mõõduk*s; seda kirjutatakse nii: $\frac{1}{2000}$, või suhte 1:2000 kujul. See tähendab, et plaan on maastikuga võrreldes vähendatud kaks tuhat korda.

Mõõtes plaanil punktide vahelisi kaugusi, saate alati välja arvutada, kui suured on need looduses. Näiteks: joone pikkus plaanil on 5,3 cm; korrutage see 2000-ga ja üleminekuks sentimeetritelt meetritele jagage 100-ga; saate 106 m. Kuid kas poleks lihtsam selle asemel, et enne korrutada ja siis jagada, jätta 2000-st kaks nulli ära ja korrutada 5,3 kohe 20-ga? Tegelikult toimitaksegi nii. Tavaliselt on plaanide mõõdud ümardatud arvud, mis algavad numbritega 1, 2, 5, 25. Näiteks 1:10 000, 1:200, 1:200 000, 1:5000, 1:25 000.

Valige oma jõe elavpinnale ja jõeplaanile selline mõõt, et nende joonised mahuksid paberilehele.

Arvmõõt pole sellepärast mugav, et plaanil mõõdetud joone pikkus tuleb iga kord välja arvutada. Hoopis mugavam on töötada kaartide ja plaanidega *joonmõõdu* abil.

Tõmmake sirgjoon ja jaotage see 2 cm pikkusteks lõikudeks; arvutage välja, kui pikk joon maastikul vastab sellele kahele sentimeetrile plaanil, ja märkige iga joonekese juurde vastav meetrite arv (siin on kujutatud joonmõõtu, mis vastab arvmõõdule 1:5000).

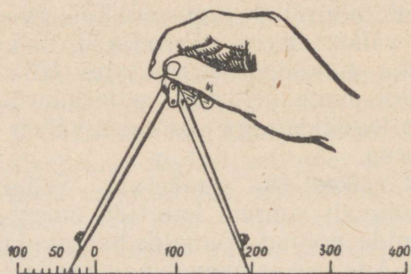
Pange tähele, et nullpunkt ei asu mitte alguses, vaid teise jaotuskriipsu kohal ja esimene lõik on jaotatud omakorda veel kümneks osaks. Nii on sirkliga mugavam kaugusi mõõta ja neid plaanile kanda.

Joonisel näitab sirkel 236 meetrit. Joonmõõdul on see puudus, et alla 2-millimeetrilisi lõike hinnatakse silma järgi, see aga viib mõningale ebatäpsusele. Topograafia aga nõuab täpsust.

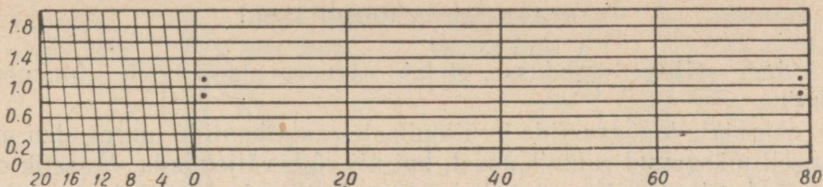
Topograafid kasutavad niinimetatud *põikjoonelist mõõtkava* (vt. joonis lk. 69).

Selle abil võib suurusi mõõta ja plaanile kanda täpsusega kuni 0,2 mm.

Võtke väike sile lauatiük mõõtmetega 12×4 cm ja liimige sellele kõige parem vatmanpaber ning joonestage põikjooneline mõõtkava nii, nagu on näidatud joonisel. Kõige vastutusrikkam on täpne jaotuste pealekandmine. Kui te hakkate läbi viima tõelisi topograafilisi töid,



Joonmõõt.



Põikjooneline mõõtkava.

siis suhtuge põikjoonelisse mõõtkavasse täie tõsidusega. Tavalised joonlauad ja kolmnurgad ei kõlba: neil ulatub jaotuskriipsude eneste paksus 0,5 mm-ni ja sageli pole nad üldse õiged. Püüdke hankida suur metallist mall: selle alumisele servale on joonestatud nõelaga põikjooneline mõõtkava täpsusega 0,1 mm. Kandke see mõõtsirkli abil üle oma lauakesele ja joonestage joonsule ja tušiga välja. Äärmisel juhul kasutage metallist joonlauda või arvutuslükatit — nende servale on millimeetrijaotused kantud õige peenikeste joontega.

Põikjooneline mõõtkava ehitatakse järgmiselt. Tõmmatakse 11 paralleelset horisontaaljoont, mille kaugused üksteisest on vabalt valitud, kuid sealjuures võrdsed, seejärel jaotatakse nad 2-sentimeetrilisteks ruutudeks. Keskmise horisontaaljoone kummagi otsa juurde asetatakse kaks punkti, et see teistest paremini eralduks; äärmise vasakpoolse ruudu alumisele ja ülemisele joonele kantakse iga kahe millimeetri järel jaotuskriipsud; seejärel tõmmatakse kümme kaldjoont, mis ühendavad jaotuskriipsukest üle ühe.

Äärtel tekivad kitsad ja pikad kolmnurgad, neist kumbki koosneb omakorda kümnest järk-järgult vähenevast sarnasest kolmnurgast.

Kõige suurema kolmnurga lühem külg on 2 mm pikk (konstruktsiooni järgi). Lähtudes nende kolmnurkade sarnasusest nähtub, et ülevaalt teise joone külg võrdub 1,8 mm-ga, kolmanda — 1,6, keskmise (kuuenda) — 1,0 ja alt teise joone külg, mis liitub juba naaberjoonega — 0,2 mm-ga.

Topograafid loevad 0,2-millimeetrilist suurust minimaalseks, mida nad võivad kanda plaanile mõõtsirkli või terava pliiatši abil. Sirkli torkeaugu diameeter loetakse võrdseks 0,2 mm-ga.

Raamatus toodud joonisel (lk. 80) esinevad arvud näitavad, et antud juhul on meil tegemist kaardimõõduga 1 : 1000.

Kaugused asetatakse põikjoonelisele mõõtkavale mõõtsirkli abil. Esmalt asetage alumisele joonele täismetrid, seejärel nihutage sirkli mõlemad haarad ülespoole kuni selle jooneni, mis vastab antud meetri kümnendikosale.

Üldse, et õppida kaugusi mõõtkava järgi kiiresti mõõtma, on tarvis enne hoolega harjutada. Soovitan teil õhtul enne mõõdistamisele asumist istuda paar tundi laua taga ja koduneda põikjoonelise mõõtkavaga.

PLAAN SILMAMOODULISELT

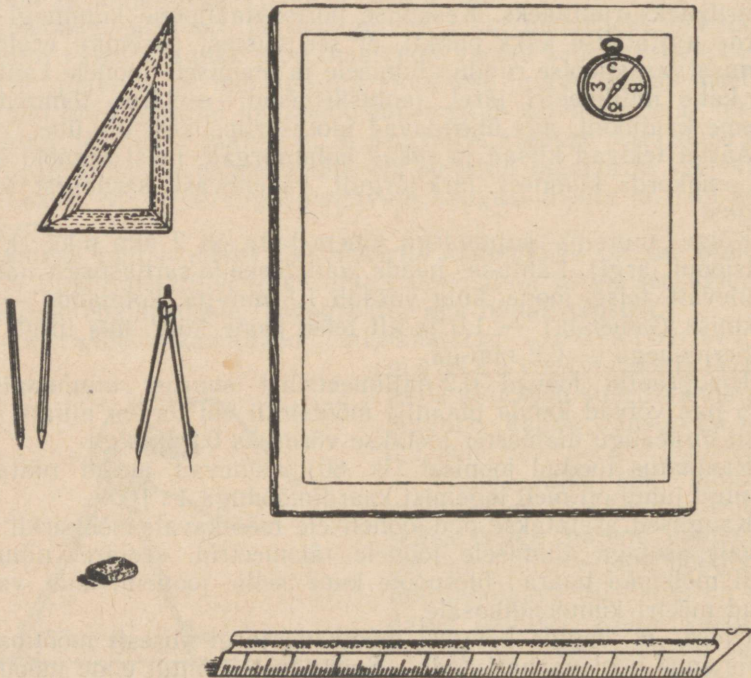
Ärge sattuge segadusse, et teie esimene plaan tuleb silmamööduline.

Algajate topograafide ja üliõpilaste-praktikantide juures olen ma sageli märganud ruumikartust, kui nii võib väljendada. Maastik on niivõrd mitmekesine, et neil hakkavad silmad sõna tõsisel mõttes ringi käima ja nad ei tea, millest ja kuidas alustada.

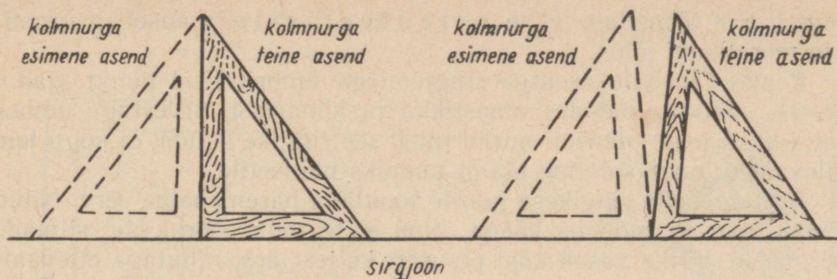
Sellest ruumikartusest tuleb tingimata üle saada, ja silmamööduline plaanistamine annab teile selleks väga hea praktika.

Üksikasjade plaanistamine sõltub täiesti plaani määruks. Silmamöödulisel plaanistamisel võib suurimaks määruks lugeda 1 : 2000. Sealjuures plaanistatakse iga maja eraldi, väikesed kuurialused aga jäetakse välja. Määruks 1 : 5000 juures plaanistatakse eraldi ainult suured majad, kura tänavad ja kvartalid kantakse tavaliselt peale tervikuna, kuid põllul, kus orientiire on vähe, tuleb peale kanda isegi üksikud puud. Määruks 1 : 10 000 juures võib välja jätta põlluvahe- teed ja väikesed jõekäänakud.

Instrumentide komplekt silmamööduliseks määdistamiseks pole suur. Varuge ristkülikukujuline tükk vineeri või kartongi määme-



Instrumentide komplekt silmamööduliseks määdistamiseks.



Kolmnurga kontrollimine. Vasakul — õige, paremal — vale kolmnurk.

tega 30×40 cm, liimige sellele nurkapidi hea, kustutuskummi kannatav paberileht (rõhknaeltega kinnitada ei tohi, sest need avaldavad mõju magnetnõelale). Seejärel joonestage pliiatsiga vineeriservast kahe sentimeetri kaugusele raam. Ülemisse paremasse nurka lööge kaks auku, tõmmake neist nõör läbi ja kinnitage sellega kompass tugevasti aluse külge. Kinnitage kompass nii, et kompassikarbi põhjal asuv C—IO joon oleks paralleelne külgmise raamiga. Nii saate mõõdistamise instrumendi, mida nimetatakse *planšetiks*. Nüüd hankige kaks või kolm hästiteritatud pliiatsit, kustutuskumm, mõõtsirkel, kolmnurk ja kolmetahuline mõõtjoonlaud. Soovitan teil hoida kõiki neid esemeid spetsiaalses karbis.

Kolmnurka ja joonlauda tuleb kindlasti kontrollida.

Asetage joonlaud paberile ja tõmmake tema järgi sirgjoon, seejärel pöörake joonlauda 180° võrra, asetage ta saadud joonele ja tõmmake uus joon. Kui mõlemad jooned on paralleelsed või ühtivad, siis on joonlaud õige.

Kolmnurka kontrollitakse järgmiselt: tõmmake sirgjoon, asetage sellele üks kolmnurga kaatetidest ja tõmmake teine joon mööda teist kaatetit, seejärel pöörake kolmnurk ümber ning asetage ta uuesti vastu seda joont, kuid juba teiselt poolt; kui mõlemad jooned ühtivad, siis on meil tegemist ristjoonega ja järelikult on kolmnurk õige.

Võtke oma instrumendid ja minge väljale. Valige mõõdistamiseks maa-ala, mis pole üleliia hoonestatud ega ka liiga üksluine. Kõige parem on valida mingi tee, mida mööda liikudes ja samme lugedes te kannate plaanile kõik selle, mida näete kilomeetri ulatuses tee ääres.

Plaani mõõduks soovitan võtta 1 : 10 000.

Seisupunkte, kust teostatakse mõõdistamist, nimetatakse *jaamadeks*.

Asetuge alguspunkti tee ääres, avage kompassi magnetnõela sulustusriiv, laske magnetnõelal rahuneda ja pöörake ettevaatlikult planšetti nii, et magnetnõel langeks ühte kompassikarbi C—IO joo-

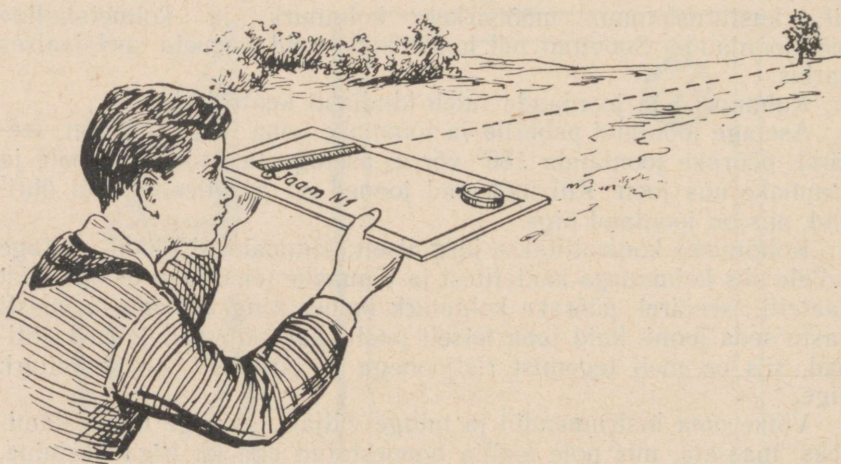
nega¹. See tähendab, et te orienteerisite planšeti magnetilise meridiaani sihis.

Raami lähedale asetage ringjoonega ümbristatud punkt (jaam nr. 1). Silmas pidades maastikku ja kompassi, arvestage umbes välja, millisesse planšeti nurka tuleb see ringike kanda, et kogu teie tulevane silmamõõduline plaan mahuks planšetile.

Asetage selle ringikese juurde joonlaua parempoolne serv. Nüüd tõstke planšett mõlema käega, ilma et te seda pööraksite, silmade kõrgusele. Võtke vasak käsi planšeti küljest ära, nihutage ettevaatlikult joonlauda ja suunake selle ülemine serv oja lähima käänakuni. Iseenesest mõista peab joonlaua parem serv lõikama kogu aeg ringikest — jaama nr. 1.

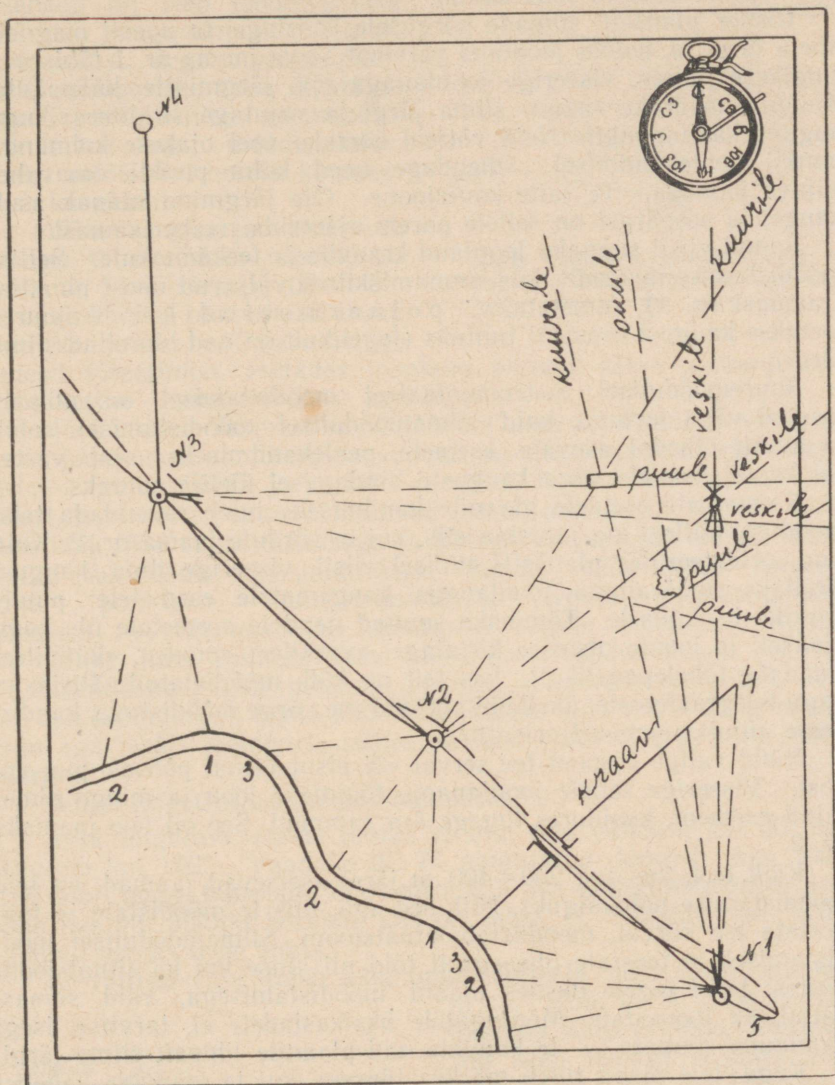
Teatud punktide sihtimist piki joonlaua harja nimetatakse viseerimiseks, kolmetahulist joonlauda nimetatakse viseerimisjoonlauaks, kujuteldavat joont aga, mis kulgeb teie silmast mööda joonlaua harja antud punktini, nimetatakse viseerimisjooneks.

Kui suund on võetud, laske planšett ettevaatlikult alla, nii et joonlaud paigast ei nihkuks. Määrake kaugus ojani silma järgi. Vähendage seda kaugust 10 000 korda ja kandke ta sirkliga jaa-



Asetage ringi juurde joonlaua parem serv.

¹ Mõnikord pole kompassil kraadijaotussüsteem antud mitte asimuutides, vaid nõndanimetatud rumbides. Selle süsteemi puhul loetakse kraade alates magnetnõela mõlemast otsast — nii põhja- kui ka lõunaotsast — ja seejuures mõlemale poole. Kuna teil tuleb kompassi hoida kogu aeg nii, et magnetnõel oleks oma musta otsaga suunatud nullile, siis kraadijaotusi kompassirõngal te ei kasuta ja ärge laske end neist ka eksitada



Silmamõõdulise mõõdistamise planšett eemalasuvatele esemetele kolmest jaamast tehtud lõigetega.

mast nr. 1* piki viseerimisjoonlaua serva planšetile. Sirkli torkepunkt määrab oja asukoha. Oja käänakute kujutamiseks läheb tarvis veel punkte, mis asuksid selle kaldal.

Tõstke planšett silmade kõrgusele, asetage ta uuesti magnetnõela järgi ja, hoides joonlaua paremat serva jaama nr. 1 tähistava ringikese juures, viseerige joonlauaga oja järgmisele käänakule. Kaugus määrake samuti silma järgi ja vajutage sirkliteravikuga auguke käänupunkti. Neid võtteid korrake veel ojakese kolmanda punkti pealekandmisel. Ühendage need kolm punkti omavahel sujuva joonega. Te saite kõverjoone. Oja järgmine käänak asub kaugel ja seepärast on sellele parem viseerida naaberjaamast.

Samal viisil suunake joonlaud kraavile ja teekäänakule. Sellist mõõdistamise meetodit, kus suunamiskiired väljuvad ühest punktist (jaamast nr. 1), nimetatakse polaarmeetodiks; seejuures loetakse kaugust esemeni tuntuks (tegelikult on nad hinnatud silma järgi).

Suuremõõdulisel instrumentaalsel mõõdistamisel on polaarmeetod väga levinud, kuid silmamõõdulisel mõõdistamisel sobib ta ainult lähedal asuvate esemete pealekandmiseks, sest vastasel korral kasvaks viga kauguste hindamisel üleliia suureks.

Kaugemate esemete plaanile kandmiseks tuleb rakendada teist moodust, millest majutustan siis, kui te siirdute jaama nr. 2. Kuid seni, orienteerides planšetti endisel viisil, viseerige ilma kaugusi kindlaks määramata joonlauaga kaugematele esemetele: puule, veskile ja küünile. Tõmmake suunad nendele esemetele üle kogu planšeti ja joonte otstes kirjutage: «veskile», «puule», «küünile». Vaadake tähelepanelikult, kas teil on kõik mõõdistatud. Pisasju, nagu telegraafiposte, üksikuid pöösaid jne., ärge mõõdistage, kandke peale ainult peamised orientiirid.

Nüüd valige eespool tee serval või pisut eemal pöösas, puu või post. Viseerige sellele joonlauaga, tõmmake joon ja minge nimetatud esemeni, kusjuures lugege ära sammud. See on teie jaamaks nr. 2.

Käik teel, kus iga 200—400 m järel asetsevad jaamad, on teie mõõdistamise põhikäiguks, kõik see aga, mis te mõõdistate ja joonestate tee kõrval, moodustab situatsiooni. Silmamõõdulisel mõõdistamisel te teostate üheaegselt töid nii aluse kui ka situatsiooni juures: te ei tegele üksnes plaani mõõdistamisega, vaid samas, väljal, ka joonestate. Mõningatele üksikasjadele ei tarvitse isegi joonlauda suunata, — te kannate nad plaanile lihtsalt silma järgi.

Kogu teie plaan tuleb märksa täpsem, kui te jaamade vahelisi kaugusi ei mõõda mitte sammude, vaid harkmõõtjaga.

Ärge unustage kompassi magnetnõela kogu aeg orienteerimast joone N—S järgi.

Pole sugugi kerge hoida planšetti käes, seda tõsta kord silmade kõrgusele, kord jälle langetada ning samaaegselt jälgida magnetnõela ja suunata joonlauda. Selleks tuleb omandada teatavat vilumust. Kui teie teel juhtub olema sobiv post, sillakäsi puud või känd,

siis kasutage neid tingimata jaamade rajamiseks: kindel tugi planšeti all teeb moodsistamise märksa mugavamaks. Ainult ettevaatust: ärge asetage planšetti raudpostile, kuna ettenägematu «magnetiline anomaalia» rikub teil kogu moodsistamise. Isegi mõõtsirkel hoidke kompassist kaugemal.

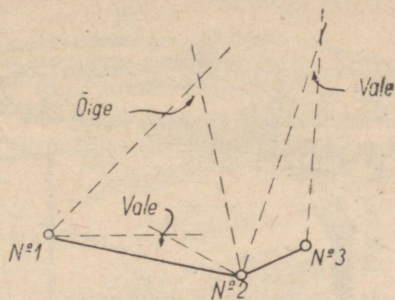
Mõõtes kaugust jaamani nr. 2 pange tähele, mitu meetrit oli kohani, kus truup läks üle kraavi, kandke plaanile nii truup kui ka jaam nr. 2 ja alustage uuesti viseerimist, asetades joonlaua parema serva seekord teise ringikese — jaama nr. 2 — juurde.

Mõõdistades jaamast nr. 2 lähedal asuvaid esemeid, viseerige oma joonlauaga ja tõmmake suunad ka neile kaugematele esemetele — puule, küünile ja veskile —, milleni te tõmbasite suunad jaamast nr. 1. Need suunad lõikuvad teatud punktides. Kui te teosite kõik tööd suure täpsusega ja kusagil ei eksinud, tulebki nimetatud suundade lõikepunktidesse kanda moodsistatud esemed: ühte — puu, teise — küün, kolmandasse — veski. Nende kaugemate esemete moodsistamisel te kasutasite lõigete meetodit. Muide, te natuke juba tunnete seda. Kooliõue moodsistamisel (lk. 45) te rakendasite lõigete meetodit postide ja kaevude sidumisel. Seal oli teil kolmnurgas teada kõik kolm külge, kuid mitte ühtki nurka, siin aga tekkis kolmnurk, milles on teada üks külge ja selle lähisnurgad.

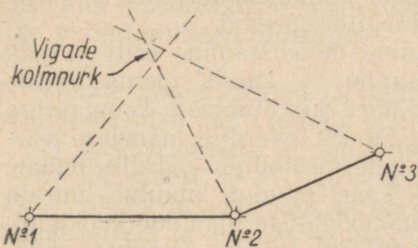
Sellist lõiget nimetatakse otselõikeks.

Nurk lõigatava eseme juures ei tohi olla väiksem kui 30° ega suurem kui 150° . Vaadake lk. 75 paigutatud joonist; üks lõige tuli liialt terav, teine aga liialt nüri. Kui üks viseerimisjoontest kalduub kas või pisutki kõrvale, siis on selge, et lõigatav ese satub plaanil hoopis teise kohta.

Et vältida viga, tuleb teha igale esemele veel lõige jaamast

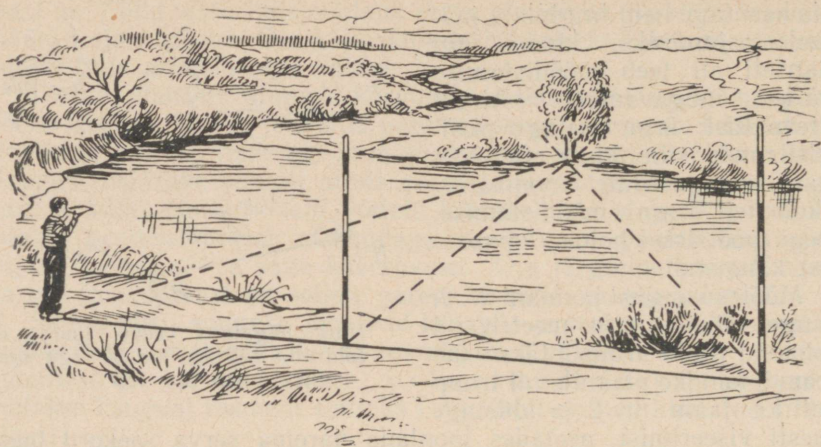


Nurk lõigatava eseme juures ei tohi olla väiksem kui 30° ega suurem kui 150° .



Vigade kolmnurk.

nr. 3. Kõik kolm joont peavad lõikuma ühes punktis. Praktiliselt seda kunagi ei juhtu, vaid tekib vigade kolmnurk, mille keskpunktis teoreetiliselt peaks asuma teie punkt. Kui kolmnurk tekib üleliia suur, siis tähendab see, et üks teie lõigetest oli ebatäpne. Tuleb tagasi pöörduda ja uuesti mõõta. Kui ükski lõige ei tule välja, siis on



Jõe laiuse mõõtmise lõigete meetodiga.

nähtavasti üks jaamade vahelistest alusjoontest valesti mõõdetud. See viga tuleb tingimata üles leida.

Kui te pärast 2—3 kilomeetrilist käiku lõpetate mõõdistamise, minge koju ja joonestage oma planšett tušiga üle, vastavalt raamatu lõppu lisatud tingmärkide tabelile, ning kustutage kõik pliiatsiga tõmmatud lõikejooned.

Silmamõõdulisel mõõdistamisel selgub ühtlasi ka igasuguse topograafilise mõõdistamise olemus: üksikute puude, põõsaste ja postide märkimiseks plaanil piisab ühe punkti pealekandmisest; sirgjoonte — teede, tarade ja kraavide — märkimiseks on tarvis vähemalt kaks punkti, mis hiljem ühendatakse sirgega. Kui joon maastikul lookleb või käändub (oja, tee) või moodustab mingisuguse korrapärase kujundi (mets, tiik), siis tuleb märkida plaanil selle joone kõik nurga- ja käänupunktid.

Kõige lihtsam on maastikupunkti plaanile kanda nii, et võtame sellele kahest erinevast, varem kindlaksmääratud punktist kaks suunda (kolmas on juba kontroll) — lõigete meetod, või võtame ühe suuna ja mõõdame seejärel kauguse punktini (mõõdulindiga, kaugusemõõtjaga, sammudega, harkmõõtjaga, silma järgi) — polaarmetod, või mõõdame lõpuks kindlaksmääratud punktist maastikul lühikese ristsirge — ordinaatide meetod.

Sõjaasjanduses on silmamõõduline mõõdistamine eriti vajalik luurajatele. Näiteks on antud ülesanne — kanda olemasolevale kaardile vaenlase kindlustused. Kaart kinnitatakse kompassiga varustatud planšetile ja erinevaist, täpselt kaardile märgitud varjatud punktidest kannab luuraja lõigete meetodiga kaardile temale ligipääsmatud vaenlase dzotid. Kui kaart puudub, muutub luuraja töö märksa keerulisemaks, sest silmamõõduliste plaanide koostamisel pole tal võimalik põhijooni sammudega mõõta. Kauguste määramiseks peab sel juhul leidma mingisugused teised viisid.

Jõe laiust on planšeti ja kompassi abil lõigete meetodiga märksa lihtsam määrata kui ekkeriga.

Möötkke piki kallast sirgjoon ja asetage sellele kolm tähist. Kandke see tähistatud joon mingis möötkavas planšetile ja «lõigake» vastaskaldal asuvat punkti kõigist kolmest märgitud punktist; seejärel möötkke joonlauaga kaugus planšetil ja te saate teada jõe laiuse.

ALUS KINNISEL MAASTIKUL

Te olete saanud juba küllaldase teoreetilise ja praktilise ettevalmistuse ning olete suuteline valmistama peaaegu tõelist plaani, olgu selleks siis kas või pioneerilaagri plaan. Instrumente ja vahendeid on teil samuti piisavalt — rulett, harkmöötkja, ekker, planšett kompassiga, möötsirkel, lauake põikjoonelise möötkavaga, viseerimisjoonlaud, kolmnurk, pliatsid, kustutuskumm, taskunuga, kirves, vaiad ja tähised. Siia tuleb lisada veel kas tavaline laud, taburett või kõrge lillelaud (kõrgusega 1,3 — 1,4 m).

Silmamöödulisel möödistamisel tuli teil planšetti alatasa tõsta ja alla lasta, hoides seda kogu aeg orienteeritult magnetnõela järgi. Võimatu oli sealjuures kanda lauda endaga mitme kilomeetri ulatusel kaasas. Nüüd ei ole maa-ala teil kuigi suur ja pole eriti tülikas, kui saate juurde veel lisakandamit (mõned topograafilised instrumendid kaaluvad kuni 25 kg).

Alustage oma pioneerilaagri möödistamist, nagu kord ja kohus, alusest. Silmamöödulisel möödistamisel te töötasite üheaegselt nii aluse kui ka situatsiooniga. Nüüd eraldage need mõlemad tööliigid. Esimene ülesanne on kanda täpselt planšetile terve hulk punkte: teie käigu nurgapunktid, millest te teostate hiljem möödistamist. Need aluspunktid moodustavad nagu tulevase plaani skeleti. Töid aluse juures tuleb teostada märksa täpsemini kui situatsiooni möödistamisel, sest viga aluses mõjutab kogu möödistamise kvaliteeti.

Esmalt arutame läbi raskema juhu, kui maastik on kinnine, see tähendab, kui esineb põõsastikke, puid ja hooneid ning üldse, nagu ütlevad topograafid, on halb nähtavus.

Pioneerilaagri möödistamise alus peab koosnema mitmest (umbes kümnest) punktist, mis asetsevad ümber laagri territooriumi, moodustades suletud korrapärase hulknurga. Nende punktide paigutamisega alustagegi. Võtke vaiad ja kirves ning asuge tööle.

Vaiade (numbrivaiad ja punktid) kohaleasetamine pole sugugi nii lihtne, tuleb kinni pidada teatud reeglitest. Asetage vaiad:

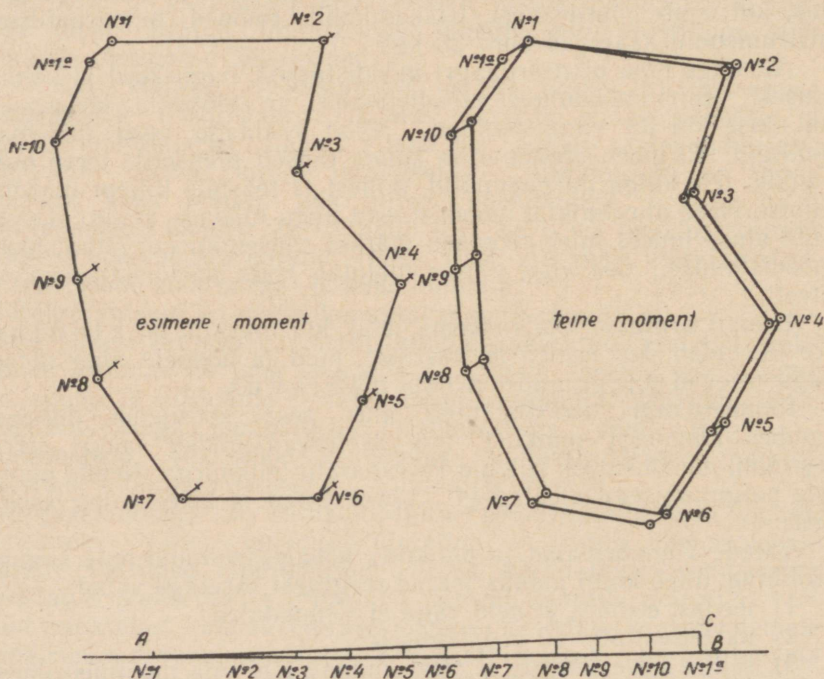
- 1) teedest eemale, et neid välja ei tõmmataks;
- 2) üksteisest 50—70 m kaugusele;
- 3) sellise arvestusega, et oleks mugav läbi viia möötmisi ühest vaiast teiseni ja et igas suunas oleks hea nähtavus.

Möötkava valige tunduvalt suurem kui silmamöödulisel möödis-

tamisel — 1:500 või 1:1000. See oleneb maa-ala suurus-
 sest — tuleb silmas pidada, et plaan mahuks ühele planšetile.

Vaiad on teil niisiis kohale asetatud. Võtke kaasa kõik instru-
 mendid ja vahendid peale ekkeri ja harkmõõtja ning asuge tööle.
 Laud planšetiga paigutage punkti nr. 1 nii, et laud asetseks hori-
 sontaalselt. Märkige planšeti äärel ringikesega punkt — nurk nr. 1.
 Arvestage välja, kuhu planšeti äärele tuleks see paigutada. Vaadake,
 et teil hiljem mõõdistamise käigus ei tekiks «ebameeldivus» — äkki
 ilmneb, et plaan kipub minema üle planšeti ääre. Siis tuleks kogu
 tööd otsast alata. Planšett paigutage nii, et sellele kantud punkt nr. 1
 asuks umbkaudu vaiakese kohal. Orienteerige planšett kompassi
 järgi nii täpselt kui võimalik ja viseerige nurgale nr. 2. Joonestage
 see suund planšetile (muide, teile on see kõik tuntud silmamõõdu-
 lisest mõõdistamisest). Kaugus nurgast nr. 1 nurgani nr. 2 mõõtke
 ruletiga. Ärge olge laisad, vaid mõõtke kaugust kaks korda —
 sinna ja tagasi. Lugem tehke ruletil 1-sentimeetrilise täpsusega ja
 leidke nende kahe mõõtmise lugemite keskmine. Saadud arv
 märkige üles ja kandke kaugus põikjoonelise mõõtkava abil plan-
 šetile.

Viige laud nurga nr. 2 juurde, korrake kõiki ülalkirjeldatud
 võtteid ja märkige planšetile nurk nr. 3. Nii minge järjekorras ühest



Nii suletakse polügon.

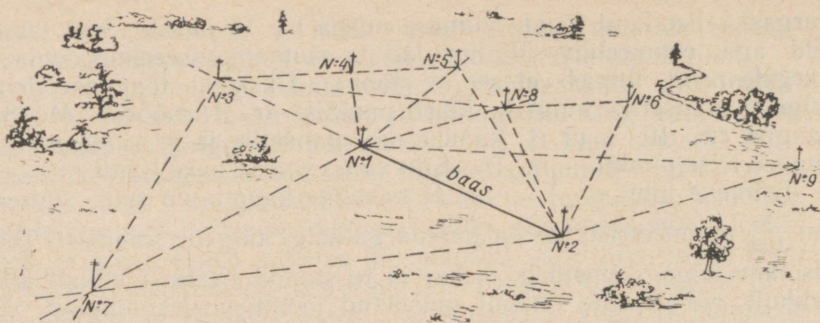
nurgast teise, kuni jõuate viimase nurga nr. 10 juurde. Seal tabab teid aga ebameeldiv üllatus: kui te suunate viseerimisjoonlaua nurgale nr. 1, ilmneb, et see ei «taba». Ükskõik, tõmmake joon julgesti planšetile, kuigi ta läheb punktist nr. 1 mööda. Mõõtke kaugus nr. 10 — nr. 1, kandke see planšetile ja te saate mingisuguse teise punkti — nr. 1^a. Siin võib esineda kaks juhtu.

Esimene juht: nr. 1 — nr. 1^a vaheline kaugus on suur, suurem kui $\frac{1}{100}$ perimeetrist, see on hulknurga kõigi külgede summast. Tekkis jäme viga. Tähendab, te kas ei teostanud vaatlust küllalt korralikult, või eksisite lihtsalt mõõdetud joonte pealekandmisel, või tegite lugemi valesti, või teie kompassi magnetnõel on kaotanud oma magnetilised omadused. Jätame viimase kõrvale, sest ilma kompassi kontrollimata ei oleks te tohtinud üldse tööle asuda; jätame kõrvale ka lohakuse töös, sest korralikkus on topograafi esimene omadus. Kõigepealt kontrollige mõõdetud joonte planšetile kandmist. Kui te siin viga ei leia, siis tähendab see, et te olete ühe joontest valesti mõõtnud. Kus asub siis viga? See tuleb kindlasti üles otsida, sest vastasel korral osutub kogu teie plaan vääraks.

Teine juht: kaugus nr. 1 — nr. 1^a on väiksem kui $\frac{1}{100}$ perimeetrist. Selline viga on täiesti loomulik. Geomeetria ütleb: niisugust viga ei saa olla, hulknurk peab sulguma. Kuid nii räägib teooria, praktika aga väidab: proovige seda saavutada; praktiliselt on võimatu tulla toime ilma väikese veata. Siin avaldavad mõju nii mõõtmiste kui ka kauguste pealekandmise ebatäpsus, nii magnetnõela mitteküllaldane tundlikkus kui ka planšeti ebatäpne asend.

Selline tähtsusetu viga on mõõtmistel vältimatu ja lubatav; seda nimetatakse sulgemise joonveaks. Meie ülesanne seisab selles, et kõrvaldada kõikide alusnurkade vaheline seostamatus või, nagu väljendavad topograafid, sulgeda polügon (s. o. saadud hulknurk).

Ühendage punktid nr. 1 ja nr. 1^a. Kandke planšeti äärel ühele sirgjoonele vähendatud mõõtkavas järgemööda kõik teie poolt mõõdetud jooned alates nurgast nr. 1 (A) kuni nurgani 1^a (B). Punktist B tõmmake väike ristsirge BC, mille pikkus on võrdne sulgemisveaga; ühendage punktid A ja C ning te saate täisnurkse kolmnurga; tõmmake kõikidest vahepunktidest — nr. 2, nr. 3 jne. — ristjooned. Kõik kümme kolmnurka on sarnased. Nüüd tõmmake oma polügoni tippudest sulgemise joonveaga paralleelsed, kuid vastasuunalised abijooned. Kandke kõigile neile abijoontele nurga numbritele vastavad lõigud — kolmnurkade väiksed kaatetid — ja ühendage nende lõikude otspunktid sirgjoontega, endised, mõõdistamise käigus tõmmatud jooned aga kustutage ära. Nii saate uue, sulgetud polügoni. Alus on valmis.

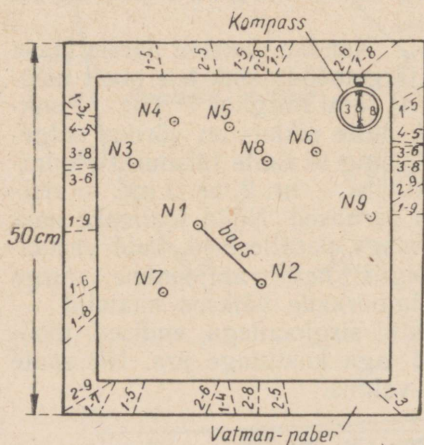


Geomeetrilise võrgu märkimine maapinnale.

ALUS AVAMAASTIKUL

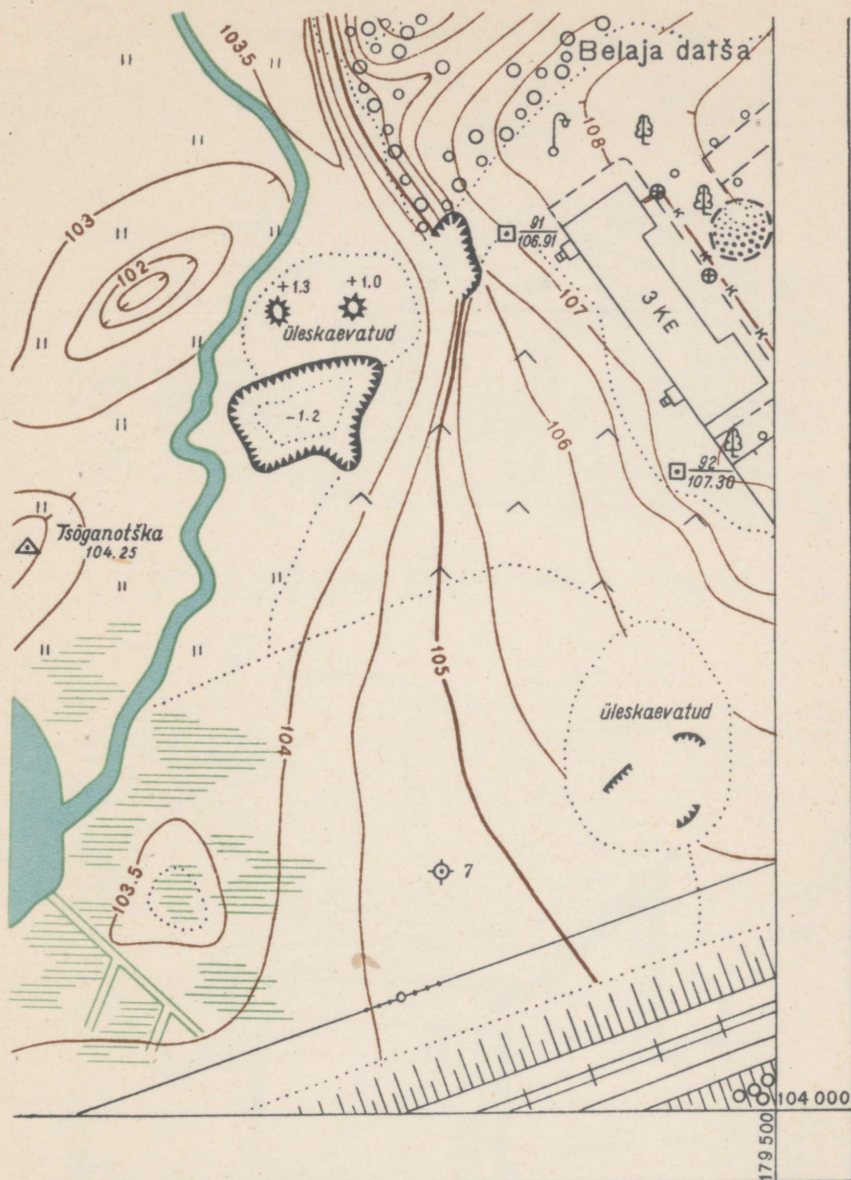
Kui laagri piirkond on lahtine, kõik on hästi näha, puid on vähe ja ehitused asuvad eemal, siis soovitatakse teil ehitada aluse geomeetrilise võrgu maapinnale märkimise meetodiga. Igal juhul on tülikas mõõta joont ruletiga, eriti 10-meetrisega. Geomeetrilise võrgu korral mõõdetakse ruletiga ainult üks joon — baas, kuna teised punktid kantakse peale teile juba tuntud lõigete meetodi abil.

Asetage kõikidesse punktidesse tähised; et nähtavus oleks parem, valmistage nad pikemad — üle 3 m, ja nende tippu siduge veel riideribakesed või rohutuustid. Valige baas nr. 1 — nr. 2 maatüki keskel, mõõtke baasi pikkus kaks korda ja kandke ta kompassi järgi orienteeritud planšetile. Nüüd võtke leht läbipaistvat paberit — kalkat — mõõtetega 50×50 cm ja liimige see nurkades planšetile.

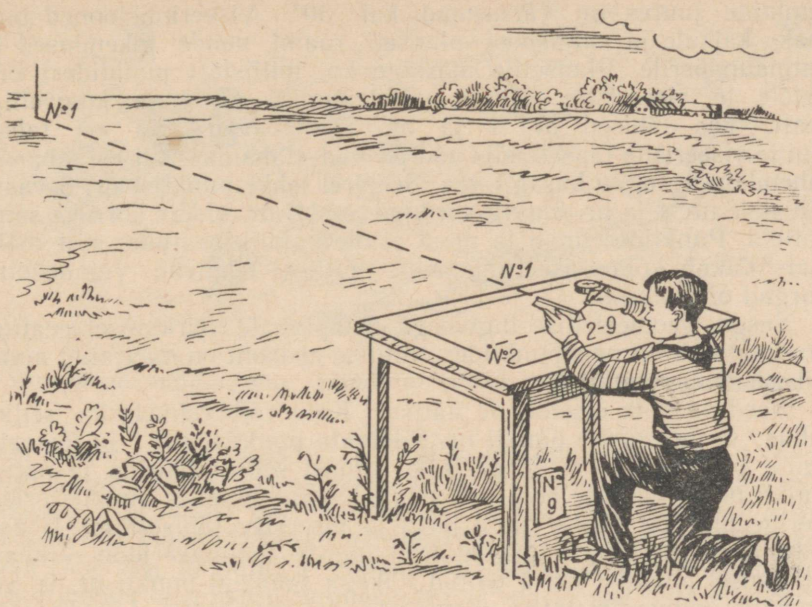


Planšetile on kantud kõik lõikepunktid (kalka on ära võetud).

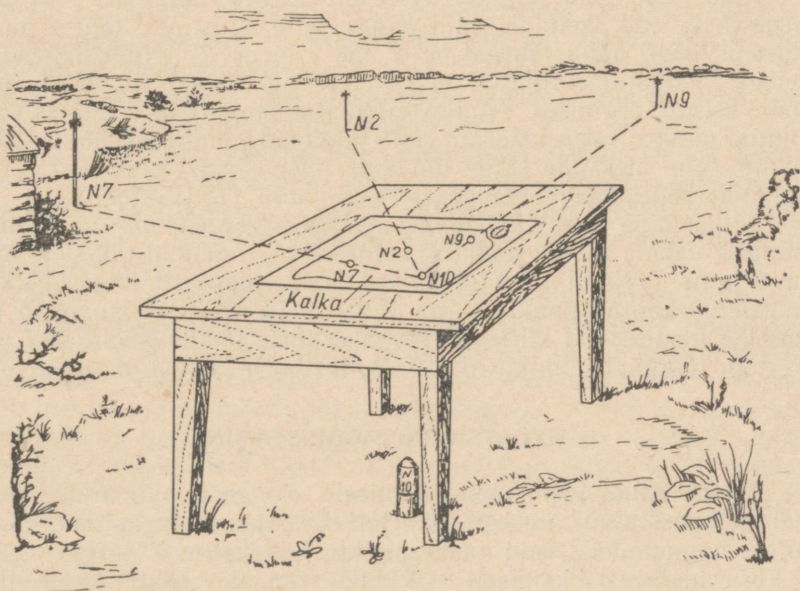
Kompassi pole teil enam tarvis. Edaspidi teostage kogu orienteerimine juba planšetile kantud naaberpunktide järgi. Selleks asetage joonlaud planšetil mõlemaid punkte tähistavate ringikeste joonele ja pöörake planšetti nii, et viseerimisjoon langeks naabertähisele. See ongi kogu orienteerimine. Baasi mõlemast otspunktist alustage viseerimist tähistele, ainult ärge laske ennast sellest liialt kaasa kiskuda, kõige kaugemaid punkte ärge sihtige, sest kiirte lõikenurgad nende



Plaan mõõdus 1:1000



Punkti nr. 9 kandmine planšetile vastulõike meetodiga.



Pothénot' ülesande lahendamine Bolotovi meetodiga.

punktide juures on väiksemad kui 30° . Viseerimisjooned tõmmake kalkale ja väljaspool planšeti raami nende pikendused ka vatmanpaberile. Planšetile märkige ka, millistest punktidest millistele te viseerisite. Minge nüüd punkti nr. 7 ja kontrollige sealt, kas tähised nr. 1 ja nr. 2 «tabavad» või «ei taba». Kui te viseerisite täpselt, siis nad peavad «tabama», kui «ei taba» — tähendab, te tegite kusagil vea. Seejärel tehke punktist nr. 3 vaade tähistele nr. 4 ja nr. 8 ning siirduge punkti nr. 4, kus korrake samu võtteid. Punktides nr. 8 ja nr. 5 ei ole vajalik peatuda, sest mõlemas lõikub kolm viseerimisjoont, millest tekkivad vigadekolmnurgad on väikesed.

Seega, geomeetrilise tugivõrgu maapinnale märkimisel peatuge tingimata ainult neis punktides, milliste asukoht on määratud ainult kahest naaberpunktist.

Need on kõik otselõigete näited. Kuid võib esineda ka selline juhus: te unustasite punkti nr. 9 lõigata punktist nr. 1 ja lõikasite ainult punktist nr. 2. Ärge laske ennast sellest häirida ja minge punkti nr. 9, mida te pole veel peale kandnud; selles punktis orienteerige planšett tähise nr. 2 järgi ja viseerige tähisele nr. 1; asetades joonlaua ääre ringikese nr. 1 juurde, tõmmake joon. Viimase lõikumisel punktist nr. 2 tehtud lõikega saamegi punkti nr. 9. See on näide nõndanimetatud vastulõike meetodist. Lõpuks saite te kalkal kõik üheksa punkti. Kalkat läbi torgates märkige need punktid planšetile ja eemaldage seejärel kalka ettevaatlikult planšetilt.

Kuid nüüd võib selguda, et te unustasite tähise nr. 10. Jällegi ärge laske end eksitada, vaid minge selle unustatud tähise juurde, kust on hästi näha tähised nr. 2, nr. 9 ja nr. 7. Nüüd lahendame teiega nõndanimetatud *Pothénot*¹ ülesande, mille põhimõte seisab järgmises: asudes tundmatu punktis ja vaadates kolme tuntud punkti, tuleb määrata selle tundmatu punkti asukoht. Lahendame selle ülesande kõige lihtsama viisi järgi, mille esitas XIX sajandil vene sõjaväetopograaf A. Bolotov (1803—1853).

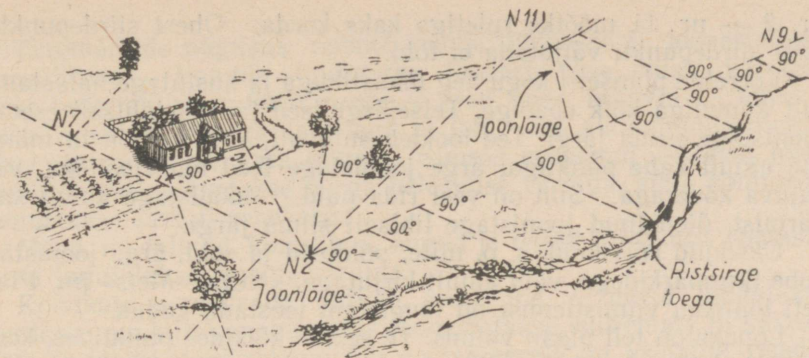
Võtke teine puhas kalkaleht, asetage see planšetile ja tõmmake mingist vabalt võetud punktist kolm kiirt — suunad tähistele nr. 2, nr. 9 ja nr. 7. Nüüd nihutage kalkat mööda planšetti, kuni kõik kolm planšetile kantud punkti — nr. 2, nr. 9 ja nr. 7 — langevad ühte kalkale joonestatud kiirtega. Torgake kiirte lõikumiskoht läbi ja te saategi tundmatu punkti nr. 10. *Pothénot* ülesanne on lahendatud.

SITUATSIOONI MÕÕDISTAMINE

Asume situatsiooni mõõdistamisele. Minge punkti nr. 2. Varem valmisjoonestatud alusega planšeti orienteerimine toimub samuti mitte magnetnõela, vaid naaberpunkti, näiteks nr. 7 järgi.

Kõrvalolevalt jooniselt (lk. 83) näeme hästi kogu maa-

¹ *Pothénot* (1660—1732) — tuntud prantsuse matemaatik ja geodeet.



Situatsiooni mõõdistamine ordinaatide, polaar- ning lõigete meetodiga.

tüki plaanistamise protsessi. See on loomuline protsess; te peate kogu aeg mõtlema, kuidas saaks antud territooriumi paremini mõõdistada. Edu sõltub teie osavusest ja taibukusest, oskusest rakendada sellist plaanistamise viisi, mida on antud maastikul kõige kergem läbi viia ja millega saavutatakse kõige paremad tulemused. Kuid loodus on niivõrd mitmekesine, et ma ei saa teile ette öelda, kus millise meetodiga mõõdistada. Ilmselt tuleb teil kombineerida kõigi kolme plaanistamise meetodiga — ristjoonte, lõigete ja polaarmetodiga.

Ristjoonte meetodiga te mõõdistate ojakäänud, ehitades alusjoontele ristsirged: lühemad neist ehitage silma järgi või egiptuse kolmnurgaga, pikemad — ekkeri abil. Kui teil ekkerit ei ole, siis tõmmake ristsirge «toega», see on kontrollhüpotenuusiga.

Kui hooned asuvad teie aluskäikude lähedal, võib ka need ristjoonte meetodiga peale kanda (siduda).

Lõigete meetodit kasutatakse situatsiooni mõõdistamisel harvemini. Sellega mõõdistatakse ainult jõe ligipääsmatu vastaskallas. Sagedamini kasutage aga lõikeid seal, kus tuleb mõõta kolmnurga kõik kolm külge, s. o. joonlõikeid (nagu postide mõõdistamisei kooli juures).

Soovitan teil kasutada polaarmetodit, mille juures tuleb sihtida viseerimisjoonlauaga igasse suunda ja tõmmata planšetile jooned, mis väljuvad kõik ühest punktist. Iga sellist joont või kiirt nimetatakse «polaarkiireks». Mõõtmise kiirendamiseks soovitan mõõta neid kaugusi mõõda kiiri harkmõõtjaga. Kui mõõdistamisest osavõtjaid on palju, valmistage mitu harkmõõtjat. Hoonete mõõdistamisel (kui te olete veendunud, et need on täisnurksed) siduge hoone kaks nurka ja mõõtke tema kõik küljed. Kui polaarkiired kulgevad mingisuguse eseme lähedal, võib tõmmata ristsirged ja ehitada joonlõiked nendest kiirtest.

Polaarmetodit võib rakendada ka aluse tihendamiseks. Kui mõni osa maa-alast on halvasti nähtav, võite polaarmetodiga väljutada aluspunktist siirdepunkti (nr. 11). Kaugust

nr. 2 — nr. 11 mõõtkeruletiga kaks korda. Ühest siirdepunktist teist siirdepunkti väljutada ei tohi.

Võrrelge planšetti kogu aeg maastikuga ja kustutage halastamatult kummiga kõik ebaõige. Teisejärgulised ja vähetähtsad esemed joonistage silma järgi. Tee lookleb sujuvalt, kuid teil on ta märgitud ainult kahe punktiga; ärge joonistage teed murdjoonega, vaid sujuva kõveraga. Siin on veel rida puid. Mõõdistage ainult kaks äärmist, ülejäänud joonistage lihtsalt silma järgi.

Üksikuid kõlvikuid, s. o. niite, põldusid ja soid, ärge joonistage kohe tingmärkidega, vaid ainult kirjutage: «Niit», «Mets» jm. Planšeti lõplikku viimistlemist on mugavam teostada kodus.

Lõpuks on teil plaan valmis. Te seisite kõikides punktides, kontrollisite kõike, kandsite kõik peale ja joonistasite kõik üles. Nüüd minge koju.

TÖÖ KODUS

Ma esitan teile ühe paragrahvi 1766. aasta instruksioonist «Venemaa Impeeriumi generaalmõõdistamine», mis viidi läbi üksikute eramaavalduste mõõdistamiseks ja nende piiride täpseks kindlaksmääramiseks.

Topograafidelt nõuti, et nad teeksid kogu töö «... suure usinuse, ustavuse ning kannatlikkusega ja ei tunneks tüdimust, et kõiki plaanistamisel esinevaid juhuslikkusi ja vähimaidki kahtlusi peavad nad korduvalt kontrollima».

See instruksioon kõlbab ka tänapäeval. Ta on hea nii teie välikui ka k a m e r a a l t ö ö d e, s. o. kodus teostatavate tööde juures.

Parandage oma vigu «suure usinuse, ustavuse ning kannatlikkusega» ja ma olen veendunud, et te ületate lõppude lõpuks kõik ebaõnnestumised ja hakkate omatehtud instrumentidega valmistama suurepäraseid plaane. Jätkuks teil ainult indu ja armastust töö vastu!

Alustage nüüd plaani väljajoonestamisega. Eraldage paber ettevaatlikult planšetilt ja kustutage kõik mittevajalikud abijooned — käigujooned, löiked, ristsirged ja polaarkiired. Plaanil on ette nähtud kujutada situatsioon — metsad, järved, juurviljaaiad, teed, majad jne. — iga eseme jaoks erilise t i n g m ä r g i g a. Üldse on tingmärke mitu tuhat, kusjuures erinevate mõõtkavade jaoks on need erinevad. Kõik Nõukogude Liidu asutused on kohustatud valmistama plaane ühtsete tingmärkidega.

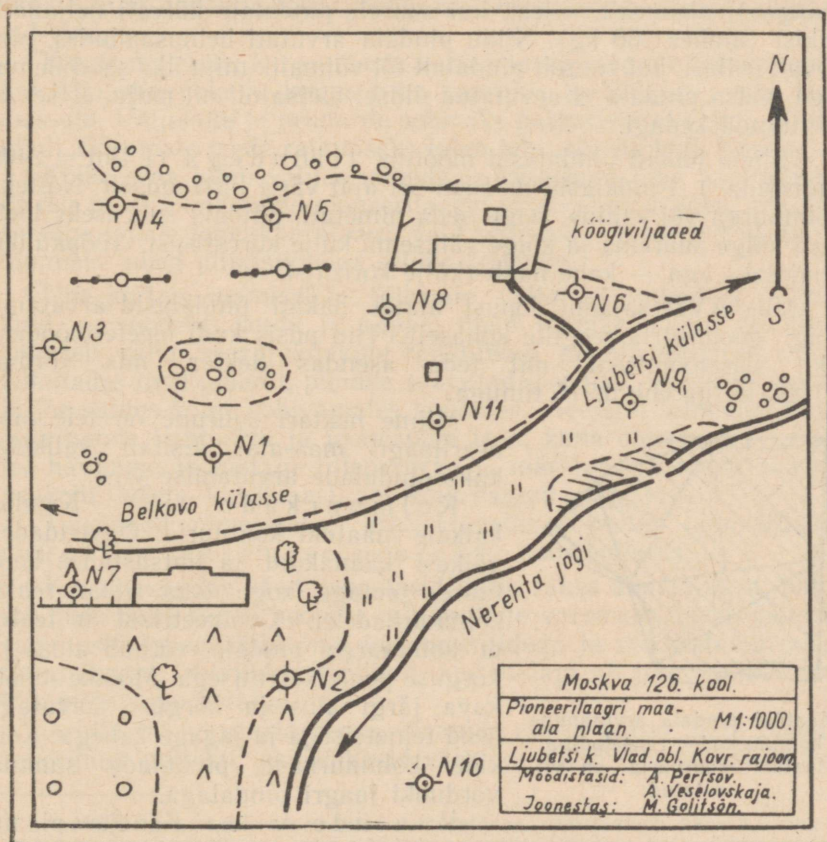
Mõnede kõlvikute ja esemete, näiteks metsade, soode, niitude, järvede, jõgede ja ehituste piirjooned võidakse kanda suuremõdulisele plaanile sellistena, nagu nad tegelikult on. Seesuguseid tingmärke nimetatakse k o n t u u r i l i s t e k s tingmärkideks. Üksikuid puid, poste, kaevusid jm. ei saa joonistada mõõtkavas, sest nad tuleksid nõõpnõelapeast enamasti väiksemad. Sellist liiki tingmärgid joonistatakse meelega suuremad ja neid nimetatakse m õ õ t k a v a t u t e k s tingmärkideks.

Tingmärkide nägusus seisneb nende lihtsuses ja joonestamise korralikkuses. Enamik tingmärke joonestatakse musta värviga. Kõike seda, millel on ühist veega — ojad, sood, kraavid —, kujutatakse rohelise värviga (sinisega ei tohi, sest plaani fotografeerimisel sinine värv ei jäta jälge). Suured veekogud — laiad jõed, järved, tiigid — kaetakse nõrga helesinise värviga, kuna kontuurid tõmmatakse samuti rohelisega.

Mäed, madalikud, kuristikud, augud ja teised maapinna ebatasused kujutatakse pruuni värviga.

Kõlvikute — metsade, niitude, soode jne. — piirid näidatakse peenikese punktiirjoonega; mets joonestatakse suuremate ja väiksemate mustade ringikestega, mis metsaservale on asetatud tihedamini ja keskele harvemini; põõsastikud joonestatakse ringikeste gruppina — üks suurem ja külgedel kolm väiksemat.

Paljud tingmärgid kujutatakse esemetele väga sarnastena, näi-



Pioneerilaagri maa-ala plaan.

teks üksik puu, veevõtupump, tänavalatern (vaata tingmärke raamatu lõpus).

Joonestage oma plaan tušiga üle; lõmmake joonsulega plaani äärelle magnetilist meridiaani tähistav nool; kirjutage oja juurde nimetus, tee juurde kirjutage, kust ta tuleb ja kuhu suundub; plaani paremasse allnurka kirjutage spetsiaalsesse ristkülikusse (kirjanurka) maa-ala nimetus, kus ta asub, millal mõõdistati ja milline on mõõtkava; alla kirjutagu see, kes mõõdistas ja kes joonestas.

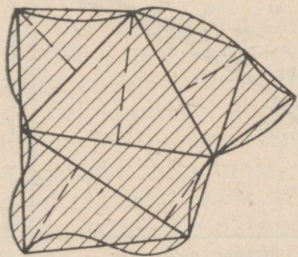
Kui te hästi joonestate ja korralikult kirjutate, siis tuleb teie plaan kindlasti väga ilus.

PINDALADEST

Kuni XVII sajandi teise pooleni arvutati Venemaal maatükkide pindalasid väga omapäraselt. Põlde arvutati neljandikega («tündrimaaga»), olenevalt sellest, kui suurele pindalale külvati neljandik rukist (umbes 150 kg). Niidu pindala arvutati heinasaadudes, olenevalt sellest, kui suurelt pindalalt oli võimalik niita üks saad heina. Aga metsa pindala ei arvutatud üldse: metsa oli nii palju, et see ei huvitanud kedagi.

Hiljem hakati pindalasid mõõtma tiinudega (1 tiin = 2400 ruutsülda¹). Pindalasid mõõdeti sel ajal väga ligikaudselt. Näiteks kolmnurga või «siilu», nagu seda nimetati, pindala suuruseks loeti pool kõige suurema ja kõige väiksema külje korrutisest, rööpküliku pindalaks aga — kahe naaberkülje korrutist.

Alles XVII sajandi lõpust alates hakati pindalasid arvutama kõigi geomeetria reeglite kohaselt. Tiin püsis kuni meetermõõdustiku sissetoomiseni, mil teda asendas hektar, mis võrdub 10 000 m²-ga ehk 0,915 tiinuga.



Maatüki pindala arvutamine kolmnurkade meetodiga. Maatüki kontuurid on viirutatud.

Mitme hektari suurune on teie pioneerilaagri maa-ala? Esitan valikuks kaks pindalade arvutamise viisi.

Kolmnurkade viis. Kandke kalkale maatüki kontuurid. Ögwendades väikesi käänakuid ja lihtsustades kontuure, jaotage kogu oma plaan reaks kolmnurkadeks. Geomeetriast te teate, et kolmnurga pindala võrdub aluse ja kõrguse poole korrutisega. Mõõtke mõõtkava järgi alus ja kõrgus, korrutage need teineteisega ja jagage kahega. Kõikide kolmnurkade pindalade summa võrdubki laagri pindalaga.

Ruutude viis. Kandke plaani

¹ Süld — vene pikkusmõõt, millist kasutati kuni meetermõõdustiku sissetoomiseni. Süld = 2,134 m.

kontuurid kalkale üle ja asetage viimane millimeetripaberile¹. Teie plaani mõõt on 1:1000. Järelikult vastab igale cm²-le plaanil 100 m² looduses². Loendage ruutsentimeetrite arv, mida katab teie plaan, ja teisendage see hiljem hektariteks.

Kui ei nõuta erilist täpsust, siis topograafid tavaliselt arvutavad pindala suurust ühe nimetatud viisiga.

JÄLLE VÄLJALÕIGATUD KUJUNDID

Te ei valmistanud pioneerilaagritele kuuluva maa-ala plaani mitte oma lõbuks. Kui te suve algul sõitsite maale, siis nägite, et pioneerilaager koosneb mitmest jõeäärsest väljakul asuvast majast. Pioneerilaager tuleb teha paremaks ja kaunimaks: märkida maapinnale spordiväljakud, mitmesugused lillepeenrad, istutada puid ja põõsaid ning märkida koht suplemiseks. Majade ja spordiväljakute vahele ning suplemiskoha juurde on tarvis rajada sirged liivatud teed.

Kas te mäletate, kui saite uue korteri ja paigutasite kohale mööblit? Aga siin pole ju kolme tuba vannitoa ja köögi, vaid terve maa-ala. Väljakute ja peenarde sobivaks paigutamiseks ning võimalikult sirgemate teede rajamiseks tuleb läbi mõelda kõik üksikasjad.

Kõike seda tuleb valmis mõelda ja katsetada juba toas istudes. Et teie poolt joonestatud pioneerilaagri plaan ei määrduks, siis ärge asetage lauale tegelikku plaani, vaid selle kalkale kantud koopiat ja tõmmake uued pliiatsijooned sellele koopiale.

Uue korteri saamisel te lõikasite välja kujundeid ja ristkülikuid — voodeid, laudu ja kappe; nüüd lõigake plaani mõõtkava kohaselt välja spordiväljakute ristkülikud ja lillepeenarde ringid. Nihutades neid plaanil, püüdke saavutada, et nad asetuksid majade ja jõe suhtes kõige sobivamates kohtades. Seejärel tõmmake pliiatsiga nende kontuurid ja joonestage teed, kuna olemasolev looklev tee hävitage; joonistage lillepeenrad ja märkige iga istutatava puu asukoht. Näete, kui ilusasti see kõik paberil välja tuli.

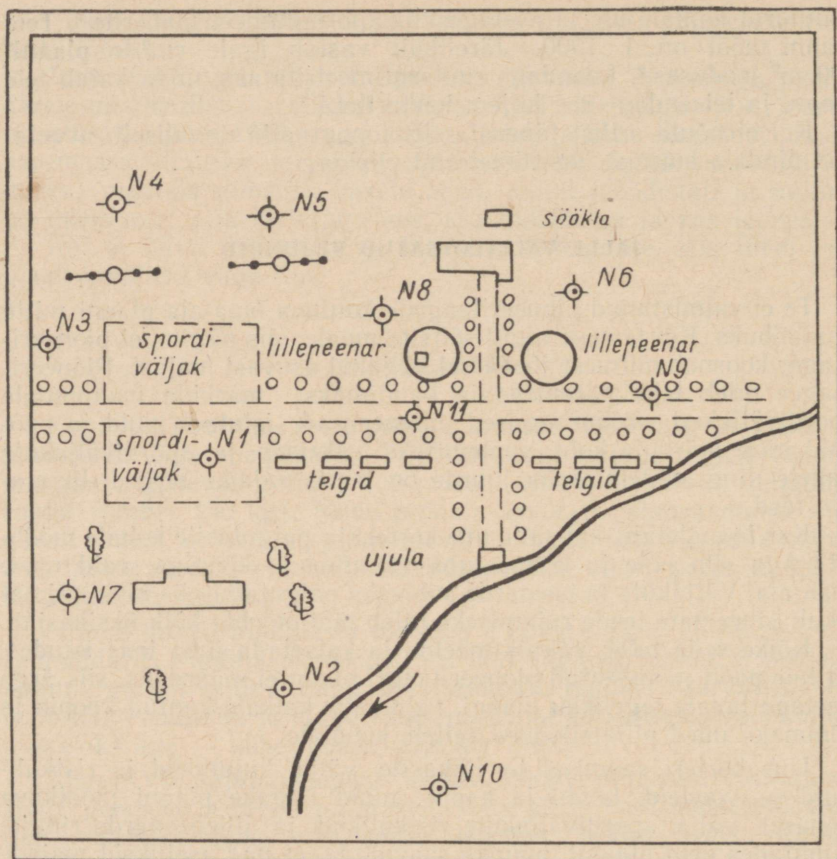
Teie tööd nimetatakse arhitektuurilises keeles pioneerilaagri rekonstrueerimise projekti koostamiseks.

Kui nõukogude väed vabastasid linna saksa anastajatest, langesid meie kätte sageli hoonete ja vabrikute varemed. Armeed jälgedes sammusid topograafid oma instrumentidega ja mõõdistasid purustatud linnad, märkides hoolikalt, kus midagi oli terveks jäänud ja kus midagi purustatud.

Arhitektid koostasid nende plaanide alusel antud linna rekonstrueerimise projekti; nad lõikasid välja kujundid — projekteeritavad

¹ Millimeetripaberiks nimetatakse spetsiaalset paberit, mis on jaotatud detsimeetrilise, sentimeetrilise ja millimeetrilise küljepikkusega ruutudeks.

² Mõõdu 1:500 juures vastab igale cm²-le plaanil 25 m² looduses.



Pioneerilaagri rekonstrueerimise projekt.

hooned — ja nihutasid neid mööda plaani, seejärel aga tõmbasid punase tušiga paberile tulevased tänavad ja väljakud, joonestasid välja pargid, haljasalad ja alleed.

Täpselt samuti koostatakse väljalõigatud kujundite-hoonete abil uue tehase või uue linna planeerimise projekt.

PROJEKTI KANDMINE LOODUSESSE

Teie plaanil tuli kõik väga ilusasti välja, eriti alleed ja lillepeenrad.

Nüüd kandke projekt selle joonise alusel loodusesse, et saaks alustada juba tegelikke töid pioneerilaagri korrastamiseks.

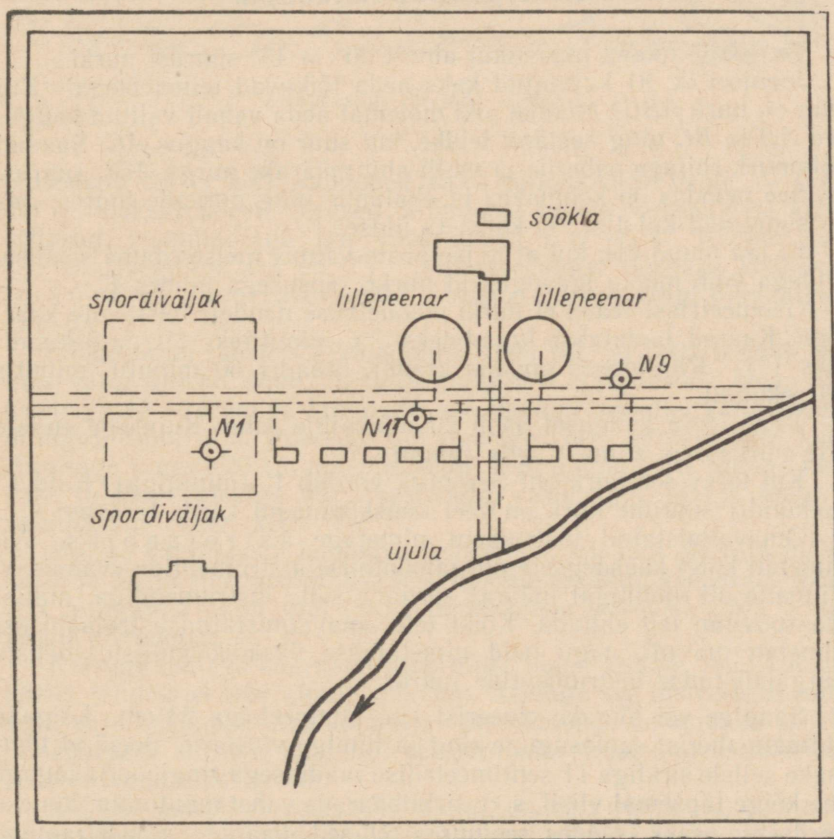
Selleks koostage esmalt, samuti koopial (kalkal), maapinnale märkimise projekt. Kõik spordiväljakud märgitakse

maapinnale nurkadesse püstitatud vaiadega. Teed märgitakse maapinnale järgmiselt: kõigepealt märgitakse 10—20 m järel asetatud vaiadega ainult teede teljed, hiljem märgitakse teljest mõlemale poole maapinnale juba teede servad (teede muldkeha). Ümmarguste lillepeenarde märkimiseks püstitatakse tsentraalvai ja trasseeritakse selle ümber ringvagu, kasutades sirklina ruletti või nõõri. Teekäänakud tõmmatakse samal viisil nagu suure ringi kaared.

Maapinnale märkimist ei tohi alustada maatüki äärest, asetades vaiu seejärel ikka kaugemale ja kaugemale kuni vastasasuva küljeni. Nii läheb teie maapinnale märkimine paratamatult kõveriti.

Valige projektis esmalt kõige olulisem — jooned, mis läbivad kogu maatüki. Antud juhul on teil selleks oluliseks kahe tee teljed: üks sööklast suplemiskohani, teine sellele risti.

Kuna te oskate mõõta ja ehitada ainult 90° ja 45° suurusi nurki, siis koostage plaanil maapinnale märkimise projekt, sidudes projekti üksikud elemendid aluse lähimate punktidega oma käikudest tõm-



Pioneerilaagri maapinnale märkimise projekt (arvud pole plaanile kantud).

matud lühikeste ristsirgete abil. Mõõtke plaanil graafiliselt kõik suurused ja kirjutage need igale joonele juurde. Joonisel lk. 98 on see kõik väga hästi näha.

Mõõtke maastikul tulevase tee telg sööklast suplemiskohani ja lööge vajalikesse kohtadesse vaiad. Leidnud teede lõikumispunkti, ehitage ekkeriga ristsirge. Maapinnale märkimise projekti kohaselt möödub see ristsirge 6 m kauguselt punktist nr. 1. Maastikul saite aga 4,5 meetrit. Ärge laske ennast sellest segada ja ärge hakake tee suunda muutma, jäägu parem teeristile 90° nurgad; 1,5 meetrit — see ei ole viga: selles avaldus teie aluse sulgemisvea mõju, millele lisandusid ebatäpsused, mis tekkisid teede telgede graafilisel kindlaksmääramisel plaanil ja ristsirge ehitamisel ekkeriga.

Lähtudes nendest kahest teeteljest, märkige maapinnale spordiväljakud, lillepeenrad ja kõik muu.

OMAVALMISTATUD ASTROLAAB

Te oskate mõõta maastikul ainult 90° ja 45° suurusi nurki.

Joonisel lk. 91 kujutatud kaks aeda lõikuvad teineteisega. Kui suur on nurk ABC ? Mõõtke piki mõlemat aeda vabalt valitud kaugused AB ja BC ning seejärel leidke, kui suur on kaugus AC . Saadud kolmnurk ehitage paberile ja malli abil määrake nurga ABC suurus.

See moodus on kohmakas ja ebatäpne ning nurkade juures, mis on suuremad kui 120° , ei kõlba ta üldse.

Ei jää muud üle, kui et te ise peate valmis meisterdama seadise, millega võib mõõta igasuguseid nurki, täpsusega umbes $\frac{1}{4}^\circ$.

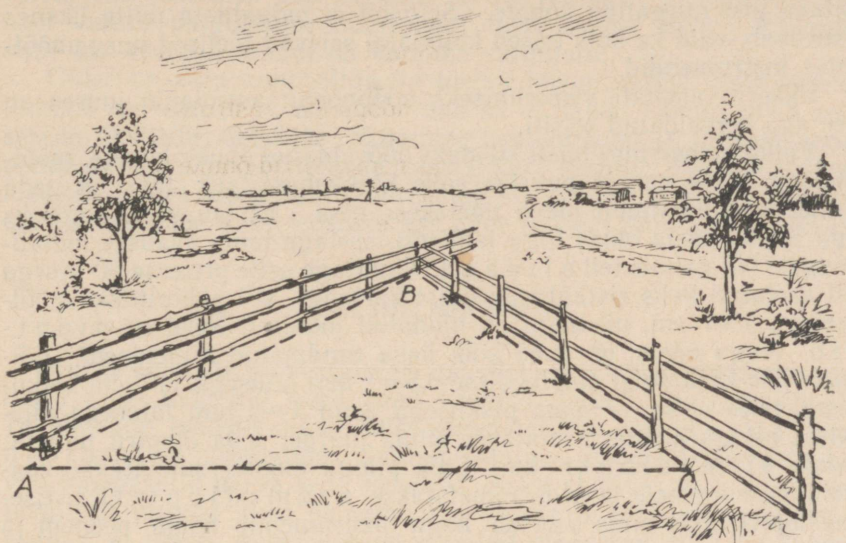
Geomeetriast teate, et nurki mõõdetakse nendele vastavate kaartega. Kaared jaotatakse kraadideks ($^\circ$), minutiteks ($'$), ja sekunditeks ($''$). Ringjoones on 360 kraadi, kraadis 60 minutit, minutis 60 sekundit.

Teist 75 m kaugusel asub 20-kopikaline raha. Kujutage endale ette nurka teie silmast selle rahani.

Kui terav see nurk on! See nurk võrdub $1'$ (minutiga). Kuid $1''$ (sekundi) suurune nurk on veel kuuskümmend korda teravam.

Omavalmistatud instrument nimetage *astrolaabiks*. Nii nimetati kõigi kaasaegsete nurgamõõtmise instrumentide «vanaisa». Viimane oli mõningal määral sarnane selle instrumendiga, millist ma soovitan teil ehitada. Kõiki teie omavalmistatud astrolaabi osi nimetan ma nii, nagu neid nimetatakse ükskõik milliste tõeliste nurgamõõtmise instrumentide juures.

Saagige või lõigake vineerist ring diameetriga 23 cm. Lõigake vatmanpaberist samasugune ring ja liimige vineerile. Seejärel tõmmake sellele sirkliga 11-sentimeetrilise raadiusega ringjoon ja jagage see kõige täpsemal viisil, s. o. sirklihaarade vahet muutmata, kuueks võrdseks osaks, saades seejuures 60° -sed kaared. Edasi jaotage ringjoon 15° -, 5° - jne. kuni 1° -, isegi kuni $30'$ -steks kaarteks. Nii jaotasite te omal ajal eklimeetri kaart. Nüüd tuleb jaotada veel



Kui suur on nurk ABC?

täpsemalt, nii et kõik kaugused sirkli torkeaukude vahel — kraadid — oleksid täiesti võrdsed. Tõmmake tušiga torkeaukude kohta kriipsud; nummerdage iga viies kraad, s. o. 0° , 5° , 10° jne. kuni 355° -ni (järgmine arv on 0°). Nummerdamist teostage kellaosuti liikumise suunas. Sellist kraadijaotustega ringi nimetatakse limbiks.

Lööge limbi tsentrisse kahetolline nael nii, et selle teravik ulatuks välja ülevalt poolt. Saagige palgist 5 cm paksune ketas diameetriga 12–14 cm ja kinnitage see tihedalt (naeltega või tislерилиimiga) limbi alla. Põletage või puurige ketta keskele auk, kuhu kinnitage tugev 120 cm pikkune kepp; kepi alumine ots tahuge teravaks ja lööge plekiga üle, ühesõnaga, valmistage ta nii, nagu te valmistasite ekkeri kepi.

Ma ise valmistasin ka sellise astrolaabi, kui mul oli vaja mõõta nurki ja tõelisi nurgamõõtmise instrumente ei olnud käepärast. Võibolla te mõtlete välja veel täiuslikuma konstruktsiooni. Ma annan ainult põhimõtte.

Katsuge näiteks kinnitada limb mitte puust kettale, vaid kuidagi teisiti, kuid ta ei tohi ainult kõikuda. Asetage see instrument mitte kepi, vaid kokkupandava kolmjala otsa. Katsuge kohandada selleks fotoaparaadi statiiivi, kuid nii, et astrolaabi ennast oleks võimalik pöörata kolmjalast eraldi.

Kui teie astrolaab seisab kolmjalal, on vaja ripploodi, s. o. mingit raskust, mis on seotud peaaegu maani ulatuva nõori otsa. Lood on riputatud spetsiaalselt limbi tsentri alla kinnitatud haagikese külge. Nurkade mõõtmisel peab instrument seisma nii, et ripplood

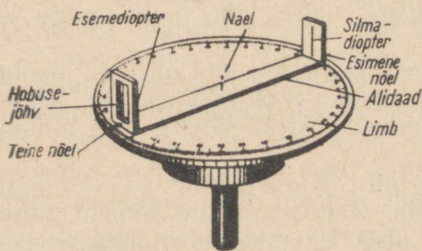
satuks just nurgatipu kohale. Selliselt ei paigaldata mitte üksnes astrolaab, vaid ka kõik teised kolmjalal seisvad tõelised nurgamõõtmise instrumendid.

Ekkeril tarvitati viseerimiseks nõõpnõelu; astrolaabi juures on see aga korraldatud teisiti.

Võtke ümberringi hästi siledaks hõõveldatud õhuke lauake, mõõtemetega 22×4 cm, ja puurige selle keskkohast auk läbi, et teda saaks asetada limbil oleva naelakese otsa. Et lauake ei logiseks ega istuks naela otsas liiga lahtiselt, asetage tema avausse metallrõngas. Nii valmis teil alidada d. Kinnitage selle otstesse 90° nurga all asetatud kaks ristkülikukujulist kartongi- või paberitükki mõõtemetega 4×7 cm, nii nagu on näidatud joonisel. Need on dioptrid. Nagu näete, on need kõik üsna tundmatud nimetused! Lõigake ühe kartongist dioptri sisse 0,5—1 mm laiusuga ja 5 cm pikkusega, teise sisse — sama pikkusega, kuid 4—6 mm laiusuga pilu. Kitsa piluga diopter asetatakse silma juurde; seda dioptrit nimetatakse silmadioptriiks. Laia piluga diopter suunatakse vaadeldavale esemele ja seda nimetatakse esemedioptriiks. Esemedioptri laias pilus asetseb kogu instrumendi kõige peenem ja õrnem osa — hobusejõhv. Tõmmake hobuse lakast või sabast jõhv ja kinnitage see kas kirjalaki või vahaga pilu keskele. Kinnitamisel jälgige, et jõhv oleks pingul ja seisaks vertikaalselt. Seejärel lööge alidaadi mõlema otsa keskkoha grammofoninõel nii, et nende teravikud jääksid väljapoole. Jõhv, silmadioptri pilu, tsentris asuv nael ja mõlema grammofoninõela teravikud peavad asuma ühel joonel. Teie instrument on valmis.

Te ütlete, et ta tuli liiga habras ja võib kergesti katki minna. Üldse tuleb kõigi topograafiliste instrumentidega ettevaatlikult ümber käia. Kui te omavalmistatud astrolaabi teise kohta viite, võtke alidaad kindlasti naela otsast ära ja kandke teda eraldi.

Nüüd on tarvis instrumenti kontrollida. Eeldame, et te kraadijaotused joonestasite limbile väga täpselt ja nael seisab limbi keskpunktis. Asetage silmadioptri juures asuva nõela ots limbi nullkriipsule (seda nimetatakse nullide kohastikku asetamiseks¹), siis peab nõela teine ots sattuma 180° juurde. Kui seda ei juhtu, paigutage nõel natukene ümber. Teist korda kontrollige limbi teiste jaotuste suhtes, näiteks 90° ja 270° . Kui nõel kaldub kõrvale rohkem kui veerand kraadi



Omavalmistatud astrolaab.

¹ Väljend «nullide kohastikku asetamine» tuleneb sellest, et tõelistel geodeetilistel instrumentidel on ka alidaadile jaotused peale kantud, ja see tähendab limbi ning alidaadi viimist sellisesse asendisse, et nende nulljaotused langeksid kokku. Teie alidaadil asendab nulljaotust silmadioptri kohale löödud grammofoninõela teravik. (Toim.)

võrra, siis tähendab see, et limb on teil halvasti joonestatud või nael valesti paigutatud; instrument tuleb ümber teha. Väiksem vahe kui veerand kraadi on kahjuks vältimatu.

Üldse on vaja kontrollida ka tõelisi topograafilisi instrumente, ükskõik kui uutena ja täpsetena nad ka ei näiks. Samuti tuleb katsetada üksikute detailide töötamise usaldatavust ja õigsust ning nende detailide ja põhitelgede vastastikust asendit. Mõnede instrumentide juures tuleb neid kontrollimisi teostada üle kümne. Paljusid kontrollimisi tuleb teostada iga päev ja isegi mitu korda päevas.

NURKADE MÕOTMINE

Kui te ehitasite pioneerilaagri mõõdistamise aluse planšetile, siis nurki te ei mõõtnud, vaid need tekkisid paberil puht-graafiliselt. Te ehitasite mõõdistamise aluse geomeetrilise ehk nurgajoonestamise meetodiga. Suuremõõdulisel mõõdistamisel kasutavad topograafid harva seda moodust. Alust ehitades mõõdavad nad tavaliselt nurgad alati suurema või väiksema täpsusega. On arusaadav, et plaani, mille alus on ehitatud mõõdetud nurkade kaudu, koostatakse alati täpsemini.

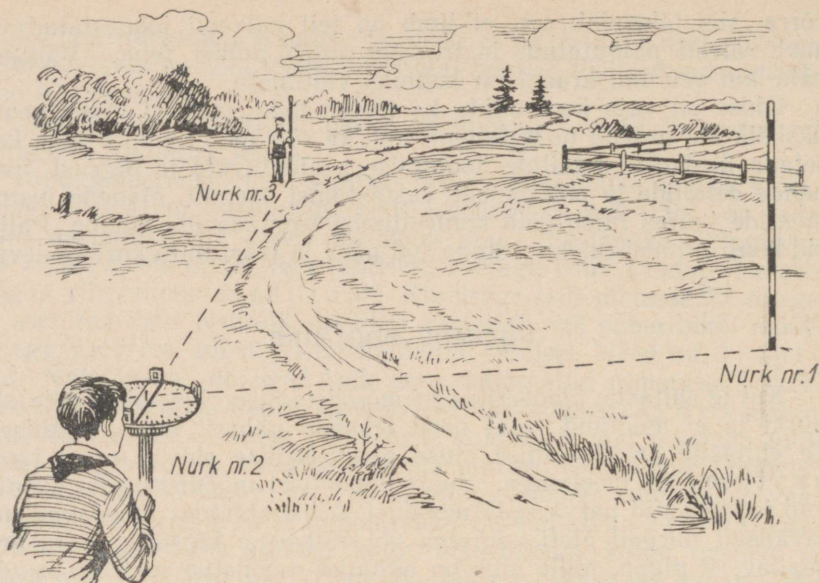
Asume nüüd siis tööle. Nurki mõõdetakse tavaliselt kellaosuti liikumise suunas. Mõõdistatav maala asuks sel juhul teist kogu aeg paremal. Mõõdetakse ainult parempoolseid, s. o. sisenurki, kusjuures need võivad ka suuremad olla kui 180° .

Asetage oma astrolaab võimalikult kindlalt ja täpselt nurka nr. 2.

Kuna väikest punktivaia pole võimalik välja tõmmata, lööge suurema vaia ja kirve abil punkti kõrvale maasse auk ja torgake oma astrolaabi jala teravik sellesse auku. Hiljem, kui te siirdute järgmisse nurka, torgake samasse auku tähis.

Vaadake läbi dioptri kitsa pilu jõhvile ja suunake jõhv tähisele nurgas nr. 1, mis asub teist paremal ja tagapool. Nüüd võtke limbilt esimese nõela kohalt, mis asub silmadioptri juures, lugem, saite $282^\circ 35'$. Seejärel vaadake teise nõelakese kohalt ainult minuteid; tuli $45'$. Antud lugemid on puht juhuslikud, kuna te asetate instrumendi nii, et tekkisid just need arvud. Limbil on teil kõige väiksemad jaotused $0,5^\circ$. Suurema täpsuse — $35'$ ja $45'$ — saate te juba puht silma järgi, hinnates nõela teraviku asendit kraadijaotuse joonte vahel. Keskmine lugem tuleb $40'$. Suure ettevaatusega, et instrumenti mitte paigalt nihutada, pöörake alidaadi ja suunake jõhv tähisele nurga nr. 3 juures, mis asub teist eespool ja vasakul. Siin on lugem esimese nõela järgi $203^\circ 30'$ ja teise järgi $40'$, s. o. keskmiselt $203^\circ 35'$.

Vaadake joonist lk. 94. Punktiiriga on limbile kantud alidaadi esimene asend, pideva joonega teine asend. Nagu näha, mõõdetakse nurk 1—2—3, kuid lugemid võetakse vaatlaja silma juures



Nii mõõdetakse nurka astrolaabiga.

sellele nurgale vastava tippnurga järgi. On selge, et nurk nr. 2 võrdub vaade tagumisele tähisele nr. 1 miinus vaade eesmisele tähisele nr. 3. Nurk nr. 2 = $282^{\circ}40' - 203^{\circ}35' = 79^{\circ}05'$. Teisiti öeldes on valem selline: vaade tagasi miinus vaade edasi võrdub käigul paremale jääva nurgaga.

Kui te tahate saada topograafiks, tuleb teil see valem pähe õppida.

Nüüd võtke ettevaatlikult astrolaabi kepi kinni ja pöörake kogu instrumenti umbes 90° võrra (topograafide juures nimetatakse seda limbi nihutamiseks). Korrake kogu nurgamõõtmise protsessi uuesti; nõelad näitavad loomulikult limbi teisi jaotusi, kuid mõlema lugemi vahe peaaegu ei muutu. Oletame, et nurga nr. 1 juures saime keskmise lugemi $39^{\circ}15'$, nurga nr. 3 juures — $320^{\circ}00'$; et vaade tagasi osutus väiksemaks vaatest edasi, tuleb tagumisele vaatele lisada terve ringjoon, s. o. 360° . Saame $(39^{\circ}15' + 360^{\circ}) - 320^{\circ}00' = 79^{\circ}15'$; esimesel mõõtmisel oli lugem aga $79^{\circ}05'$. Järelikult on nurga keskmine lõplik suurus $79^{\circ}10'$. $10'$ -ne vahe näitab, et me mõõtsime nurka hästi. Kui vahe on suurem kui $30'$, tuleb mõõtmist uuesti korrata.

Ärge tundke meelehärmi!

Meenutage veel kord instruksiooni «Venemaa Impeeriumi gene-

¹ Endastmõistetavalt pole võimalik mõõta ja arvutada nurki $5'$ täpsusega isegi sel juhul, kui te kraadijaotused väga korralikult välja joonestasite. See $5'$ on limbi nelja lugemi puht tinglik keskmine.

Pioneerilaagri territooriumi mõõdistamise alus
Ljubetsi jaama lähedal, Kovrovski rajoonis, Vladimiri oblast

Seisu- punktide nr. nr.	Vaatlus- punktide nr. nr.	Lugemid nõelte järgi		Keskmine lugem.	Mõõdetud nurgad	Keskmsed nurgad	Joone pikkus	
		1. järgi	2. järgi					
2	1	282°35'	45'	282°40'	79°05'	79°10'	57.18	
	3	203°30'	40'	203°35'				
2	1	39°05'	25'	39°15'	79°15'			57.27
	3	319°55'	320°05'	320°00'				
3	2	328°00'	10'	328°05'	233°50'	233°54'		
	4	94°20'	10'	94°15'				
3	2	49°05'	10'	49°08'	233°58'			
	4	175°05'	15'	175°10'				

20. juunil 1953.a.

Mõõtmist teostas: A. Pertsov

raalmõõdistamine» — parandage vigu «suure usinuse, ustavuse ning kannatlikkusega ...»

Samal viisil, sama korralikult ja tähelepanelikult mõõtke oma käigu kõik kümme nurka. Viimasel korral seiske nurgas nr. 1; seal on teil tagumiseks tähiseks nr. 10, eesmiseks — nr. 2. Nii saate te suletud käigu, mis moodustab korrapäratu kümmenurga — suletud polügoni.

Kõik oma ülestähendused kandke puhtalt ja korralikult spetsiaalsesse «Nurkade mõõtmise žurnaali». Kogu märkuste žurnaali kandmise kord peaks toodud näite varal olema küllalt arusaadav.

Enne kui te koju lähete, seiske kompassiga nurka nr. 2 ja mõõtke nurk magnetnõela ja joone nr. 1 — nr. 2 vahel, s. o. mõõtke selle joone magnetiline asimuut. Samas nurgas võib määrata ka tõelise meridiaani: siis mõõtke nurk tõelise meridiaani ja joone nr. 1 — nr. 2 vahel, millega määrate kindlaks selle joone tõelise asimuudi.

SULGEMISE NURKVIGA

Kui koju jõuate, kirjutage välja kümne nurga mõõtmise lõplikud tulemused ja liitke need omavahel. Ärge eksige ainult minutite arvestamisel. Pidage mees, et ühes kraadis on 60 minutit. Huknurga sisenurkade summa võrdub teoreetiliselt $180^\circ \times (n-2)$, kus n on nurkade arv, s. o. $180^\circ \times (10-2) = 180^\circ \times 8 = 1440^\circ 00'$.

Teie saite aga $1439^\circ 52'$. Tekkinud vahet $8'$ nimetatakse sulgemise nurkveaks.

Jälle samasugune lahkumine teooria ja praktika vahel, geomeetria ja geodeesia vahel!

Geomeetria ütleb: täpselt $1440^{\circ}00'$, aga geodeesia ütleb: proovige mõõta ja te ei saa kunagi täpset tulemust — olgu või $30''$, kuid alati tuleb vahe sisse.

Kui vahe ulatub terve kraadini või veelgi rohkem, siis on juba halb; tähendab, nurkade mõõtmisel on kusagil eksitud. Kõigepealt kontrollige veel kord kõiki sooritatud aritmeetilisi tehteid: leidke nurkade summa ja lahutage tagumistest lugemitest esimesed. Kõikidest vigadest leiavad topograafid 75% just selliste aritmeetiliste tehete juurest. Kui te viga ei leia, minge väljale ja mõõtke nurgad uuesti.

Väike sulgemise nurkviga $8'$ on lubatav ja vältimatu¹. Millest see tuleneb? Põhjusi on palju:

1. Kraadijaotused on limbile joonestatud ebatäpselt.
2. Minuteid pole silma järgi päris õigesti loetud.
3. Instrument kõikus või seisis viltu.
4. Alidaad liikus liiga vabalt naela ümber.
5. Nõelad ei asunud naelaga ühel sirgel.
6. Nael ei olnud löödud päris limbi tsentrisse.
7. Jõhv oli liiga jäme ja kattis täielikult tähise ning polnud seepärast suunatud selle keskele.

Kõik need vead mõjuvad ühes või teises suunas ja kattes üksteist moodustavad lõppude lõpuks vältimatu sulgemise nurkvea.

See sulgemisviga tuleb hajutada, lisades igale nurgale ühe osa sellest veast nii, et nurkade summa muutuks võrdseks teoreetilise summaga. Nurki on kümme, aga minuteid on kaheksa; kaheksale nurgale liitke igale üks minut. Lk. 99 paigutatud tabelis on see sulgemisvea hajutamine väga hästi näha. Kui teie nurkade summa on suurem kui teoreetiliselt võimalik, tuleb sulgemisvea osad iga nurga suurusest lahutada.

UUESTI ASIMUUDID

Võtke oma tulevase plaani jaoks puhas leht vatmanpaberit. Kui alustada malli abil polügoni pealekandmist lihtsalt mõõdetud nurkade järgi, s. o. kandes esmalt paberile nurga, siis joone, seejärel teise nurga, jälle joone jne., siis kasvab viga pealekandmise ebatäpsusest tingituna iga nurga juures. Kui te polügoni sulgedes jõuate uuesti punkti nr. 1 juurde, saate vältimatult suure sulgemise joonvea.

Nii ei tule pealekandmisest midagi välja. Soovitan kasutada pealekandmist *asimuutide järgi*.

Joone nr. 1 — nr. 2 asimuut, kas tõeline või magnetiline, on meil teada. See määrati väljal. Oletame, et see võrdub $83^{\circ}00'$.

Kui suur on järgmise joone nr. 2 — nr. 3 asimuut?

¹ Töötamisel tõeliste nurgamõõtmise instrumentidega peab kümne nurga sulgemisviga olema väiksem kui $3'$, väiksem kui $2'$ või isegi veel väiksem, sõltuvalt nurgamõõtmise instrumendi enese täpsusest.

Koolimallil esinev jaotusnumbrite süsteem ei kõlba töötamiseks asimuutidega. Ma soovitan teil liimida mallile pabeririba uue jaotussüsteemiga 0° kuni 180° ja 180° kuni 360° , nii nagu on näidatud joonisel.

Nüüd alustage aluse pealekandmist.

Tõmmake paberilehe keskele vertikaalne, joon. See olgu meridiaan (tõeline või magnetiline). Paberilehe ülemisse vasakusse nurka märkige punkt — punkt nr. 1. Alates sellest meridiaanist tõmmake malli abil teile tuntud nurga all (asimuudiga $83^{\circ}00'$) joon; ehitage punktist nr. 1 eelmisega paralleelne joon. Kandke viimasele varem märgitud mõõtkava järgi mõõdetud pikkus nr. 1 — nr. 2 ja te saate punkti nr. 2. Samal viisil ehitage, asimuudi $183^{\circ}49'$ all, punktist nr. 2 joon nr. 2 — nr. 3. Talitage niiviisi, kuni jõuate punkti nr. 10. Punkti nr. 1 te jällegi ei satu, vaid jõuate punkti nr. 1^a. Kuidas seda sulgemise joonviga kaotada, te juba teate.

Kui asimuute kanda kogu aeg peale algusega ühest ja samast meridiaanist, siis viga ei kasva ja tavaliselt on sulgemise joonviga suhteliselt väike — alla $\frac{1}{400}$ perimeetrist.

JÄLLE SITUATSIOONIST

Astrolaabi abil on võimalik mugavalt ja täpselt teostada mitmesuguseid maapinnale märkimise töid ja projekti ülekandmist loodusesse.

Astrolaabi abil on kerge plaanistada ka kõiki maastiku üksik-asju.

Situatsioon mõõdistage alusest eraldi, see tähendab, et igas punktis tuleb peatuda astrolaabiga kaks korda. Mõõdistamisel on samuti vaja kombineerida kõigi kolme mõõdistamise meetodiga, kasutada harvem lõigete ja ordinaatide meetodit ning mõõdistada peamiselt polaarmeetodiga.

Igas punktis (mõõdistamisel nimetatakse punkte *j a a m a d e k s*) orienteerige astrolaab eelkõige ükskõik millisele naaberpunktile.

Kui te seisate punktis nr. 2, siis loete nurki alates joonest nr. 1 — nr. 2.

Astrolaabi orienteerimiseks on vaja silmadioptri juures asuv nõel asetada limbi nullpunktile (asetada nullid kohakuti) ja, pöörates seejärel kogu instrumenti (mitte ainult alidaadi), suunata dioptrid naabertähisele nr. 1. Kontrollige, kas astrolaab seisab kindlalt.

Nüüd võite alustada sihtimist kõikidele punktidele, mis teid huvitavad.

Kaugused jaamadest üksikute punktideni mõõtke aja kokkuhoiu mõttes harkmõõtjaga.

Punktide ja nurkade numbrid ning kaugused nendeni kirjutage spetsiaalsesse žurnaali. Ärge unustage peale märkimast jaama numbrit, milles te seisate, ja jaama numbrit, millele te orienteerisite.

Pioneerilaagri «Täht» mõõdistamise aluse asimuutide arvutusleht, Moskva obl.
Dmitrovski rajoon

Punkti nr.	Mõõdetud nurgad	Parandused	Parandatud nurgad	Asimuudid	Külgede pikkused (kahe mõõtmise keskmine)
1	—	—	—	83°00'	90,78
2	79°10'	+1'	79°11'	183°49'	57,73
3	233°54'	+1'	233°55'	129°54'	63,90
4	118°38'	—	118°38'	191°16'	54,32
5	173°51'	+1'	173°52'	197°24'	45,86
6	113°25'	+1'	113°26'	263°58'	57,02
7	126°17'	+1'	126°18'	317°40'	54,95
8	156°48'	—	156°48'	340°52'	43,18
9	179°50'	+1'	179°51'	341°01'	57,52
10	145°29'	+1'	145°30'	15°31'	56,92
1	112°30'	+1'	112°31'	83°00'	—
2	—	—	—	—	—
kokku	1439°52'	8'	1440°00'	—	582,18

Märkus. Magnetiline asimuut 83°00' mõõdeti kompassi abil vahetult looduses.

Arvutas Saša Pertsov
Kontrollis Anjuta Vesselovskaja

15. juunil 1953. a.

Väljal tehke täpne ja selge abriss. Žurnaali igale leheküljele paigutage abriss ja kõik need arvud, mis kuuluvad ainult antud jaama juurde.

Kodus kandke mõõdistatud situatsioonipunktid žurnalist malli abil plaanile ja joonestage nad välja, juhindudes abrissist ja tingmärkidest.

Sellist polaarmetodil mõõdistamist nurgamõõtmise instrumendiga nimetatakse tahhümeetriliseks, see tähendab «kiires-tamiseks».

«Milles seisneb siin kiirus?» — küsite teie. «Nii palju oli tarvis mõõta ju kaugusi.»

Asi seisab selles, et topograafid ei mõõda sellisel mõõdistamisel kaugusi tavaliselt ei ruleti ega ka harkmõõtjaga, vaid saavad need teada palju kiiremal viisil — kaugusemõõtja abil, millest ma teile senini veel midagi pole rääkinud.

Kumb mõõdistamine on parem: laua peal asuva planšeti ja viseerimisjoonlaua abil või tahhümeetriline?

¹ Saadud asimuudist 375°31' on lahutatud ringjoone kaare pikkus — 360°.

Tahhümeetrilise moodsistamise žurnaal
Pioneerlaager maa-ala,
Ljubetsi külas, Koroovski raj., Vladimiri obl.
 Seisujaama nr. 2
 Orientiirjaama nr. 1

Punkti nr.	Nurgad	Kaugused	Abriss
1	42° 30'	21.2	
2	71° 15'	25.3	
3	91° 00'	22.3	
4	112° 10'	20.6	
5	177° 20'	20.2	
6	195° 15'	35.3	
7	232° 20'	22.0	

23. juunil 1953 a

Moodsistaja A. Venlovskogo

Kui moodsistatav maa-ala on kaugel, siis pole mõeldav, et te lauda või taburetti endaga kaasas kannaksite. Külma ja tuulise ilmaga on tahhümeetriline moodsistamine endastmõistetavalt eelistatavam, sest te joonestate plaani valmis kodus laua taga. Niikuinii tuleb valmis plaani hiljem looduses kontrollida.

Missugune pilt tuleb kunstnikul välja elavam, tõepärasem, värvikam: see, mille ta joonistab kodus istudes väikeste visandite ja pliiatsi-eskiiside järgi, või see, mille ta joonistab vahetult looduses selgete ja õigete kontuuridega, kujutades päikeselaike inimeste nägudel ja riietusel ning valides eredaid ja loomulikke värve?

Vaidlematult osutub teine pilt märgatavalt kunstipärasemaks.

Nii on ka topograafias. Moodsistada situatsiooni, kanda kõik üksikasjad plaanile on kõige parem muidugi väljal, viies laua maastikule. Üheaegselt plaani moodsistamisega te ka joonestate selle ja võrdlete loodusega. Te näete situatsiooni kõige väiksemaidki käänakuid, kõiki üksikasju ja märkate samaaegselt ka vigu ja ebatäpsusi, saades neid samas kohe parandada.

«Kas tõelised topograafid viivad laua välja?» — küsite teie.

Üksikasjalisemalt ma vastan sellele hiljem. Nüüd aga, rutates ette, ütlen: jah, nad viivad välja soliitse, tõelisele lauale väga sarnase kolme jalaga seadise.

TÕELINE TOPOGRAAFIA

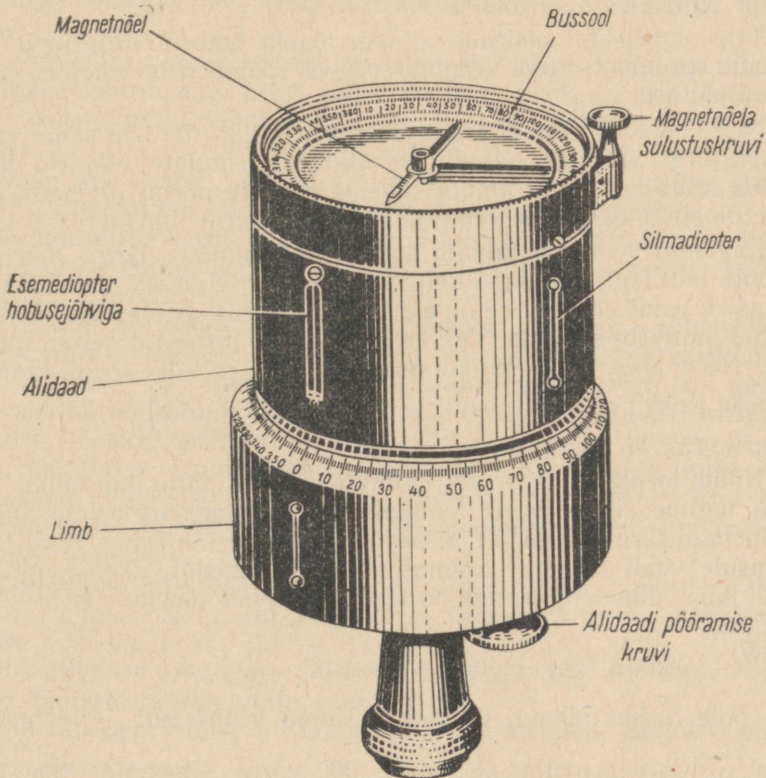
GONIOMEETER

See juhtus üsna minu mõõdistamistöõde alguses.

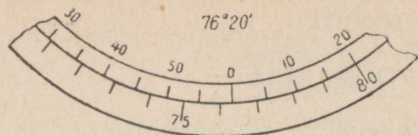
«Siin on goniomeeter. Te hakkate mõõtma nurki,» teatas mulle uurimisgrupi ülem Sahharov ja ulatas mulle seadise, mis sarnanes kahele ülestikku teiba otsa asetatud konservikarbile.

Olin pettunud. Ma oleksin tahtnud asetada kohale kolmjala, vaadata pikksilmaga, keerata mitmesuguseid kruvisid, kuid need konservikarbid, pealegi veel väga näotud...

Välimuselt ei sarnane goniomeeter milleski teie omavalmistatud astrolaabile, kuid vaadates tähelepanelikumalt leiate temal siiski samu osi. Ainult nimetame neid vasest konservikarpe silindriteks. Alumine silinder — see on liikumatu limb, mille äärel on kraadijaotused; ülemine silinder — see on alidaad dioptritega,



Goniomeeter.



Vernjee. Lugemi täpsus 5'.

teile tuntud hobusejõhvid. Lisaks põhidioptrite paarile on silindrisse lõigatud üks abidioptrite paar (esimesele risti), mis on spetsiaalselt määratud täisnurkade ehitamiseks maastikul.

Goniomeeter kinnitatakse kepi otsa. Ta kaalub natuke üle ühe kilo. Kergus ongi goniomeetri eeliseks. Teda on mugav kasutada igasugustel esialgsetel uurimistöödel, kus sageli tuleb põlismetsadest läbi tungida.

Kuid goniomeetriga ei saa mõõta nurki eriti täpselt. Dioptris asuva hobusejõhvi järgi saab tähist asetada täpselt kuni 70 m kaugusele. Kaugemal näib jõhv juba tähisest jämedamana.

Kord tuli mul goniomeetriga asetada paigale tööline, kes seisis tähisega Kubani jõe teisel kaldal. Ja mis juhtus? Jõhv kattis mitte ainult tähise, vaid ka töölise.

Teie astrolaabil pöördus alidaad naela ümber, siin liigub üks silinder (alidaad) teise (limbi) sees ja näitab neid või teisi limbi kraadijaotusi.

Nurki mõõdetakse mõlema instrumendiga ühe ja sama põhimõtte järgi. Te pöörate silinder-alidaadi, suunate dioptrid tagumisele tähisele, võtate limbilt lugemi, pöörate uuesti alidaadi, suunate dioptrid eesmisele tähisele ja võtate teise lugemi.

Lugemid võetakse limbilt aga teise põhimõtte järgi. Astrolaabil oli teil kaks grammofoninõela, goniomeetril on selleks spetsiaalsed seadised — vernjeed (nooniused). Alidaadile on tõmmatud nullkriips, millest paremale poole järgnevad teised jaotused. Need pole mitte kraadijaotused, vaid moodustavad kraadist $\frac{11}{12}$ osa. Kokku on neid jaotusi 12. Alidaadi nullkriips kaldus jaotuskriipsust 76° natukene paremale.

Nüüd loeme vernjee abil minuteid juba palju täpsemalt kui seda tegime silma järgi. Vaadake nii vernjee järgnevaid kui ka limbi jaotuskriipsukesi. Te näete, et vernjee teine kriips asub limbi kriipsule veidi lähemal, kolmas — päris lähedal, neljas aga langeb juba ühte. Mõlemad kriipsud sulavad kokku üheks sirgjooneks.

Et vernjee iga jaotus moodustab $\frac{11}{12}$ limbi kraadijaotusest, siis pole raske taibata, et vernjee teine kriips tuli $\frac{2}{12}$ võrra, kolmas $\frac{3}{12}$ võrra ja neljas $\frac{4}{12}$, s. o. $20'$ võrra lähemale. See ongi minutite lugem — $76^\circ 20'$. Siin pole tarvis otsustada silma järgi,

mille peale on asetatud bussool. Astrolaabil oli alidaad lahtine, siin aga moodustavad kõik alidaadi osad tugevuse mõttes ühise terviku; ülemisse silindrisse on lõigatud pilud — dioptrid. Esemedioptrites asuvad juba

vaid vaadates, milline vernjee kriips langeb kokku limbi kriipsuga, võite määrata otsekohe minutid.

Kõik nurgamõõtmise instrumendid on varustatud vernjeedega. Alidaadi ja limbi kriipsude vahe võrdus goniomeetril $\frac{1}{12}$, s. o. 5'.

Teistel nurgamõõtjatel on vahe $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{120}$ ja järelikult võetakse lugemid limbilt täpsusega kuni 2', 1', 30". Vernjeesid on alati kaks ja nad asuvad teineteise suhtes 180° all.

Goniomeetri bussooli nullkriips asub dioptritega ühes vertikaaltasapinnas. Vabastades magnetnõela sulustuskruvi, te sunnite magnetnõela musta otsa näitama bussoolringi mingit kraadijaotust. See kraadijaotus vastab alidaadi nullkriipsule — tähendab, vastab sellele joonele maastikul, mida mööda on suunatud dioptrid. Järelikult võite magnetnõela järgi lugeda selle joone asimuudi.

TEODOLIIT

«Täna hakkate tööle teodoliidiga,» ütles mulle Sahharov. «Kas tulete toime?»

Teoreetiliselt ma muidugi teadsin selle kõige levinuma nurgamõõtmise instrumendi kõigi rohkearvuliste osade ja kruvide nimetusi, teadsin peast kõiki tema kontrollimise võtteid, kuid praktiliselt...

Nagu aga ilmnes, polnud siin midagi kohutavat: tundes goniomeetrit, õppisin ma kiiresti nurki mõõtma ka teodoliidiga.

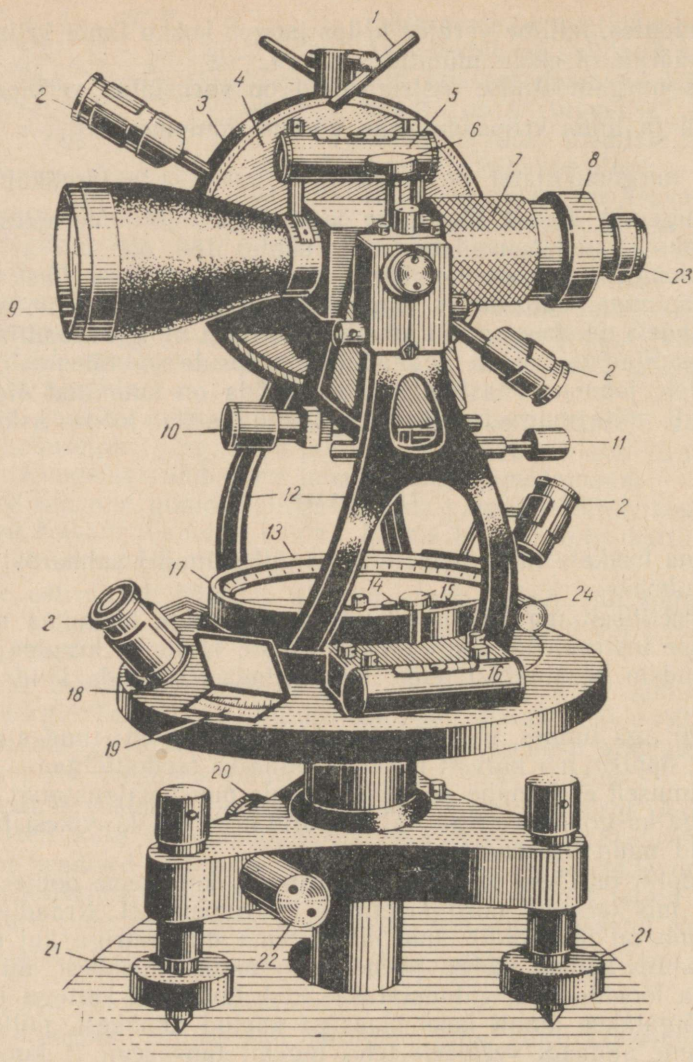
Välimuselt ei sarnane see üldse ei teie puust valmistatud astrolaabi ega ka goniomeetriga: tal on palju kruvisid, kruvikesi ja iga-suguseid muid lisaseadiseid.

Teodoliit on tõesti keeruline instrument, kuid tema põhiosad on samad, mis teistelgi nurgamõõtmise instrumentidel. Kraadijaotustega limb on teodoliidil lame ja suurema diameetriga kui goniomeetril. Et kaitsta kõige peenema jaotuskriipsukesi niiskuse, tolmu ja löökide eest, valmistatakse limb tavaliselt kattega ja sellesse lõigatakse ainult kaks klaasiga kaetud aknakest, mille läbi me saame alidaadi vernjeelt teha lugemi täpsusega 1' kuni 30". Jaotuskriipsud on nii peened, et neid vaadatakse läbi spetsiaalsete väikeste luupide.¹

Teodoliidis pole pööratav üksnes alidaad, vaid samuti ka limb. All on näha limbi kruvid, küljel aga alidaadi kruvid. Neid kruvisid on mõlemal kaks: üks — kinnituskruvi, teine — mikromeeterkruvi (seda pööratakse ainult õige natuke, et pikk-silma tähisele täpselt välja suunata).

Alidaadi peal asetsevad ümmargune bussoolkarp magnetnõelaga

¹ On olemas 10"-lise täpsusega teodoliit ja on olemas ka ülitäpseid klaasist limbidega teodoliite, lugemi täpsusega kuni 1".



Teodoliit: 1 — peegel; 2 — luubid; 3 — vertikaalringi alidaad; 4 — vertikaalringi limb; 5 — pikksilma vesilood (vertikaalringi vesiloodi pole näha); 6 — pikksilma kinnituskruvi; 7 — siselokuseerimise muhv; 8 — niitistik; 9 — objektiiv; 10 — vertikaalringi mikromeeterkruvi; 11 — pikksilma mikromeeterkruvi; 12 — tugipostid; 13 — alidaadi mikromeeter- ja kinnituskruvid (pole näha); 14 — magnetnõel; 15 — magnetnõela sulustuskruvi; 16 — alidaadi vesilood; 17 — bussool; 18 — alidaadi vernjee; 19 — horisontaalne limb; 20 — limbi kinnituskruvi; 21 — tõstekruvid; 22 — limbi mikromeeterkruvi; 23 — okulaar; 24 — limbi vesilood.

ja kaks ristiasetatud torukest. Need torukesed on vesilood. Nad kujutavad endast lühikesi kinnijoodetud klaastorukesi, mis on täidetud mittekülmuva vedelikuga (tavaliselt eetriga) nii, et torusse on jäänud väike õhutühi mull. Toruke on vaevaltmärgatavalt painutatud. Mull asub torukese kõige kumeramas kohas ja instrumendi kõige väiksemagi kalde korral liigub kõrvale.

Vaakuum (õhutühi mull) saadakse vesiloes järgmiselt: torusse valatakse tugevasti kuumendatud eetrit. Ääreni täis valatud toruke joodetakse kinni. Jahtumisel eetri nagu kõigi teistegi kehade ruumala väheneb ja torukesse tekib vaakuum-mull. Külмага see mull suureneb, sooja ilmaga aga muutub väiksemaks.

Limbi all asuvad kolm tõstekruvi. Ühe kruviga tõstes, teise alla lastes ja kolmandaga kontrollides on alati võimalik mõlema vesiloe mullid viia torukese keskele, s. o. asetada instrument kohale täiesti horisontaalselt. Teodoliidi põhitelg, see on telg, mille ümber pöörduvad nii limb kui ka alidaad (nn. instrumendi vertikaalne pöörlemistelg), asetseb sel juhul vertikaalselt.¹

Dioptrite asemel on siia kahele alusele kinnitatud pikksilm, mis suurendab 20, 25 ja rohkem korda.

Sellest ajast alates, mil geodeetilistel töödel hakati kasutama pikksilmaga varustatud instrumente, sai kõiki mõõtmisi läbi viia palju täpsemalt. Ühe kilomeetri kaugusele asetatud tähis on näha väga hästi.

See pikksilm koosneb kahest suurendusklaaside (läätse) süsteemist; ühte süsteemi, mis asub vaatlaja silma juures, nimetatakse okulaariks, teist — toru vastaspoolel asuvat — objektiiviks. Okulaari juures on toru sisse asetatud väga õhuke klaas, millele on teemandiga lõigatud peenikesed niidid, üks vertikaalne ja kolm horisontaalset. See on nn. niitristik. Varemalt, kui ei osatud veel niite nii peenelt lõigata, võeti ämblikuvõrgu niit ja liimiti see klaasile.

Kas te olete kunagi läbi teodoliidi vaadanud? Algul ei saa te millestki aru — näete mingisugust hallikat ja rohekat udu. Kõigepealt on tarvis spetsiaalse külgmise kruviga — kremaljeeriga — teodoliit fokuseerida. Kui on tegemist sisefokuseerimisega, tuleb keerata torule asetatud muhvi, mille tagajärjel muutub fookusekaugus. Joonisel (lk. 104) on kujutatud sisefokuseerimisega teodoliit.

Lõpuks muutus kujutis teravaks ja selgeks, ainult kõik on ümber pööratud: maapind sattus äkki üles, taevast alla.²

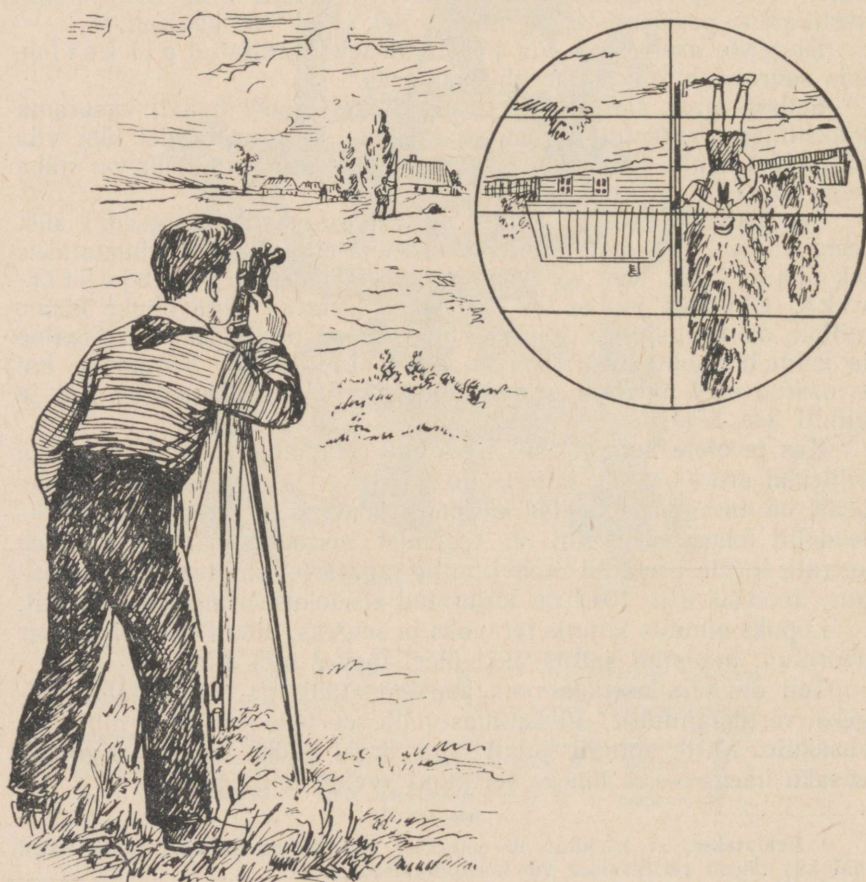
Teil on vaja asetada oma kaaslane tähisega nii, et tähis langeks vertikaalniidile. Pikksilmas näib, et teda on vaja nihutada vasakule. Mitte mingil juhul aga ärge andke temale signaale vasaku käega — ta läheks sel juhul veelgi kaugemale.

¹ Eeldatakse, et teodoliit oli eelnevalt kontrollitud ja kõik tema teljed olid kas täiesti vertikaalsed või horisontaalsed.

² Mispärast on kujutis ümber pööratud ja mis on fookus, peab teil teada olema füüsikast.

Algaja topograaf ei saa kaua harjuda selle «vastupidisusega» ja paneb töölise tähisega liikuma küll paremale, küll vasakule.

Nurki mõõdetakse teodoliidiga sama põhimõtte järgi nagu oma-valmistatud astrolaabi või goniomeetriga. Asetage teodoliidi kolmjalg ripploe järgi täpselt nurgatipu kohale, horisonteerige instrument vesiloodide abil, kinnitage kruvidega limb ja alidaad, sihtige tagumisele tähisele ja võtke mõlemalt vernjeelt lugem. Nüüd vabastage alidaad ja instrumendi kogu ülemine osa ning juhtige pikksilm eesmisele tähisele ja tehke uuesti lugemid. Tuletage meelde: vaade tagasi miinus vaade edasi annab käigul paremale jääva nurga. Nüüd pöörake pikksilm ümber telje, asetades sellega objektiivi okulaari kohale (seda nimetatakse pikksilma viimiseks läbi seniidi), võtke uuesti lugemid, lahutage ja saate jällegi parempoolse nurga. Mõlemad parempoolsed nurgad ei tohi teine-



Teodoliidiga vaadates paistab kõik ümberpööratult.

teisest erineb rohkem kui $1' - 1'30''$ ¹, kui lahkumine on suurem, siis pole te küllalt korralikult mõõtnud või polnud instrument korras.

Teodoliidiga, nagu iga teisege geodeetilise instrumendiga, tuleb hoolikalt ümber käia ja võimaluse korral hoida teda kasti asetatult. Kui sõidad autol või vankril, hoia kasti oma põlvedel. Kui kannad instrumenti kolmjala külge kruvitult, tuleb käia ettevaatlikult, hoides seda õlal nagu vintpüssi; mitte hüpata üle kraavide, ja jälgida, et instrument ei takerduks puude ja põõsaste okste külge.

Teodoliidi kõik osad peavad olema kinni kruvitud, teljed peavad asetsema täpselt, kas vertikaalselt või horisontaalselt. Väikesi reguleerimiskruvisid järjekorras kinni või lahti keerates peab iga topograaf oskama oma instrumenti kontrollida. Mõningaid kontrollimisi, näiteks vesiloodide kontrollimist, on vajalik teostada iga päev.

KUIDAS MÕODETAKSE KAUGUSI

Kaugusi saab kõige kiiremini mõõta kaugusemõõtjate abil. On olemas spetsiaalsed latid — kitsad 3—4 m pikkused lauad. Mõnikord on need kokkumurtavad, mõnikord lahtitõmmatavad; neile on kantud sentimeetrijaotused — mustad või punased ristkülikud, lati servale on aga kirjutatud detsimeetrite numbrid. Mõnikord joonistatakse neid jaotusi kolmnurkadena või mitmesugustes suurustes ja vormides kujunditena.

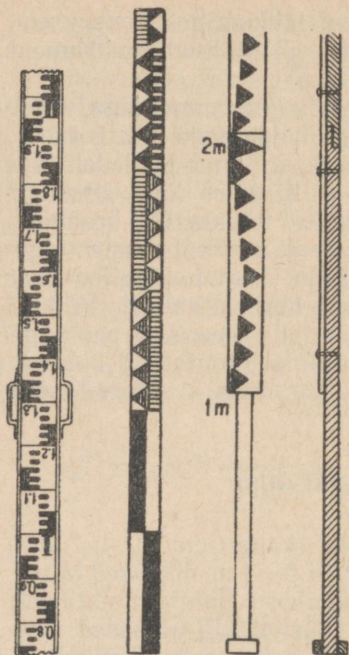
Kolm horisontaalniiti teodoliidi pikksilma torus ongi kaugusemõõtmise niidid. Nad on nii täpselt sisse lõigatud, et vaadates teodoliidiga 100 m kaugusele asetatud latti, jääb latil alumise ja ülemise niidi vahele just 100 cm. Tähendab, saatnud töölise latiga mingisse maastiku iseloomulikku punkti, loete te latil niitide vahele jäänud sentimeetrite arvu ja saate sellega teada, mitu meetrit on selle punktini. Kiiresti, kuid ebatäpselt! Te võite alati eksida poole ja enam meetriga. Mõõdistamisel 1:2000 või väiksemas mõõdus võib sellise vea aga jätta tähele panemata.

Mõnikord jääb 100 m kaugusel latist niitide vahele mitte lati 100 jaotust, vaid natukene rohkem või vähem. Sel juhul arvutatakse välja kaugusemõõtja konstantne koefitsient, millega korrutatakse latilt saadud lugemid.

Kaugust mõõdetakse tavaliselt 20 m pikkuse teraslindiga. Selisel lindil on iga meetri järel kinnitatud vasknaastuke koos vastavat meetrit tähistava numbriga, iga detsimeetri kohal on väike auguke, sentimeetrid aga hinnatakse silma järgi. Lindi mõlemas otsas on erilised viltused väljalõiked kriipsuga; ühest kriipsust teiseni on 20 m.

Lindiga mõõdetakse täpselt samuti nagu ruletiga. Siin on kuus samasugust traadist varrast, ja eesmine mõõdistaja, tõmmates

¹ 30"-lise täpsusega teodoliidil mitte rohkem kui 45".



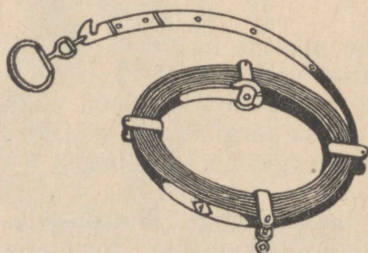
Mitmesugust tüüpi möödulatid.

nimetatakse komparaatoriks. Selle seadisega määratakse lindi pikkus 10 kg tõmbe juures kuni kümnendik-millimeetrilise täpsusega ja leitakse samuti, kui palju muutub selle pikkus temperatuuri mõjul. Tõstes või vähendades temperatuuri 10° võrra, muutub lindi pikkus keskmiselt 2,5 mm. Enne kui asuda kauguste mõõtmisele skaalalise lindiga, lüüakse tavalise lindi abil iga 20 m järel maasse vai nii, et see asetseks maaga tasa. Kui aga teostatakse juba täpset mõõtmist, märgitakse neile vaiadele noaga skaalalise lindi lõppkriipsu asukoht. Seejuures pingutatakse linti dünamomeetri abil, ühtlasi on lindile kinnitatud termomeeter ja

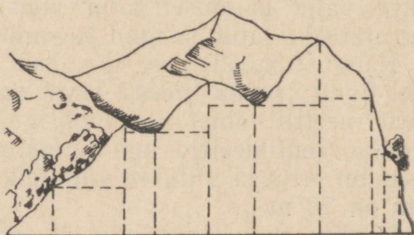
lindi pingule, asetab selle viltusesse väljalõikesse varda. Tagumine, astudes jalaga lindi otsale, millest on varras läbi pistetud, juhib eesmist mööda vajalikku joont. Üksteise järel lähevad vardad eesmiselt möödista-jalt üle tagumisele.

Tasasel maastikul lindiga mõõtes on lubatav viga 100 m kohta kuni 5 cm. Sellise lindiga saab mõõta palju täpsemini, kui mõlema otsa kriipsude asukohti märkida mitte varrastega, vaid noateraga. Sealjuures ei hoia eesmine möödistaja linti mitte käepidemest, vaid käepideme külge kinnitatud dünamomeetrist ja pingutab linti alati ühtlase tugevusega (tavaliselt 10 kg). Sentimeetreid loetakse sel puhul mitte silma järgi, vaid tavalise joonlaua abil.

Lõpuks on olemas spetsiaalne skaalaline lint, mis on jaotatud sentimeetriteks ja otstes millimeetriteks. Sellist linti proovitakse enne laboratooriumis erilisel seadisel, mida

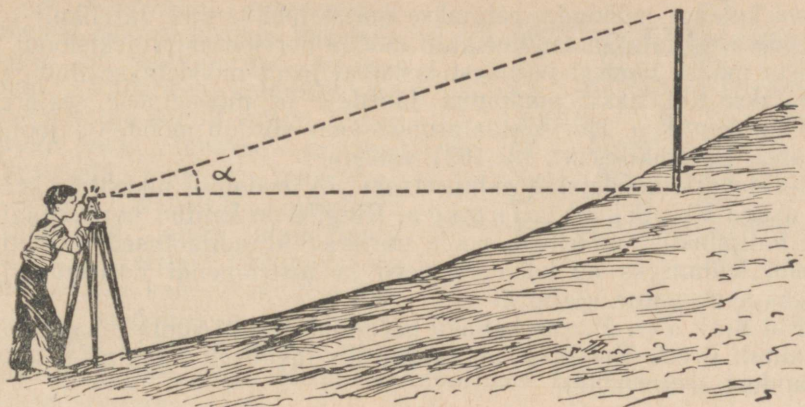


20-meetrine teraslint.



Horisontaalprojektsioon

Mägise ala ristprofiil.



Kaldenurga mõõtmine teodoliidi vertikaalringiga.

kindlaksmääratud ajavahemiku järel märgitakse üles temperatuur. Hiljem tehakse mõõtmistes vastavad parandused.

On olemas veel palju täpsemaid joonemõõtmise viise, veaga isegi alla 1 mm 100 m kohta.

Plaanil ja kaardil kujutatakse maastik sellisena, nagu ta näib ülevalt, lennukilt vaadatuna. Tasased maa-alad ei muutu seejuures sugugi, kuid mäed ja orud saadakse teistsugustena. Kui vaadata lennukilt otsesihis alla, siis mäed nagu projekteeruksid tasapinnale. Plaanil näivad mäetipud üksteisele päris lähedastena, kuid maastikul tuleb läbida suuri kaugusi — küll ronida üles, küll lastuda alla.

Kui lõigata mäGINE maastik tohutu suure noaga risti läbi ja vaadata seda lõiget küljelt, siis saame murdjoone. Te juba teate, et seda murdjoont nimetatakse profiiliks. Plaanil ei kujutata tavaliselt mitte seda murdjoont ennast, vaid selle horisontaalprojektsiooni.

Paistab, nagu oleksid mägedes kõik plaanid ja kaardid ebaõiged? Jah, ma soovitan turistidel arvestada kaardi kasutamisel tõsiselt tõuse ja langusi. Kuid kõiki teisi, kellel on kaartide ja plaanidega alatiselt tegemist, selline maastiku moondumine ei kohuta, vaid, vastupidi, abistab neid.

Kui mäenõlvale püstitatakse hoonet, siis seinad ehitatakse püstloodis, põrandad aga horisontaalsetena, ja hoone võtab mäenõlval enda alla horisontaalprojektsiooniga võrdse pindala.

Taimed ja puud sirutuvad üles päikese poole. Igal mäenõlval kasvab niisama palju metsa ja nisu kui selle nõlva horisontaalprojektsioonil.

Raudtee ehitamisel mägisel maastikul rajatakse seda kord mööda muldkeha, kord läbi süvendite. Kui aga selgub, et mäest

ei saa kuidagi mööduda, raiutakse mäest läbi tunnel. Järelikult — mäenõlval ehitatakse raudtee alati mööda horisontaalprojektsiooni.¹

Kui märke tõusvat ja mäest laskuvat joont möödetakse lindiga, asetatakse lint hästi maapinna lähedale ja möödetakse seejärel mäe kaldenurk α . Horisontaalprojektsioon võrdub möödetud joone ja tabeli paranduse (vt. lk. 169) vahega.

Kaldenurk möödetakse ekliimeetriga või teodoliidi pikksilma kõrval asuva vertikaalringiga. Ringile on kantud horisontaalset nullpunktist mõlemale poole minevad kraadijaotused; minuti lugemiseks on kaks vernjeed ja instrumendi horisonteerimiseks spetsiaalne vesilood.

Kui nurk α on 2° , siis kallaku parandus 100 m kohta maapinnal on ainult 6 cm. Kui mägi on lauge, siis tavaliselt mõõtmisel seda parandust ei arvestata.

MÕODISTAMISE ALUS

Alus on see skelett, see raamistik, millele ehitatakse kogu plaan.

Nõukogude Liidus on need alused enamikus juba liidetud omavahel ühtsesse süsteemi. Igal aluspunktil on oma geograafiline laius ja pikkus, nn. geograafilised koordinaadid, mis on välja arvatud suure täpsusega.

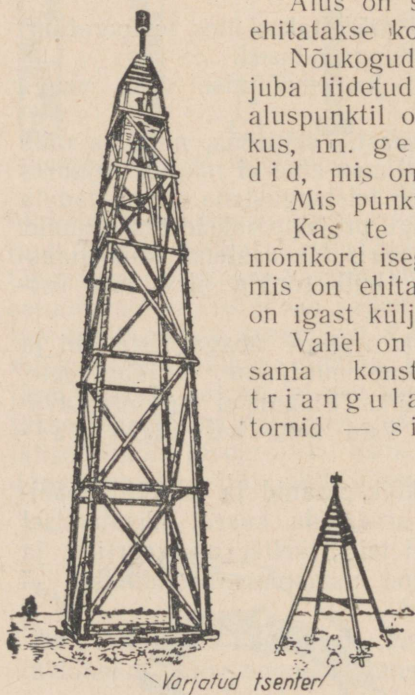
Mis punktid need on?

Kas te olete juhtunud nägema kõrgeid, mõnikord isegi üle 30 m ulatuvaid puust torne, mis on ehitatud kõrgematele küngastele ning on igast küljest hästi nähtavad?

Vahel on need tornid ka väiksemad ja lihtsama konstruktsiooniga. Neid nimetatakse triangulatsioonimärkideks. Suured tornid — signaalid — asuvad üksteisest 25—30 ja enam kilomeetri kaugusel, väikesed — püramiidid — asetatakse lähematele vahemaadele.

Signaalid on paigutatud teatud süsteemis: nad moodustavad läänest itta ja põhjast lõunasse suunduvad read. Ridade vahelised kaugused on umbes 200 km.

Jooniselt on näha, et need read koosnevad tervest oma-



Triangulatsioonimärgid: signaal (vasakul) ja püramiid (paremal).

¹ Täpsemalt öeldes ei teki siin just päris horisontaalprojektsioon, sest raudteed kulgevad mõninga kallakuga.

vahel ühendatud kolmnurkade ahelast. Nende ahelate lõikekohades on kolmnurgad väiksemad. Väikestes kolmnurkades mõõdetakse ainult kõige lühem kül, seda tehakse suurima täpsusega vahetult maastikul.

Seda vahetult mõõdetud kolmnurga külge nimetatakse baasiks. Teistes kolmnurkades mõõdetakse kahesekundilise täpsusega teodoliidiga ainult nurgad. Nurkade mõõtmine toi-

mub palju kiiremini. Nende kolmnurkade külgede pikkused saadakse arvutamise teel.

Geograafiliste kraadide ja minutitega arvutamine muutub väga keeruliseks, seepärast on kraadid ja minutid kantud üle täiesti kindlasse riiklikku koordinaatide süsteemi, mis on väljendatud kilomeetrites, meetrites ja sentimeetrites.

Kogu seda kolmnurkade süsteemi nimetatakse triangulatsiooniks.

Punktide geograafilised koordinaadid määratakse kauges põhjarajoonides 2"-lise täpsusega teodoliidiga tähtede järgi. Selliseid üldise triangulatsioonivõrguga sidumata punkte nimetatakse astronoomilisteks punktideks.

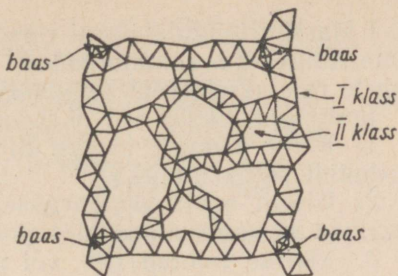
Kõige parem on mõõta nurki öösi, mil õhu vibreerimine on tunduvalt väiksem. Omal ajal ma töötasin tehnikuna triangulatsioonitöödel Siberis. Kui pimeneb, ronid signaali otsa ja valgustad väikese taskulambiga märgi keskele löödud naela ning järsku märkad, et eemal hakkab vilkuma tuluke: see on ülem, kes annab morgesega märku, et ta on viinud instrumendi signaalile ja alustanud vaatlust.

Asudes 1938. aastal Ziguli mägedes, Samaara käärus Volga ääres, läksime ühe töölisega, seljakott ja püss õlal ning kompass käes, Ziguli mäeharjadele valima signaalile sellist kohta, kus Volga oleks näha nii põhja kui ka lõuna suunas. Hulkusime ringi tervelt kaks päeva, enne kui leidsime niisuguse punkti.

Nüüd tuleb mul vahetevahel sõita Kesk-Aasiasse. Sõzrani ja Kuibõševi vahel ma lähen alati akna juurde ja vaatlen sinises udulooris vaevu nähtavaid Ziguli mägesid, püüdes üles leida tuttava signaali teravat tippu.

G. Fedossejev kirjeldab oma raamatus «Me liigume mööda Ida-Sajaane», kuidas tema ekspeditsioon ehitas Sajaani mägedes triangulatsioonimärke, kandes suure vaevaga mäeharjale tsementi ja palke püramiidi ehitamiseks.

Triangulatsioonitöödel polaaraladel tuleb ekspeditsioonidel ületada palju raskusi. Metsa puudumisel on seal triangulatsioonimärkideks jääst tornid, metallist kangiga keskel.



I ja II klassi triangulatsiooniread.

I klassi triangulatsiooni ridade vahele ehitatakse palju väiksemate külgedega kolmnurkadest koosnevad II klassi read; nende vahele rajatakse lauskvõrguna III, IV ja V klassi read.

Igal signaalil on neli ühel joonel asuvat tsentrit:

1. Kõige ülemine varras. Sinna suunatakse teistest punktidest teodoliidi vertikaalniit.

2. Üleval asuva ümmarguse laua tšenter. Sinna asetatakse vaatluse teostamisel teodoliit ilma kolmjalata.

3. Kivisse raiutud rist või maa sisse valatud betoonist rööptahukasse kinnitatud metallmärk augukesega.

4. Samasugune peidetud tšenter umbes 1,5 m sügavusel.

I klassi triangulatsioonil on suur teaduslik tähtsus. Kolmnurkade ridade abil saame arvutada maakera pinnal suuri kaugusi. Leides tähtede järgi suure täpsusega selle kauguse otspunktide geograafilised koordinaadid, saame määrata meridiaani kaare pikkuse ja seega ka kogu Maa mõõtmed ning Maa lapikuse.

Prantslane Delambre määras aastal 1800 kindlaks meridiaani



Triangulatsioonimärk linnas.

kaare pikkuse; tema mõõtmistulemused võeti meetermõõdustiku aluseks.

Hiljem juhtis vene teadlane Struve¹ Skandinaavias meridiaani kaare ($25^{\circ}20'$) pikkuse mõõtmist suures ulatuses ja täpsustas Delambre'i andmeid.

Hiljem määrasid kaarte pikkusi inglase Clarke (1880. aastal) ja ameeriklane Hayford (1909. aastal). NSV Liidus määrati 1940. aastal F. Krassovski juhtimisel meridiaani tohutu suure kaare pikkus alates Koola poolsaarest. F. Krassovski tulemused on kõige täpsemad.

Suuremõõdulise mõõdistamise alusena pole võimalik kasutada signaale ja püramiide: nad asetsevad liiga harvalt; on tarvis võrku tihendada. Jõekallaste mõõdistamiseks kasutatakse tihti mikrotriangulatsiooni, mille puhul kolmnurkade küljed on kõige rohkem 2—5 km pikkused.

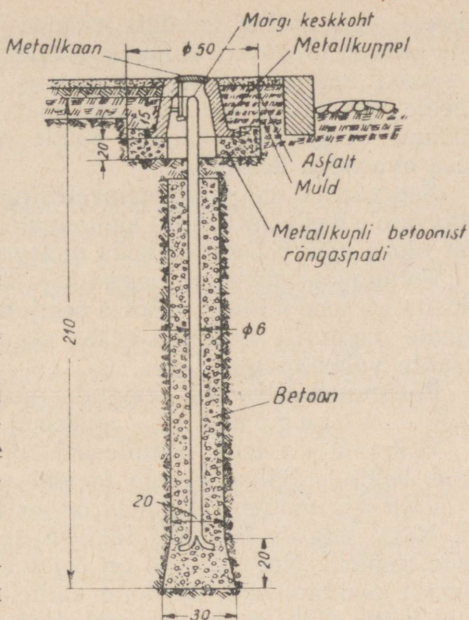
Ma tegelesin mikrotriangulatsiooniga Gruusias. Kura jõe kallaste mõõdistamisel paigutasin tähised üksteisest 500—800 m kaugusele. Ma mõõtsin kaks baasi: ühe — mööda linna asfaltteed, teise — üle Kura mineva silla. Teil tekib võib-olla küsimus: «Aga kuidas on lugu linnades, kus plaanid koostatakse väga suures mõõdus? Kuidas ehitatakse seal triangulatsioonimärgid? Metsas võib raiuda sihi signaalist signaalini, kuna linnades ei ole üle kõrgete majade signaale niikuinii näha.»

Suurtes linnades paigutatakse signaalid katustele. Tänaval liikudes ei märka te ilma ülesse vaatamata katustel midagi iseläikku...

Kui te olete moskvalane, siis katsuge leida selline signaal A. Puškini mälestussamba lähedal.

Kuid linnades on mõõdistamise aluseks niisugustest signaalidest siiski vähe, sest neid on ebamugav kasutada. Linnades rajatakse aluse tihendamiseks polügonomeetrilised märgid.

On tõenäoline, et te linnatänavail käies ei vaata ka maha kõn-



Mäõõted on antud sentimeetrites

Polügonomeetriline märk linnaterriitoriumil.

¹ V. J. Struve (1793—1864) — tuntud vene astronoom ja geodeet. Pulkovo observatooriumi esimene direktor.

niteele ega märka asfaldis väikesi ümmargusi metallist kettaid, mis asuvad enamasti tänavate ristumiskohtades.

Need kettad osutuvad kaanteks. Kui selline kaas avada, siis näeme vertikaalset betoneeritud metallvarrast, mis on kuni 2,5 m pikkune. Tegelikult näeme ainult varda ümmargust otsa väikese avausega keskel.

See varras on polügonomeetriline märk. Need asetatakse peatänavatele üksteisest mitte kaugemale kui 300 m nii, et ühest punktist oleks näha vähemalt kaks naaberpunkti.

Polügonomeetrilised käigud rajatakse 30"-lise või veel suurema täpsusega teodoliidiga, mõõtes sealjuures kõikide külgede pikkused. Joonte mõõtmisi teostatakse kas skaalalise lindiga või veelgi täpsemate vahenditega.

Polügonomeetrilised käigud moodustavad suletud hulknurkade — polügonide — süsteemi.

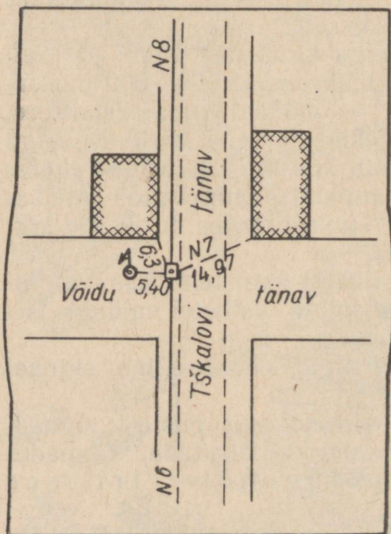
Võib-olla on teile kõnniteedel silma hakanud maatasa asfaldi sisse lõõdnud täkilise otsaga naelad või konksud.

Võib-olla mõtlete, et poisid on seda teinud lihtsalt nalja pärast? Ei. Nagu selgub, on need täkilise otsaga naelad möödistamiskäikude tsentrid. Need käigud on rajatud polügonomeetriliste märkide juurest põiktänavate, üksikute ehituste ja hoovide möödistamiseks kuni kõige väiksemate üksikasjadeni.

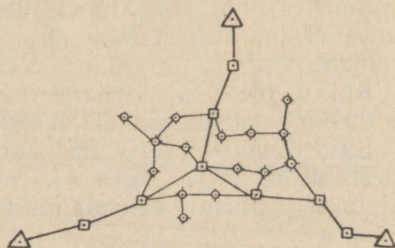
Linna arhiivis hoitakse alal plaan-krokiid, millel on ära näidatud kaugused polügonomeetrilisest märgist või täkilise otsaga naelast lähimate majanurkadeni, postideni ja teiste orientiirideni.

Nende krokiide (skitside) järgi leiame tsentrid alati isegi lume alt, ja ka sel juhul, kui kõnnitee on uuesti asfalteeritud.

Möödistamiskäikude rajamiseks mõõdetakse nurgad tavallise 30"-lise või 1'-lise täpsusega teodoliidiga ja jooned 20-meetrise teraslindiga. Neid käike



Polügonomeetrilise punkti krokii.



Triangulatsioonipunktidega seostatud polügonomeetriliste ja teodoliitkäikude süsteem.

nimetatakse teodoliitkäikudeks. Umbes taolisi käike rajasite te pioneerilaagri mõõdistamisaluse ehitamisel.

Tulevaste vabrikute ja tehaste maa-alade suuremõdulisel mõõdistamisel rajatakse tavaliselt mõõdistamisaluse ehitamiseks oma polügonomeetrilised ja teodoliitkäigud, mis kulgevad igas suunas üle krundi.

Kõik maastiku mõõdistamisega tegelevad asutused on kohustatud alustama käikusid riiklike koordinaatidega punktides — on kohustatud plaani nende punktidega siduma. Seda tehakse selleks, et saadud plaane oleks võimalik kasutada üldise kaardi koostamisel.

Kui selliseid punkte läheduses ei ole, siis antakse mingi oma lähtepunkti tinglikud koordinaadid või ehitatakse astronoomiline punkt. Algasimuut määratakse sealjuures kas päikese või tähtede järgi välja arvutatud tõelise meridiaani abil või võetakse lihtsalt magnetnõela järgi.

Lahtisel maastikul asetatakse käikude nurgapunktidesse hästi nähtavad puust postid naelaga tipus või kaevatakse maasse poolik betoneeritud raudteerööbas, mille otsa keskohta on löödud rist. Mõnikord lüüakse suure sepahaamriga maasse lühikesed (1,2—1,5 m) raudtorud.

Triangulatsioonitöödel kolmnurkade sees ja baasi juurest baasi juurde tekivad vältimatult õige tühised sulgemise nurk- ja joonvead. Polügonomeetriliste ja teodoliitkäikude tulemusena moodustub terve korrapäratute hulknurkade — polügonide — võrk. Ka nende juures tekivad mingisugused sulgemisvead. Kui sulgemisvead on lubatavad, tuleb nad hajutada, tuleb hävitada kuni viimase sekundini, kuni viimase sentimeetrini või isegi millimeetrini.

Sellist sulgemisvea hajutamist nimetatakse tasandamiseks. Tasandada kolmnurkade või hulknurkade süsteemi pole sugugi nii lihtne: geodeedid kulutavad sulgemisvea hajutamiseks mõnikord mitu päeva.

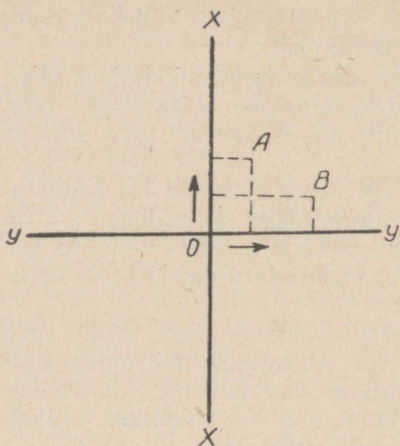
KOORDINAADID

Koordinaadid — need on kaugused kahest ristsirgest mingisuguse punkti *A* või *B*-ni (joonisel lk. 116).

Kõik kaardid mõõdus 1:50 000—1:200 000 on jaotatud 2-sentimeetrilisteks ruutudeks. Kaardiraami sisse on kirjutatud sirgjoonte kohale vastavad kilomeetrite numbrid. Kasutades jaotustega joonlauda saame kaardil graafiliselt kergesti määrata mistahes punkti koordinaadid täpsusega kuni 0,2 mm. Nii on punkti 193.5 koordinaadid $x = 49\,470$, $y = 35\,380$, ja punkti 195.4 koordinaadid $x = 48\,550$; $y = 35\,580$ (joonis lk. 117).

Väga lihtne on lahendada ka vastupidist ülesannet — kanda antud koordinaatide järgi kaardile mingi punkt.

Kaardiga varustatud vaatleja annab patarele telefoniga üle mingisugused numbrid; ta annab üle tema poolt avastatud vaen-



Ristkoordinaatide teljed.

lase tulepunkti koordinaate, ja kahurväelased leiavad nende koordinaatide alusel oma kaardil mõõtkavalise joonlaua abil vajaliku punkti, arvutavad välja, kuhu nad peavad suunama kahuritoru, ja avavad tule nähtamatule märgile.

Geograafiliste koordinaatide puhul loetakse alg- ehk nullmeridiaaniks meridiaani, mis kulgeb läbi kindla punkti Londoni eeslinnas — Greenwich'is; nullparalleeliks on ekvaator. Meetrites väljendatud riiklike koordinaatide puhul nimetatakse kindlale meridiaanile vastavat vertikaaljoont x-teljeks, ekvaatorile

või mingile paralleelile vastavat horisontaaljoont y-teljeks.

Geograafiliste koordinaatide puhul võetakse arvesse maakera pinna kumerust; ristkoordinaatide puhul jagatakse maakera pind üksikuteks trapetsikujulisteks osadeks, mida vertikaalne x-telg läbib keskelt. Nendes trapetsites on äärmiste meridiaanide vahe 6° . Maakera pinna väikeste osade juures (umb. 100 km^2) võib neid kujundeid lugeda mitte trapetsiteks, vaid ristkülikuteks, mille külgedeks on vertikaalsed x- ja y-telg. Maakera kumerusest tingitud moonutused on seejuures niivõrd tühised, et need plaanil üldse ei peegeldu.

Kas te mäletate, et raamatu algul rääkisin ma apelsinikoorest?

Kui te õpite VIII klassis, siis teate, et koordinaattelgedel saab graafiliselt, pliiatsi ja joonlaua abil, ehitada kõveraid ja lahendada mitmesuguseid võrrandeid.

Kui nüüd seda eespoolõeldut loevad matemaatikud, ütlevad nad kindlasti: «Pidage, siin on midagi korrast ära!»

Jah, matemaatikas on samuti olemas ristkoordinaadid, kuid seal on x-telg horisontaalne ja y-telg vertikaalne.

Juba ammu käib matemaatikute ja geodeetide vahel vaidlus.

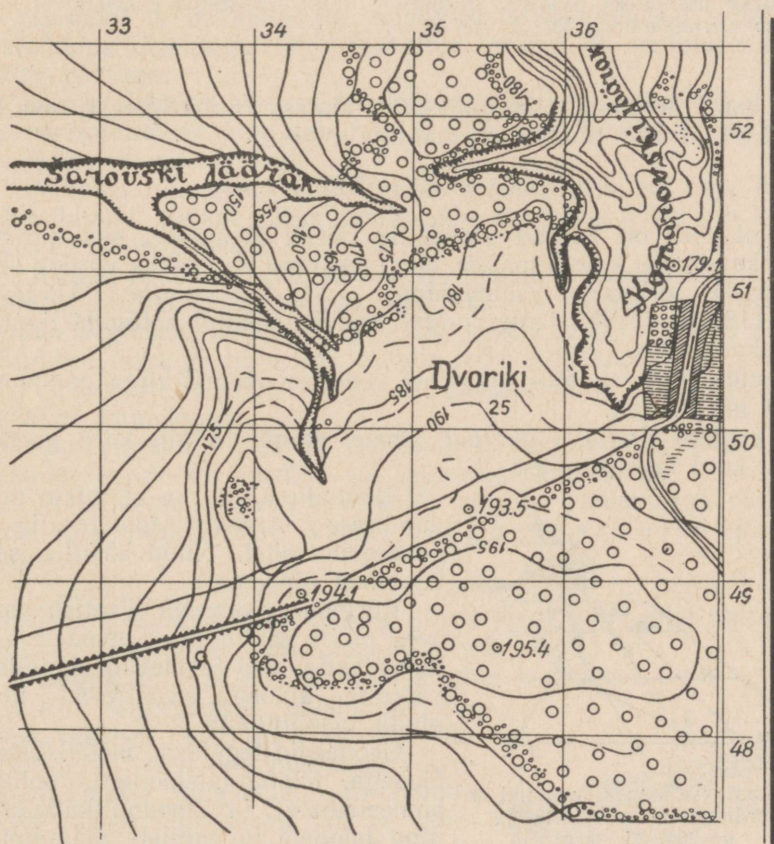
Geodeedid ütlevad: loodus ise dikteerib, et x-telg, millest esimesena võetakse kaugused, peab olema tingimata vertikaalne. Magnetnõel näitab ju põhjasuunda ja meridiaanjooned tõmmatakse kaartidel alati ülevalt alla. Kuna meie raamat on kirjutatud geodeesiast, räägime me vertikaalsest x-teljest ja horisontaalsest y-teljest.

Maastiku igal punktil on oma koordinaadid x ja y. Kaardil me leidsime need graafiliselt. Ühelt triangulatsioonimärgi tipult võib leida teise tipu koordinaadid ka arvutuse teel ja seostada kolm-

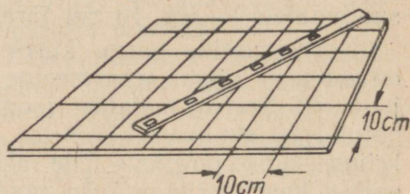
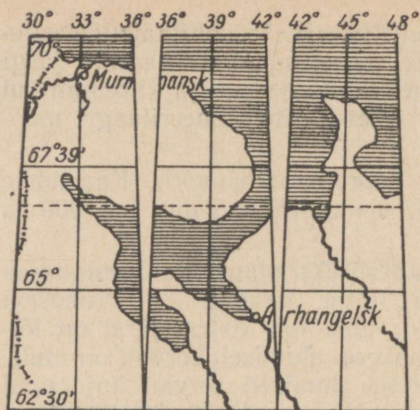
nurkade ahelad ning polügonomeetriliste ja teodoliitkäikude suletud hulknurgad. Väljaarvutatud ja seostatud koordinaatide järgi toimub aluspunktide kandmine planšetile täpsemini ja kiiremini kui asimuutide järgi, millist moodust te kasutasite pioneerilaagri mõõdistamisel.

Pealekandmiseks tuleb ehitada koordinaatide võrk. Kaartidele kantakse see peale iga 2 cm järel, plaanidele mõõdus 1:10 000 ja suurematele — iga 10 cm järel.

Koordinaatide võrgu kiireks ja täpseks planšetile kandmiseks on olemas väga teravmeelne ja lihtne vahend — Drobõševi joonlaud. See on metallist joonlaud, kuhu iga 10 cm järel on lõigatud nn. aknakene. Esimese aknakese alumisel serval on nullkriips, kuna järgneva viie aknakese alumised servad kujutavad endast kaare väikesi lõike raadiustega vastavalt 10, 20, 30, 40 ja



Osa kaardist mõõdus 1:50 000. Määrake punktide 193.5 ja 195.4 koordinaadid.



Kogu maakera pinna võib jagada sellisteks üksikuteks osadeks. X-telg vastab meridiaanidele 33°, 39° ja 45°.

Drobõševi joonlaud ja selle abil ruudustatud planšett.

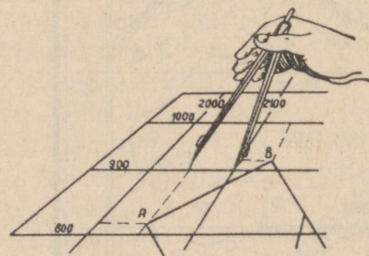
50 cm. Joonlaua kogupikkus alates nullkriipsust võrdub 50 × 50 cm-lise ruudu diagonaaliga, s. o.:

$$\sqrt{50^2 + 50^2} = 70,711 \text{ cm.}$$

Kui võrk on kantud planšetile täiesti ideaalselt, siis nurkade pealekandmisel koordinaatide järgi tekkinud ebatäpsus võrdub sirk-literaviku torkeaugu lähimõõduga, s. o. 0,2 mm-ga. Allolevalt (lk. 118) jooniselt näeme, kuidas toimub suletud polügoni tippude pealekandmine.

Eeldatakse, et kõik kaugused võetakse mõõtsirkliga põikjooneliselt mõõtkavalt.

Te olete kindlasti pannud tähele, et ma räägin kord geodeesiast, kord topograafiast.



Nii kantakse planšetile punkt A koordinaatide $x=813.43$ ja $y=2040.25$ järgi.

Raamatu algul ma mainisin mõõdamises erinevust topograafia ja geodeesia vahel. Nüüd käsitlen seda küsimust täpsemalt.

Kõrgem geodeesia vaatleb maakera pinda sfäroidina¹; geodeesia ja topograafia, mis tegelevad suhteliselt väikeste aladega, vaatlevad maapinda tasapinnana.

Geodeedid tegelevad mõõdistamise alusega, triangulatsiooniga, polügonomeetriliste ja teodoliitkäikudega ning hoonete ja ehituste maapinnale

¹ Sfäroid — lapik kera — keha, mille moodustab ellips pöörlemisel oma väiksema telje ümber.

märkimisega; topograafid tegelevad mõõdistamise enesega. Ühesõnaga — arvutusi teostavad geodeedid, plaane joonestavad topograafid.

Sõjaasjanduses tuleb mõõdistada sageli väga kiiresti, mõnikord silmamõõduliselt või kõige lihtsamate seadistega. Selliseks mõõdistamiseks on välja töötatud palju spetsiaalseid võtteid ja viise, mida rakendatakse ainult sõjaliste eesmärkide puhul, ja sellepärast räägitakse sõjatopograafiast kui eri teadusest.

Sageli töötavad ühed ja samad inimesed nii topograafidena kui ka geodeetidena ühtede ja samade instrumentidega.

KÕRGEM JA MADALAM

Hoone kõrgust võib mõõta täpsusega kuni üks sentimeeter lihtsalt ruleti või mõõdulindiga, lastes selle katuselt rippu.

Eespool te mõõtsite jõe sügavust horisontaalselt veepinnalt rahuldava täpsusega. Olgu märgitud, et jõgi oli sealjuures küllalt kõva põhjaga.

Järsu jõekalda kõrgust te mõõtsite vertikaalselt asetatud tähise ja horisontaalselt pingutatud ruleti abil, kuid ruleti horisontaalsust te määrasite silma järgi.

Võtame niisuguse juhu. Teie pioneerilaagris oli vaja üle oja ehitada sild. Vaiade sisserammimiseks on tarvis teada oja kallaste kõrgust. Tooge pikk laud ja teivas.

Mingu teist üks vette ja asetagu teivas vertikaalselt oja põhja, teie aga võtke laud, asetage selle üks ots kaldale, teist otsa aga tõstke aeglaselt, kuni laud on enam-vähem horisontaalses asendis. Seejärel märkige pliatsiga teibale laua puutekoht.

On selge, et kalda kõrgus oja põhjast võrdub teiba pikkusega põhjast kuni lauani.

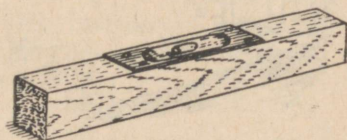
Horisontaalne laud ja vertikaalne teivas moodustavad mingisuguse kujuteldava astme või täisnurkse kolmnurga.

Selle astme kõrgust, s. o. kalda kõrgust (kolmnurga väiksemat kaatetit), nimetatakse kalda kõrguseks vuk s oja põhja suhtes.

Muidugi ei olnud kõik teie mõõtmised eriti täpsed — laua horisontaalsust määrasite te ju silma järgi; kuid silla ehitamiseks pioneerilaagris on selline täpsus täiesti piisav.

Sageli on vaja ehitada teede sildu ja truupe.

Kui sillaehitajad alustavad sellise väikese (4—6 m pikkuse) silla ehitamist, tuleb neil püstitada kõigepealt kivist külgliseinad. Et laduda kive täiesti ühetasaselt, nii et mõlemad seinad oleksid ühekõrgused, kasutatakse puusepa vesiloodi (vaaderpassi).



Puusepa vesilood (vaaderpass).



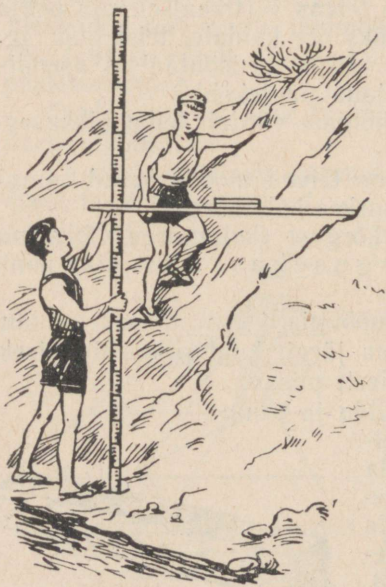
Märkige pliiatsiga teibal koht, mida puudutab laud.

See on 30—40 cm pikkune siledaks hõõveldatud puust klots, mille sisse on asetatud kergelt painutatud klaastoru, mis on eetriga täidetud. Torus liigub teile juba tuntud õhumull.

Klotsi alumine tahk on paralleelne kujuteldava joonega — selle painutatud toru kõõluga, ja järelikult, kui vesiloe mull seisab torukese keskel, on klotsi alumine tahk horisontaalne.

Kui teil oleks vesilood olnud kaasas oja kalda kõrgusekasvu leidmisel ja te oleksite selle enne latilt lugemi tegemist asetanud lauale, siis oleks teie mõõtmine olnud palju täpsem.

Kui topograafidel on tarvis leida järsu jõekalda kõrgust veepinnast, kasutavad nad sageli puusepa vesiloodi. Mõõdulatt asetatakse vertikaalselt ja selle juurde pannakse horisontaalne laud. Laua peale asetatakse vesilood ja nii saadakse astmete kaupa mõne võttega kalda kõrgusekasvu veepinna suhtes. Niisugust tööd nimetatakse loodimiseks. Sel viisil võib mõõta aga ka lühemaid kaugusi. 20 meetrit — see on puusepa vesiloe jaoks maksimum. Vesiloe tahu 0,5-mm ebatasasus annab 20 m kohta 3-cm vea.



Loodimistöö läbiviimine järsul jõekaldal.

Juba ammust ajast huvitas inimesi küsimus — kuidas leida suhteliselt tasasel maapinnal, kus on kõrgem ja kus madalam. Sellest huvituti eriti siis, kui hakati ehitama arõkke ja niisutama maatükke. Kui maapind on peaaegu täiesti tasane, siis ei suuda isegi kogenud niisutuskanalite ehitajad määrata silma järgi, milises suunas esineb täpselt langus ja kuhu voolab vesi.

Juba vanas Egiptuses leiutati horobatt — seadis, mis koosnes väga pikast, kuni 6-meetrisest puurennist ja mis oli valmistatud pikuti lõhestatud bambusetüvest. Sellesse renni valati vesi. Vee nivoo järgi võis horobatti horisontaalselt üles seada. Ilmselt olid horobatil veel mingisugused lisaseadised viseerimiseks. Meil on teada, et selle instrumendi abil ehtasid vanad egiptlased seesuguse keerulise hüdrotehnilise seadise, nagu seda oli niisutussüsteem Alam-Niiluse orus, kaasa arvatud ka tohutu suur veevoolu reguleeriv kunstlik Moirise järv.

Hiljem hakati kasutama «kõrgemal — madalamal» küsimuse lahendamiseks vesiloodi, mida nii või teisiti püüti täiustada. Kuid niitristikuga pikksilmale vesiloe toru kinnitamine ja seejuures veel nii, et vesiloe telg oleks paralleelne pikksilma viseerimisteljega¹, mõeldi välja kõige rohkem sada aastat tagasi. Nii leiutati pikksilmaga varustatud nivelliir², või nagu seda nüüd lihtsalt nimetatakse — nivelliir. Selle instrumendi abil saab kergesti, kiiresti ja täpselt määrata, kui palju asub üks punkt teisest kõrgemal. Seda tingimusel, et punktide vaheline kaugus ei oleks suurem kui 200 m ja üks punkt ei asetseks teisest üle 3—4 m kõrgemal.

Pikksilma toru on nivelliiril palju pikem kui teodoliidil. Pikksilm asetseb kahel alustoel, millede all asub vesilood, mis on samuti palju suurem kui puusepa või teodoliidi vesilood ja järelikult ka hoopis tundlikum.

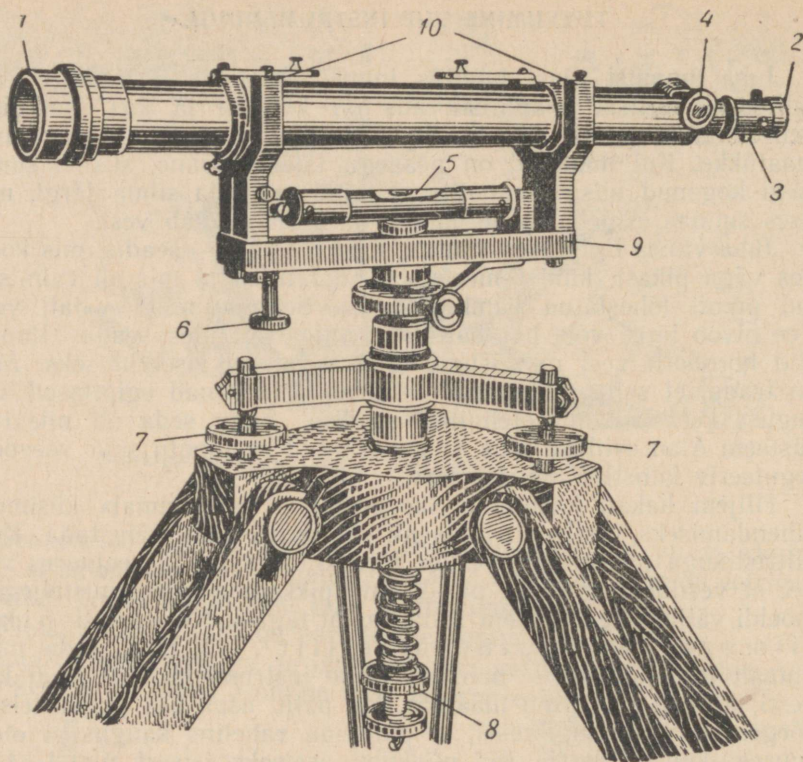
Pikksilma võib kergesti aluselt ära võtta ja tagasi panna. Alustoed vesiloega asuvad spetsiaalsel kandeliistul, mis pöörleb vabalt horisontaaltasapinnas. Oigupoolest ongi see kogu instrument. Nagu teodoliit, nii seisab ka nivelliir kolmel tõstekruvil ja massiivse kolmjalaga on ta ühendatud samasuguse, vedruga varustatud suure põhikruvi abil.

Pikksilma ehitus on samasugune nagu teodoliidil; ka siin on kujutis pööratud pea peale, ainult niitristikusse on lõigatud sageli kaks risti.

Et pikksilm asetseks horisontaalselt, tuleb instrument vastavalt üles seada. Kui vesilood on pikksilmaga paralleelne, seisneb kogu ülesanne selles, et ajada mull vesiloe keskele.

¹ Pikksilma viseerimistelj on mõeldav joon, mis läbib pikksilma mõlema suurendusklaasi tsentri ja niitristiku niitide lõikepunkti.

² Tuleneb prantsuskeelsest sõnast «niveau», mis tähendab «tasapind, tase».



Nivelliir vesiloega aluse küljes: 1 — objektiiv; 2 — okulaar; 3 — niitistik; 4 — kremaljeer; 5 — vesilood; 6 — vesiloe paranduskruvi; 7 — tõstekruvid; 8 — põhikruvi; 9 — alus; 10 — pikksilma kinnitustapid.

Nivelliiri ülesseadmine toimub järgmiselt. Asetanud instrumendi enam-vähem horisontaalselt, pöörake pikksilm nii, et see asetseks kahe tõstekruvi suhtes paralleelselt ja hakake viimaseid üheaegselt pöörama erinevais suundades, ühte kinni ja teist lahti kruvides. Sellega tõstate pikksilma üht otsa koos vesiloega veidi ülespoole, kuna teist lasete allapoole. Vesiloe mull nihkub aeglaselt keskele. Kui ta jääb pidama just vesiloe keskkoha¹, pöörake pikksilma 90° võrra; mull nihkub muidugi kõrvale. Seejärel keerake kolmandat tõstekruvi, kuni mull nihkub taas keskele. Siis andke pikksilmale uuesti paralleelne asend kahe esimese kruvi suhtes ja ajage vesiloe mull uuesti keskele.

Kui on tegemist hea nivelliiri ja kogenud geodeediga, ei tohi mull nüüd enam kõrvale kalduda, ükskõik kuhu pikksilma ka ei pöörataks. Kui pikksilma pööramisel 180° võrra mull siiski kaldub

¹ Vesiloe klaastorule on peale kantud jaotused, mis näitavad toru keskkoha.

kõrvale, siis tähendab see, et vesiloe telg pole enam horisontaalne¹. Tööline võis kandmisel nivelliiri pörotada, kuid kõige sagedamini põhjustab seda instrumendi osade ebaühtlane soojenemine päikesekiirte mõjul.

Selleks, et vesiloe asendit parandada, peab õige natuke pöörata vesiloe ühe otsa all asuvat spetsiaalset paranduskruvi. Seejärel tuleb uuesti pöörata kord tõstekruvisid ja kord jälle paranduskruvi seni, kuni mull jääb liikumatuks, ükskõik kuhu te pikksilma ka ei pööraks.

Instrumenti tuleb kontrollida iga päev enne töö algust. Kontrollimine puudutab nii alust kui ka niitistikut. Väikeste kruvide abil tuleb instrumendi kõik osad nii välja reguleerida, et kõik teljed oleksid omavahel kas paralleelsed või perpendikulaarsed.

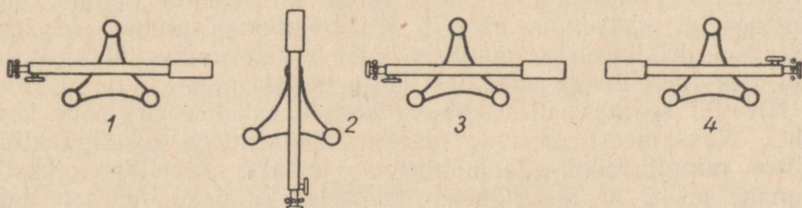
«Kui palju aega kulub nivelliiri ülesseadmiseks ja kontrollimiseks?» küsite teie. Nivelliir on aga muide mitu korda tundlikum instrument kui puusepa vesilood.

Töötamisel nivelliiriga on vaja, et teie käsi oleks «sisse töötatud». Käte ja jalgade liigutused peavad olema kiired, kindlad ja täiesti automaatsed. Te liigute abitöölise ees, kandes üksnes pikksilma; valite koha; tööline asetab paigale kolmjala, teie asetate pikksilma alusele, vajutate maasse kolmjala ühe, siis teise jala ning kohendate kolmandat. Kui instrument seisab enam-vähem horisontaalselt, võite alustada tõstekruvide pöörmist — vesiloe viimist horisontaalasendisse.

Oma praktika jooksul ma veendusin, et igal geodeetilisel instrumendil, eriti aga nivelliiril, on oma täiesti kindlaks kujunenud iseloom, nagu poleks ta mitte instrument, vaid mingi elusolend.

Näiteks on meil kaks uhiuut nivelliiri. Need on alles äsja vabrikust tulnud, olles välimuselt täiesti sarnased. Töötamisel aga ilmneb, et üks on «rahulikum», «külmaverelisem», isegi «laisem», teine aga «agaram», kuid sealjuures «tujukam».

Ärge naerge.



Nivelliiri ülesseadmise skeem (vaade ülevalt).

¹ Täpsemalt, kogu instrumendi põhitelg, selle pöörlemistelg, pole ideaalselt vertikaalne. Vesiloe telje mõiste pole täiesti määratav, sest toru on kergelt kumer. Vesiloe telje all võib mõista instrumendi vertikaalse pöörlemistelje ristsirget.

Üks autojuht veenis mind, et igal autol on samuti oma «iseloom».

Oma instrumendi «iseloomuga» peab harjuma, peab instrumendiga ja temaga töötamisega kodunema.

Kui olete nivelliiriga kodunenud, siis seate ta üles kolme minutiga, kõigi kontrollimistega aga — viie minutiga.

Kui palju meelehärmi valmistab algajatele geodeetidele, kes alles alustavad oma tööd, see väike läikiv vesiloe mull! Ettevaatlikult juhitakse ta keskele, püütakse isegi mitte hingata, keeratakse pikksilm kõrvale — ja jälle kaob ta ära. Nivelliir on eriti tujukas kuuma ilmaga. Mull väheneb siis hernetera suurusks ja instrumendi kõige väiksemagi pööramise puhul tormab toru otsa. Muide, pole midagi katki, kui te mulli asendit parandate õige natuke sellega, et pöörate kergelt ühte tõstekruvidest; seda võib teha aga tingimusel, et nivelliir on hästi välja reguleeritud.

Kunagi tuli mul Ašhabadis töötada juulikuu kuumuses; minu nivelliiri vesiloe mull kadus täielikult, ja et ta uuesti ilmuks, tuli kuumenenud toru jahutada märja rätikuga.

Sellistel juhtudel kaitstakse instrumenti päikese eest suure päevavarjuga.

ASTMED

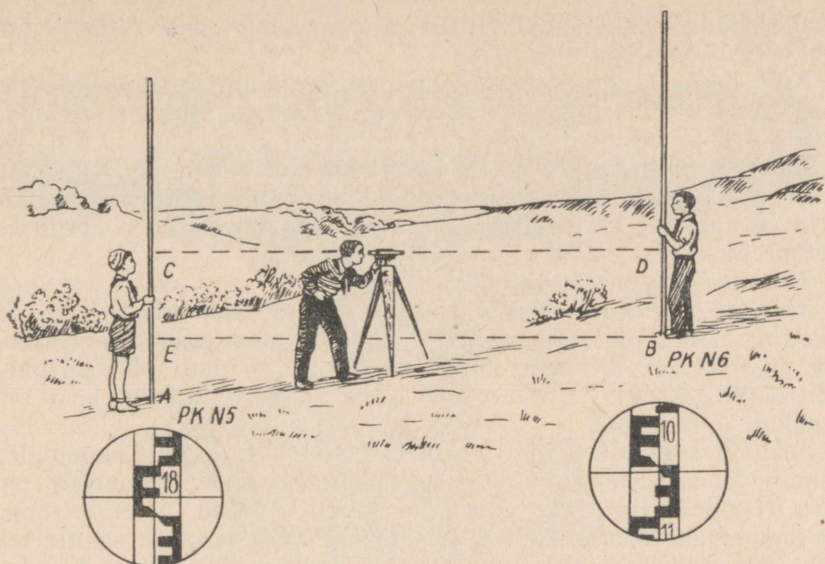
Lõpuks, kuhu te pikksilma ka ei pööraks, seisab mull liikumatult vesiloe keskel.

See tähendab, et instrument on üles seatud, pikksilm on horisontaalne ja võib alustada nivelleerimisega.

Teodoliidi juures te suunasite tähisele niitristiku vertikaalniidi, siin suunate nivelleerimislatile aga keskmise horisontaalniidi.

Kasutatakse riskülükukujuliste sentimeetrijaotustega 3- või 4-meetrise nivelleerimislatte. Sageli on jaotused kantud lati mõlemale servale: ühele — punased, teisele — mustad. Lugemi kiiremaks saamiseks on igas detsimeetris esimesed 5 cm ühendatud vertikaalse tulbakesega — tekib tähega E sarnanev kujund. Ärge unustage, et pikksilmas paistab kõik überpööratuna, seepärast kantakse detsimeetrite numbrid lati servale überpööratult, et neid oleks nivelliiriga vaadates kerge lugeda.

Nivelliir seatakse üles umbes pikettide vahelise sirgjoone keskohta. Kaks meest seisavad nivelleerimislattidega piketipunktides (mitte mingil juhul aga numbrivaia kohal). Nivelliiri pikksilm suunake piketi nr. 5 tagumisele tähisele. Vaadake, mis on näha ringis (vt. kõrval leheküljel asuvat joonist): arv 18 — see tähendab 18 dm, s. o. 1 m 80 cm, kuid niitristiku rist sattus veidi madalamale. Sentimeetreid loetakse alates ülevalt (sest kujutis on überpööratud): üks, kaks, kolm. Millimeetrid hinnatakse lihtsalt silma järgi. Neid on umbes kaks. Kokku saadi 1832 mm. See arv kirjutatakse spetsiaalsesse žurnaali, lahtrisse «vaade tagasi», seejärel pööratakse pikksilma ja vaadatakse esimese piketi nr. 6 nivel-

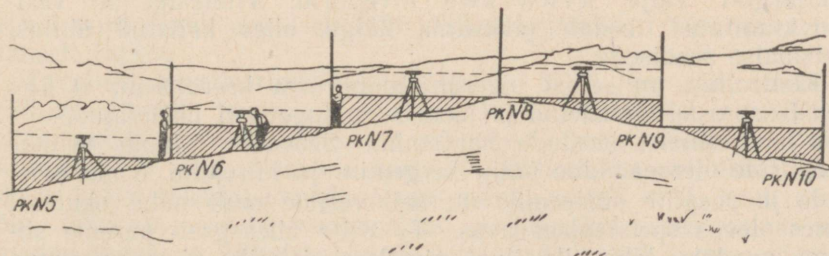


Kui palju on pikett nr. 5 madalamal piketist nr. 6?

leerimislatile. Nagu näete, asub rist 1056-ndal millimeetril. See arv kirjutatakse lahtrisse «vaade edasi».

Kui palju on siis pikett nr. 5 madalamal piketist nr. 6? Pikk-silma läbiv viseerimisjoon CD on täpselt horisontaalne. Tõmbame sellele piketi nr. 6 punktist paralleeljoone BE . Nüüd on kohe selge, et pikett nr. 5 on madalamal piketist nr. 6 alumise lõigu, suuruse AE võrra.

See lõik on meile juba tuntud — see on väike kaatet, samasuguse kujuteldava astme kõrgus, nagu esines oja juures, — me nimetasime seda kõrgusekasvuks. Ainult horisontaalne viseerimisjoon, s. o. astme laius, on siin palju suurem, tervelt 100 m. Seega, et leida piketi nr. 6 kõrgusekasv piketi nr. 5 suhtes, ei tohi lihtsalt mõõta astme kõrgust. See kõrgus, s. o. kõrgusekasv, võrdub mõlema nivelleerimislati näitude vahetega või, nagu räägivad



Saame rea erineva kõrgusega astmeid.

nivelleerijad: vaade tagasi (1832) miinus vaade edasi (1056) võrdub kõrgusekasvuga *AE* (776).

Kõik need arvud on mõistagi puht juhuslikud: te asetate oma nivelliiri nii ja lõite piketid sellistesse kohtadesse, et nivelleerimislattidel tulid just need arvud.

Aga kui palju on pikett nr. 5 kõrgemal või madalamal piketist nr. 1000? Nendevaheline kaugus on umbes 100 km. Pikettide nr. 5 ja nr. 6 vaheline kõrgusekasv on teada. On tarvis leida kõrgusekasvud järjekorras kõigi teiste pikettide vahel.

Tõuseme järgmisele astmele.

Tööline nivelleerimislatiga piketilt nr. 5 läheb piketile nr. 7. Piketi nr. 6 latt on nüüd tagumiseks. Instrument asetatakse pikettide nr. 6 ja nr. 7 vahele. Oletame, et uued näidud tulid järgmised: vaade tagasi — 1547, vaade edasi — 1231. Kõrgusekasv on järelikult +316 mm.

Seejärel asetatakse instrument jälle ümber, veelgi kaugemale, kolmandale astmele pikettide nr. 7 ja nr. 8 vahele. Jooniselt on näha, et moodustub rida erineva kõrgusega astmeid — terve trepp, mis kaugemal hakkab mäest alla laskuma. Kõrgusekasvu saame sel juhul miinusemärgiga (eesmise nivelleerimislati lugem on suurem tagumise lugemist).

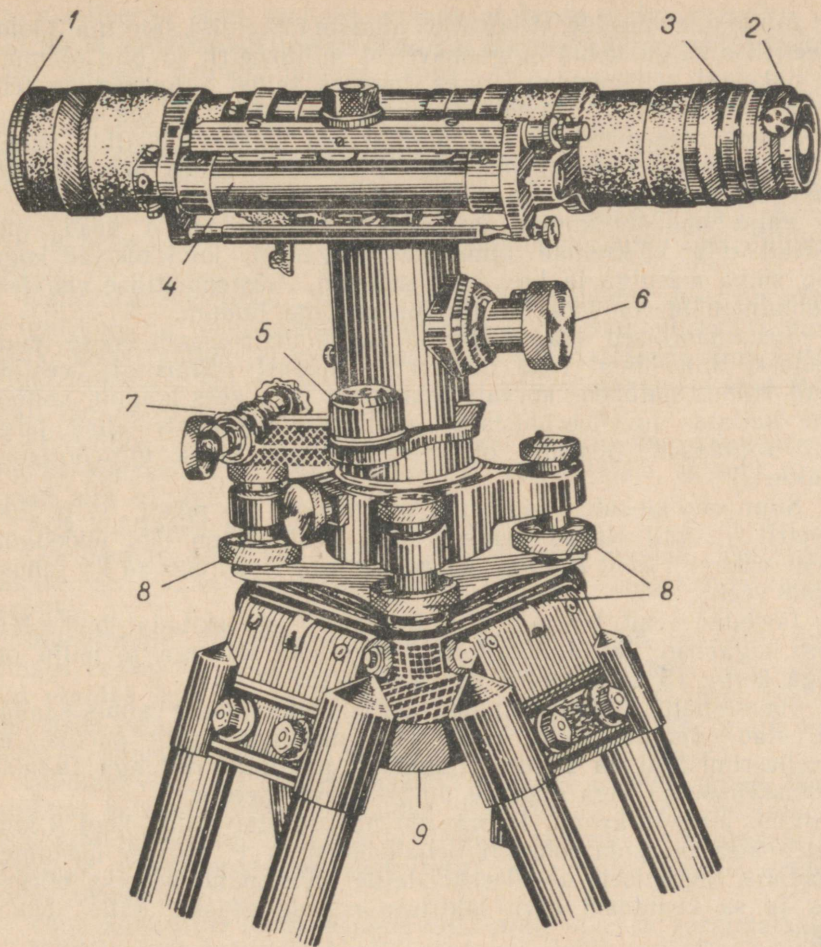
Niisiis, piketi nr. 5 kõrgusekasv piketi nr. 1000 suhtes võrdub kõikide astmete kõrguste summaga, s. o. kõigi plussmärgiga kõrgusekasvude summa, millest on lahutatud kõigi miinusemärgiga kõrgusekasvude summa.

Liikudes nii mööda kujuteldavat treppi 100-meetriliste sammudega kord üles, kord alla, rajavad nõukogude insenerid mööda pikette igasuguseid trasse (raudteede, maanteede, niisutuskanaalite trasse) — rajavad pideva nivelleerimisahela. Seejuures arvestatakse kõiki teel ettetulevaid ebataasusi.

SUURED JA VÄIKESED VEAD

Ma jutustasin teile, kuidas nivelleerimist tehniliselt läbi viia, ja kirjeldasin nivelliiri vesiloega aluse küljes (nn. lahtine nivelliir). Nüüd selliseid instrumente aga enam ei valmistata: neid tõrjuvad järk-järgult välja kinnised nivelliirid. Viimastel on vesilood kinnitatud tihedalt pikksilma külge, olles kaitstud ühtlasi spetsiaalse seadisega.

Kontrollida on sellist nivelliiri mõnevõrra keerulisem; et aga kõik tema osad on kaetud ja üksteisega tugevasti ühendatud, siis võib kontrollimisi teostada harvemini. Seevastu toimub selliste nivelliiride ülesseadmine palju kergemini ja kiiremini. Tänu prismade ja peeglite süsteemile on neil vesiloe mull näha okulaari juures olevas spetsiaalses avas. Te võite üheaegselt parema silmaga vaadata läbi pikksilma nivelleerimislatile ning vasakuga jälgida mulli ja seejuures veel pöörata pikkamisi ühte tõstekruvi,



Kinnine niveliir: 1 — objektiiv; 2 — okulaar; 3 — niitistik; 4 — vesilood; 5 — ümmargune vesilood; 6 — pikksilma kinnituskruvi; 7 — pikksilma pöörlemise mikromeeterkruvi; 8 — tõstekruvid; 9 — põhikruvi.

ja kui mull liigub aeglaselt läbi vesiloe keskkoha, võtta momentaanselt lugem.

Tavalisel nivelleerimisel võib eksida 2—3 mm instrumenti iga seisupunkti juures. Sealjuures tuleb instrument aga üles seada umbes võrdsele kaugusele mõlemast piketist. Need vead on vältimatud ja neid ei maksa karta. Praktiliselt on see ebatäpsus 100 m kohta tuletiku jämedune ega mängi mingit rolli, kuid, mis kõige tähtsam, — need vead tekivad nii ühes kui teises suunas ja katavad seepärast üksteist. Vigade (sulgemisvigade) summa nivelleerimiskäikude 10 km kohta on harva suurem kui 20 millimeetrit.

Mulle tuleb meelde, et kui alles algasin töötamist, sain ma 3-kilomeetrilise käigu kohta sulgemisvea 4 millimeetrit ja olin rõõmust ja uhkusest seitsmendas taevas, lugedes sellist sulgemisviga tehnika suurepäraseks saavutuseks, kuid tuli välja, et see on kõige tavalisem sulgemisviga, mis hajutatakse kõikide pikettide vahel.

Matemaatikas on olemas vigade teooria, milles üksteist katvaid vigu nimetatakse juhuslikeks vigadeks.

Palju hädaohtlikumad on süstemaatilised vead, mis võivad olla väiksemad juhuslikest vigadest, kuid tekivad kogu aeg sama märgiga ja kasvavad pidevalt. Süstemaatilise vea iseloomulik näide on joone mõõtmine ebaõige lindiga.

Süstemaatilised vead olenevad sageli instrumendi enese puudustest. Juhuslikud vead olenevad paljudest põhjustest: vesiloe mull kaldus natukene kõrvale; punktivai maa sees kõigub; abitööline kallutas nivelleerimislatti; millimeetrid hinnati silma järgi latil ebatäpselt; pikksilm oli mõne mikroni võrra mittehorisontaalne.

Suur on kiusatus sammuda nivelliiriga üle piketi, s. o. 200 meetrit — latil olevad numbrid ja ristkülikud on läbi pikksilma hästi näha —, kuid kauguse suurendamisega suurenevad ka juhuslikud vead.

Jämedad vead, kui neid ei märgata, võivad tekitada ebameeldivaid tagajärgi. Kuid nivelleerimisel eksida korraga ja palju on väga kerge (5 sentimeetrit on juba palju).

Toome näite. Kisub vihmale; tahaks tööga rutem valmis saada; kiirustad, vaatad üleliia kähku läbi pikksilma; sulle paistis, et nivelleerimislattel on 29 dm. Tegelikult puudutas niit aga 19-ndat jaotuskriipsu ja viga ongi 10 dm — terve meeter.

Võib juhtuda ka nii. Päevas on nähtud ette läbida kuni 8 km. Tuleb üles märkida rohkesti neljakohalisi arve; töö on üksluine; vaadates tagumisele nivelleerimislatile tähelepanu hetkeks nõrgenes ja sa kirjutasid arvu lahtrisse «vaade edasi». Jälle tekkis viga!

Kuid juhtub ka, et süüdi on kaaslane, kes hoiab latti. Talle hüütakse: «Asu kiiremini paigale!» Kaaslane liigub punkti otsides siia-sinna, kuid punkti pole — kadunud! —, ja asetab lati numbri-vaia kohale. Tehnik suunas rahulikult pikksilma välja, kirjutas arvu üles ja viis instrumendi teise kohta. Kuni ta instrumendi kohale aetas, leidis abitööline punkti üles ja sõnagi lausumata aetas sellele nivelleerimislatti. Tehnik suunas pikksilma uuesti latile, juba vaatega tagasi, kirjutas uue arvu ja läks edasi. Ta ei aimanudki, et latt asetati ümber. Ometi katkes sellega nivelleerimisahela pidevus ja tekkis numbrivaia kõrgune viga.

Nivelleerijate poolt tehtud vigadel võivad olla rängad tagajärjed. Kaevati näiteks kanal, kuid vesi temas ei voola. Miks? Ilmnes, et nivelleerija kirjutas kusagil ebaõige arvu ja seda ei märgatud õigeaegselt.

Garin-Mihhailovski mainib oma raamatus «Insenerid», kuidas

üks nivelleerija eksis raudtee ehitamisel terve sülla võrra, s. o. 2,13 m, ja seda märgati alles siis, kui ühendati kahte naaberlõiku. Rong sellisele astmele juba ei hüppa.

Kuna eksida on nii kerge, siis tuleb iga käiku kontrollida kaks korda — sinna ja tagasi — või, veel parem, anda iga töö kahele erinevate instrumentidega varustatud nivelleerijale. Kui kõik kuju- tab endast suletud ringi, tuleb tagasi pöörduda sellesse punkti, kust alustati nivelleerimist. On selge, et siis peab kõikide positiivsete ja negatiivsete kõrgusekasvude summa võrduma teoreetiliselt nulliga.

Kahekordne kontroll, isegi kolmekordne kontroll, kontroll alati ja igal pool on nivelleerimisel ja üldse geodeesias ülimalt kohustuslik. Topograafidel ja geodeetidel pole õigust töötada ilma kontrollmõõtmisteta. Siit näeme, miks tuleb kõik sissekanded teha žurnaali täpselt ja korralikult.

«Eksimine on inimlik» — selline on vana-rooma üsna pessimistlik kõnekäänd. Topograafidele ja geodeetidele ei sobi need sõnad aga sugugi.

Aga kui topograaf siiski eksib?

On olemas vene vanasõna: «Seitse korda mõõda, üks kord lõika». See vanasõna ongi geodeetide ja topograafide põhireeglilik.

Maapinnale märgitakse tulevast hoonet. Näib, et siin pole midagi rasket — ruletiga mõõdeti 10 meetrit ja kõik. Kus võib siin eksida? Aga kas te mõõtsite just sellest vaiast? Aga kas te tõmbasite ruletti just selles suunas? Aga kui hakatakse maja ehitama ja nähakse, et ta on asetatud viltu, mis siis teha?

Mõõtke välja 10 meetrit, saadud punktist mõõtke mingi teise punktini kontrollkaugus ja püüdke seda siduda veel kolmandaga, seda aga juba kuidagi kaldu, kontrollige risküliku diagonaale ja arvutage Pythagorase teoreemi järgi, kui pikad peavad jooned olema teoreetiliselt.

Tänu kontrollile leitakse järe viga alati üles ja parandatakse.

Millist suurt kahju võib põhjustada geodeedi viga, kui näiteks stollid metroo ehitamisel üksteisega ei kohtuks, vaid mööduksid!

Esiteks lastakse šahti üks geodeet oma instrumentidega, kes teostab vajalikud, mõnikord väga keerulised mõõtmised; seejärel lastakse alla teine geodeet, kes on samuti varustatud oma instrumentidega ja teostab sama töö; siis annavad nad oma žurnaalid üle kahele arvutajale, kolmas aga kontrollib arvutustulemused veel kord üle. Siin on juba täielik garantii, et vigu ei ole ja stollid ühtivad kõigis kolmes mõõtmes kuni sentimeetrilise täpsusega.

Mõõdistamisel suleb geodeet kindlasti kõik oma aluskäigud ja arvutab koordinaatide järgi välja sulgemisvea. Kui sulgemisvea tekib lubamatult suur, siis ei jää geodeet enne rahule, kuni leiab selle vea. Esmalt otsib ta seda arvutuses: aritmeetika nelja tehte juures on palju kergem eksida kui välimõõtmistel. Kui ta seal viga ei leia, tuleb seda hakata otsima väljal.

Suletud polügonis nurgad sulgusid, kuid jooned ei sulgunud. Viga peab peituma seega mõnes joones. Nii see ka kõige sagedamini on. Tuleb ette ka jämedaid vigu.

Kui jämedaid vigu on üks — ühe joone juures jäi puudu 20 m —, on seda tavaliselt kerge leida. Kui aga esineb mitu jämedat viga — näiteks jooned mõõdeti õigesti, kuid ühe nurga juures eksis geodeet esmalt 1° võrra ühes suunas, teise nurga juures 1° võrra vastassuunas —, siis jooned ei klapi omavahel. Sellist viga on raske leida: geodeet mõõdab enne kõik jooned kolm korda üle, kuni taipab, et viga tuleb otsida hoopis nurkade juurest.

Huvitav juhus esines praktika ajal kahel üliõpilasel — Kostja M-1 ja Šura S-1. Neile anti ülesanne: välja selgitada, kus on kergem rajada niisutuskanalit — kas mööda vasakpoolset või mööda parempoolset teed.

Selleks pidid nad nivelleerima mõlemad suunad. Kaugus lõpp-punktini oli 5 km.

Esimesena saabus oma töolistega alguspunkti Kostja. See oli linna äärmine tänav. Ta nägi telliskivist vundamendiga puumaja.

«Siit ma algangi.»

Ja Kostja asetaski tööliste tagumise latiga maja vundamendi sokli nurga juurde. Eesmise lati saatis ta piketile, mis asetses tulevase kanali sihil.

Šura millegipärast hilines ja Kostja kinnitas esimese piketi numbrivaia külge sedeli:

«Šura, ma alustasin A. Družinnikova maja juurest, käigu suunas äärmise sokli nurgast. K.»

Kümne minuti pärast jõudis kohale Šura, nägi sedelit, vaatas ümber ja märkas ühel majal tahvlikest: «Družinnikova».

«Ahah, Družinnikova! Vundamendi sokli äärmine nurk. Oleks ta pliiaitsiga kas või ristikesegi telliskivile teinud... Noh, olgu,» pöördus Šura tööliste poole, «aseta latt otse nurga juurde.»

Ohtul kohtusid mõlemad üliõpilased lõpp-punktis ovraagi põhjas, sõitsid koos koju, sõid ohtust ja asusid välja arvutama kõrgusekasvusi.

Družinnikova maja sokkel asus ovraagi põhjast kõrgemal teatud arvu meetrite võrra, olenemata sellest, millist teed kaudu minna. Kuid üliõpilased said järgmised andmed: Šural tuli 8,325 m, Kostjal 10,711 m. Asuti jälle lugemise kallale. Viga aga ei leitud. See pidi tekkima väljal, ja suur viga — üle 2 meetri. Kes oli siis süüdi? Kumbki lootis salaja, et mitte tema.

Järgmisel päeval asuti uuesti tööle. Ka seekord jõudis Kostja oma töolistega varem kohale.

Ohtul hakati arvutama ja jälle ilmnes 2,379 m suurune viga. Mis nali see on! Eelmisel päeval eksiti ainult 7 mm võrra rohkem! Võrreldi üksikuid kõrgusekasvusi pikettide vahel. Need ligikaudu ühtisid, kuid linna lähedal oli midagi korrast ära.

«Noh, leidsime vähemalt vea koha!»

Järgmine päev oli puhkepäev ja üliõpilased läksid seetõttu

ainult kahekesi. Üks neist pidi vaatama nivelliiriga, teine hoidma latti. Jõuti kohale.

«Kuhu sa lähed?» hüüdis Kostja.

«Kuidas kuhu? Družinnikova maja juurde.»

«Aga see on siin!»

«Kuidas — siin? Aga mis see on?»

Vaadati järgi ja selgus, et on olemas kaks õdedele Družinnikovadele — Akulina Jegorovnale ja Antonina Jegorovnale — kuuluvat maja.

Vaat, kus peitus viga! Šura algas nivelleerimist Antonina, Kostja aga Akulina maja juurest.

«Ja mina veel imestasin, et sa sokli nurka pliiatsiga ära ei märkinud!» rääkis Šura.

Nivelliiriga mõõdeti, kui palju asub üks sokkel teisest kõrgemal. Saadi 2,388 m.

«Milline täpsus!» hüüdis Šura. «Kümne kilomeetri kohta ühest sentimeetrist väiksem sulgemisviga!»

«Aga me ju püüdsime, otsisime viga!» ütles Kostja ja hakkas instrumenti kasti panema.

ABSOLUUTSETEST JA SUHTELISTEST KÕRGUSTEST

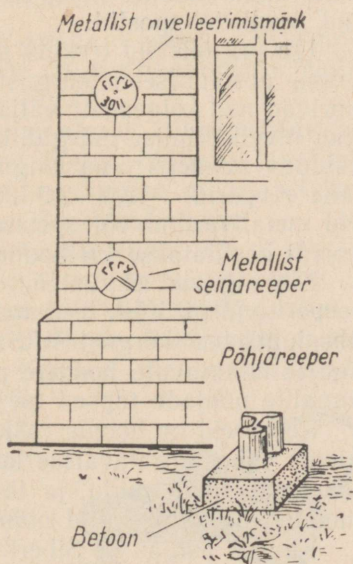
Juba ammu asub Kroonlinnas veemõõdupost (peel), mille järgi teostatakse vaatlust Balti mere veetaseme kohta. Igasugune veemõõdupost kujutab endast veepinna kohale löödud jaotustega mõõdulatti. Need mõõdulatid on väga sarnased nivelleerimislattidele, ainult arvud on neile normaalselt peale kantud, mitte aga «jalad ülespoole».

Kroonlinna veemõõduposti nullpunkt on väga tähtis. Sellest nullpunktist kui Balti mere tinglikust keskmisest nivoost saavad oma alguse kõik nivelleerimised NSV Liidus. Nõukogude Liidu pindalast on umbes pool kaetud riiklike nivelleerimiskäikude tiheda võrguga.

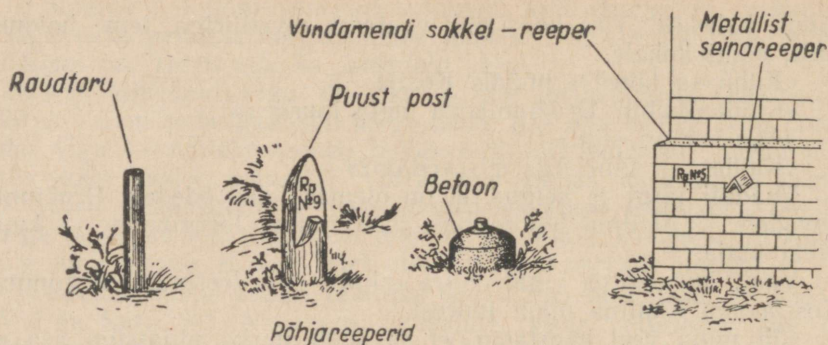
Maastiku iga punkti võib võrrelda Balti mere veetasemega — selleks tuleb aga rajada nivelleerimiskäik.

Arvu, mille võrra antud punkt on kõrgemal või madalamal sellest veetasemest, nimetatakse selle punkti absoluutseks kõrguseks.

Kaspia mere kõrgus on miinus 28 m, Sarakamõši nõo kõrgus Turk-



Riikliku nivelleerimise märgid, sein- ja betoonreeperid.



Mitmesugust tüüpi reepereid.

meeni NSV-s on miinus 44 m. Kõrgused NSV Liidu lauskmää osas kõiguvad pluss 50 ja pluss 200 m vahemikus.

Riiklikud nivelleerimiskäigud kulgevad enamasti piki raudteid ja maanteid. Piki käike seatakse iga 3, 5 või 10 km järel üles vastupidavad alalised märgid, mida nimetatakse reeperiteks. Igal reeperil on oma number ja oma absoluutne kõrgus.

Reepereid on mitut tüüpi — seinareeperid ja põhjareeperid. Nendeks võivad olla maja seina külge kinnitatud ümmargused malmkettad numbriga ja augukesega keskel või spetsiaalse hõlmaga, kuhu saab asetada moodsulati, samuti ka 2,5 m sügavusse kaevatud raudbetoonpostid.

Iga uurimistööd teostav asutus on kohustatud nivelleerimist läbi viima absoluutsetes kõrgustes. Kui geodeedid sõidavad kohale, uurivad nad kõigepealt välja, kus asuvad lähemad reeperid ja riikliku nivelleerimise märgid, et nende juurest alustada nivelleerimist (siduda nendega oma käigud). Tööprotsessis nad asetavad kohale oma reeperid — 2,0—2,5 m sügavusse kaevatud raudbetoonitorud või metallvardad või spetsiaalse sälguga puust postid. Võimaluse korral kasutatakse kivihoonete vundamendi soklit.

Kui algavad ehitustööd, siis viiakse nivelleerimised läbi nende reeperite järgi. Kõik teed, maanteed ja raudteed rajatakse lähtudes absoluutsetest kõrgustest. Samuti arvutatakse varem välja kõikide suurte ehitatavate hoonete põrandate ning kuivendus- ja niisutuskanalite põhjade täpsed kõrgused.

Reepereid on hoopis rohkem, kui te võite arvata, nad asetatakse ainult vähemärgatavasse kohtadesse. Kui te elate linnas, vaadake tähelepanelikult maju, ja te leiaste kindlasti kas või ühegi vundamendi külge kinnitatud numbriga varustatud seinareeperi.

Kaugel põhjas ja Siberi ning Kesk-Aasia üksildastes kohtades, kus ei ole riikliku nivelleerimise reepereid, võetakse kõrgused ehituste juures oma reeperitest. Selliseid Balti mere veetasemega sidumata kõrgusi nimetatakse suhtelisteks kõrgusteks.

Tehnilisel nivelleerimisel on iga seisupunkti, s. o. iga 100—150 m kohta lubatav viga kuni 3 mm. Riiklikul nivelleerimisel ei tohi viga olla suurem kui 1 mm 1000 m kohta.

Sellist täpselt nivelleerimist nimetatakse kõrge täpsusega nivelleerimiseks. Kuidas saavutada selline täpsus?

Kõrge täpsusega nivelleerimine erineb vähe tehnilisest nivelleerimisest; seal kasutatakse täiuslikuma konstruktsiooniga instrumente ja nivelleerimislatte ning peetakse silmas terve rida reegleid ja ettevaatusabinõusid, mida tavalisel nivelleerimisel ei pruugi tähele panna. Näiteks: mõlemad kaugused nivelleerimislati deni peavad olema täiesti võrdsed ja ei tohi ületada 75 meetrit; viseerimisjoon ei tohi latil tulla madalamale kui 0,5 m; keskpäevatundidel, kui päikese poolt soojendatud õhk vibreerib ja esineb õhuvoole, ei tohi nivelleerida; võib töötada ainult alates päikesetõusust kuni hommiku kella 8—9-ni ja kella 17-st kuni päikeseloojanguni. Palja silmaga võib õhu vibreerimist keskpäeval näha ainult kõige suurema kuumusega, kuid pikksilmas on see hästi nähtav ja segab väga lugemi võtmist latilt. Nivelleerimislatte ei asetata mitte vaiale, vaid spetsiaalsele kaasaskantavale malmist alusele («konnale»). Et latti saaks asetada täpselt püstloodis, on selle külge kinnitatud ümmargune ripplood. Kahe lugemi asemel võetakse igas seisupunktis kaksteist lugemit, seda lati mõlemalt servalt ja kolme niidi järgi. Sellele lisaks võetakse lugemid veel vesiloe mulli otste järgi.

Raudtee-ehitajad võivad rahulduda veaga 1 cm 1 km kohta. Kanalite, hüdroelektrijaamade, tammide ja metrootunnelite ehitajail nõutakse juba suuremat täpsust.

Nii saavutasid geodeedid — «maa-alused tüürimehed» — Moskva metroo ehitusel 1 km pikkuses lõigus, «Arbati» ja «Smolenski» jaama vahel, mõõtmistes nii suure täpsuse, et tunneli kaevamisel tekkis ainult 2-millimeetriline kõrvalekaldumine.

Ilma kõrge täpsusega nivelleerimiseta siin enam läbi ei saa.

Kuivendustöödel Valgevenes, kus maapind on väga tasane, on need kanali põhja sentimeetrid ja millimeetrid väga tähtsad; tähtsad on nad ka iga suure tammi ehitusel; üleliigne sentimeeter tammi harja kõrguses — see on üleliigsed hektarid üleujutatud pinda.

Tammide, hüdroelektrijaamade ja teiste suurehituste juures esineb nende vajumine: nad rõhuvad suure raskusega pinnasele, ise sealjuures aeglaselt vajudes. Kui palju nad vajuvad, oleneb pinnase omadustest. Esialgu on need vajumised suhteliselt suured, hiljem nad aga järk-järgult hääbuivad. Selline vajumine on täiesti loomulik ja pole niikaua



Latialus («konn») pretsiis-seks nivelleerimiseks.

ohtlik, kuni see toimub ühtlaselt. Kui aga lüüsi üks külg vajub rohkem, tekib paine ja see võib põhjustada lüüsi avarii.

Et sellist painet õigeaegselt märgata ja üldse kindlaks määrata vajumist, selleks asetatakse alati kõikide suurehituste eri osadesse mitu reeperit ja kõrvale maa sisse kaevatakse alalised betoonreeperid. Aeg-ajalt teostavad nivelleerijad kõrge täpsusega nivelleerimist — võrreldes selle alalise reeperi kõrgust ehitustel olevate reeperite kõrgusega ja määrates kindlaks vajumise millimeetrid.

KUIDAS SAAB VEEL NIVELLEERIDA

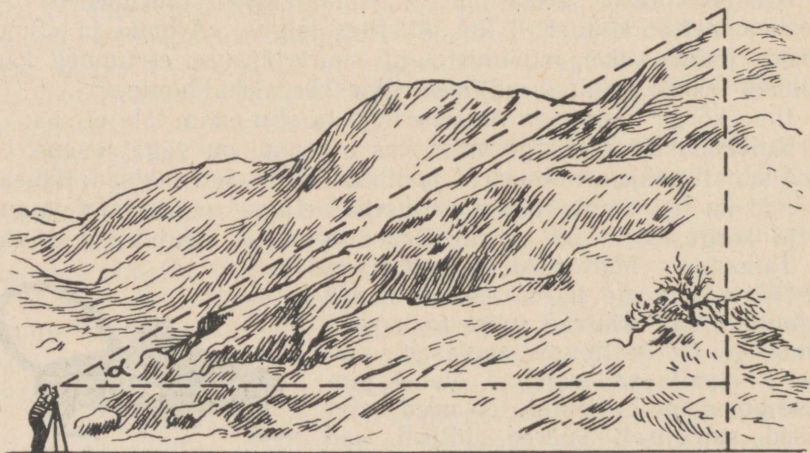
Tasasel maastikul toimub nivelleerimine suhteliselt kiiresti — kuni 15 km päevas. Kui joon tõuseb mäkke, tuleb nivelliiri sageli üles seada, vastasel korral läheks horisontaalkiir üle tagumise lati ja puudutaks maad, jõudmata esimese latini. Kolmemeetrise lattidega töötades võib nivelliiri igas seisupunktis tõusta kõige rohkem 2,7—2,8 m.

Kui me tahame nivelliiriga tõusta Elbrusele, kulub selleks väga palju aega. Keegi pole seda aga teinudki.

Et veerand tunniga mõõta ja välja arvutada kõrgusekasv teist 30 km kaugusel asuva punktini, kasutatakse geodeetilist nivelleerimist.

Kas te mäletate, kuidas teodoliidiga saab määrata kaldenurka mäkke mineva joone mõõtmisel?

Kui teodoliidi kaldkiir juhtida mäeharjale ja lugeda teodoliidi vertikaalringilt nurk, siis võime leida, kui palju on mägi instrumendi seisupunktist kõrgem; seda loomulikult juhul, kui kaugus



Geodeetiline nivelleerimine.

mäeharjani on teada (kõige sagedamini leitakse see lõigete meetodiga).

Määrata mäe kõrgust ainult lk. 168 toodud tabeli järgi ei tohi — enne tuleb viia sisse kolm parandust, mis on tingitud maa-kera pinna kumerusest ja niinimetatud refraktsioonist, s. o. viseermiskiire murdumisest atmosfääris, ning instrumendi enese kõrgusest.

Geodeetilist nivelleerimist kasutatakse tavaliselt triangulatsioonitöödel, kus teodoliit suunatakse naabersignaali tipus olevale var-dale.

Geodeetilist nivelleerimist kald-kiirega ei saa kunagi võrrelda horisontaalkiirega nivelleerimisega, sest atmosfääri refraktsioonist tingitud teoreetiline parandus võib mitte vastata kiire tegelikule kõrvalkaldumisele, kusjuures kaldenurga määramisel tekkinud 1"—2"—line viga annab 20—30 km kohta küllalt suure ebatäpsuse.

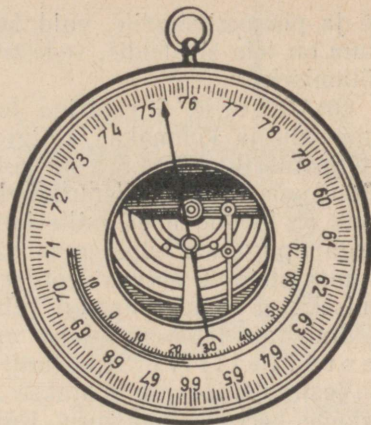
Mäeharjale tõusnud alpinistid leiavad mäe kõrguse mõnemeet-rilise täpsusega baromeetrilise nivelleerimise abil.

Nad jätavad ühe baromeetri oma baasi, mille absoluutne kõr-gus on teada, teise baromeetri aga võtavad kaasa. Kindlaksmää-ratud kellaaegadel kirjutatakse üles mõlema baromeetri näidud ning seejärel arvutatakse mõlema baromeetri näitude vahe ja lei-takse selle järgi mäeharja absoluutne kõrgus.

Varematel aegadel võtsid rändurid endaga alati kaasa baro-meetrid ja, võrreldes baromeetri näituseid lähima meteoroloogia-jaama andmetega, leidsid umbkaudu nende kohtade kõrgused, mida nad läbisid. Kuid see jaam võis asuda väga kaugel ja ilm võis seal olla hoopis teistsugune.

V. Arsenjev mainib oma instrumente loetledes alati aneroid-baromeetrit, mida ta pidevalt kasutas.

Absoluutsete kõrguste ligikaudseks määramiseks meie maa kau-getes elaniketa rajoonides, kuhu riiklik nivelleerimine pole veel jõudnud, on baromeeter täiesti asendamatu.



Aneroid-baromeeter.

OMAVALMISTATUD NIVELLIIRID

Teil tekkis võib-olla huvi nivelleerimise vastu ja tahate nüüd ise valmistada mingisuguse seadise, millega saaksite määrata, kus on maapind kõrgem ja kus madalam.

Omavalmistatud nivelliiridega võib lahendada maastikul palju huvitavaid ülesandeid ja tuua suurt kasu mitte üksnes oma koo-

lile ja pioneerilaagrite, vaid ka kolhoosile. Mida täpsem ja tundlikum on teie seadeldis, seda avaramad võimalused on teil temaga töötamiseks.

On selge, et 6-meetrine bambusest horobatt ei kõlba: ta on liiga suur ja kohmakas. Kõige lihtsam seadis on vaaderpass (vt. joonis lk. 136). See on kolmest hõõveldatud lauakesest kokku loodud võrdhaarne täisnurkne kolmnurk. Täpselt hüpotenuusi keskohta on loodud nael, mille küljes ripub lood. Kui lood ühtib täisnurga tipuga, on hüpotenuus täiesti horisontaalne. Vajutage hüpotenuusi otsesse servast võrdsele kaugusele kaks nõõpnõela viseerimiseks, ja vaaderpass on valmis.

Soovitan teile veel teist aparati, kuid juba keerulisemat — vesinivelliiri. Seda tunti juba XVIII sajandil.

Vesinivelliir valmistatakse järgmiselt. Võtke vähemalt 50 cm pikkune peenike klaastoru. Küünla, piiritus- või petrooleumilambi tulega kuumendage toru mõlemat otsa ja painutage täisnurga all U-kujuliseks, seejärel kinnitage toru traadist klambrite abil kitsa lauätüki külge. Lauatüki mõlemasse otsa vajutage nõõpnõel nii, et kaugused kummastki nõõpnõelast kuni toru vastava kõveruseni oleksid täiesti võrdsed. Toru mõlema otsa juurde liimige lauätükile pabeririba, kuhu on kantud 2-millimeetrilised jaotused algusega nõeltest. Lauatüki külge kinnitage 1,2 m pikkune teritatud otsaga kepp. Lühidalt öeldes — valmistage see nii, nagu on näidatud joonisel lk. 137.

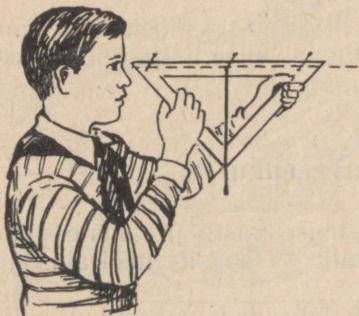
Vesinivelliiri ehituse aluseks on ühendatud anumate põhimõte. Valage torusse tindiga kergelt siniseks värvitud vett. Kui veetase tõuseb toru mõlemas otsas ühe ja sama jactuseni, on nõõpnõelte joon horisontaalne.

Valmistage kaks nivelleerimislatti. Hõõveldage õhukesed 3 m pikkused ja 0,08 m laiused laud ja katke nende üks külg valge õlivärviga. Jaotuste pealekandmiseks valmistage vatmanpaberist detsimeetripikkune trafarett, lõigates sinna žiletiga sentimeetrisuurused aknakesed (iga sentimeetri järel).

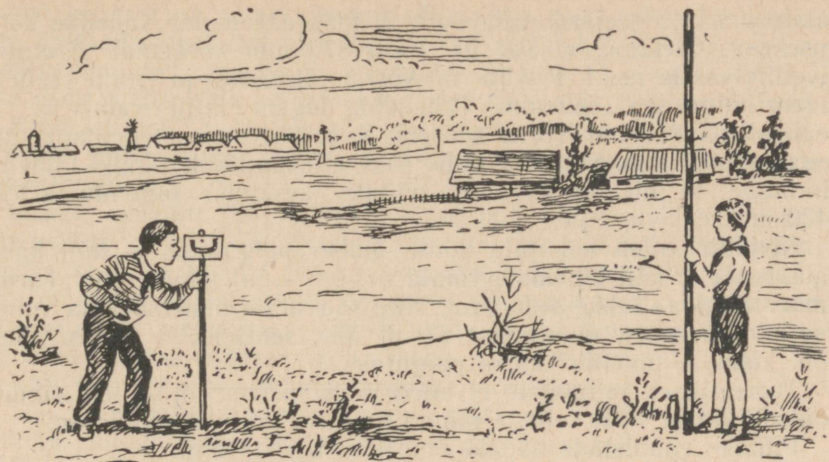
Märkige latil detsimeetrid ja, asetades trafaretti hoolikalt kohale, katke riskülikud õlivärviga: esimese meetri punasega, teise mustaga, kolmanda uuesti punasega. Soovitan korraka vähe värvi võtta ja mitte pintsliga, vaid väikese sõrmega; tõmmake sellega ettevaatlikult mööda trafareti avaust ja värv ei jookse teil kunagi laiali.

Detsimeetri numbrite jaoks valmistage samuti spetsiaalsed trafaretid, ainult ärge asetage neid latile «jalad ülespoole».

Töötamisel omavalmistatud ni-



Vaaderpass.



Vesinivelliir ja sellega töötamine.

velliiriga paigutage ta pikettide vahelise sirgjoone keskpunkti. Nivelliir on soovitatav asetada mõlema nivelleerimislati sihile, et viseerimise ajal ei tarvitseks teda liigutada.

Viiskümmend meetrit — see on maksimaalne kaugus nivelleerimislatini. Kuna nivelleerija näeb arvusid ja riskülikuid latil halvasti, võtab lugemi see, kes hoiab latti. Nivelleerija vaatleb ja annab käega märku: «ülespoole», «allapoole», ja see, kes hoiab latti, veab pliiatsiga aeglaselt piki riskülikuid, kuni nivelleerija talle hüüab: «Stopp!» Siis peatab ta pliiatsi ja teeb lugemi.

Palju täpsema omavalmistatud nivelliiri võib teha puusepa vesiloest, kinnitades sellele vastavad viseerimispeadeldised ja asetades ta kindlale alusele.

Ma ei hakka seda nivelliiri, millega mul endal tuli kunagi töötada, siin täpselt kirjeldama, vaid annan teile ainult mõningad üldised juhised.

Nööpnõelad ei kõlba viseerimiseks: nad on liiga jämedad. Ma kinnitasin vesiloe külgtahule kartongist dioptrid horisontaalselt lõigatud piluga (silmadioptr) ja horisontaalselt liimitud jõhviga (esemedioptr).

Kepp on toena ebastabiilne. Ma asetasin vesiloe lihtsalt taburetile, kuid siis võttis ülesseadmine kaua aega — vesiloe ühe otsa alla tuli asetada pilpaid või paberit. Püüdke selleks kohandada fotoaparaadi kolmjalg.

Dioptreid läbib viseerimisjoon peab olema paralleelne vesiloe teljega. Seda peate saavutama juba nivelliiri valmistamisel, vastasel korral ei kõlba teie aparaat kuhugi.

Esmalt kinnitage dioptrid nii, et viseerimisjoon oleks paralleelne vesiloe ülemise servaga. Paigaldage nivelliir võrdsele kaugusele vaiade nr. 1 ja nr. 2 vahele. Asetades mõõdulati algul

vaiale nr. 1 ja seejärel vaiale nr. 2, määrake nende vaheline kõrgusekasv. Oletame, et vai nr. 1 oli 870 mm kõrgemal. Asetage nivelliir vaiale nr. 1 10—15 m võrra lähemale ja võtke sellelt lugem. Olgu see 1540 mm. Tähendab, lugem latilt vaial nr. 2 peab olema 870 mm võrra suurem, s. o. 2410 mm, tegelikult tuli see aga 2450 mm. Sulatage nüüd jõhv ettevaatlikult liimist lahti ja kinnitage ta nii, et nivelliir näitaks keskmist lugemist, s. o. 2430 mm.

Nivelliiri tuleb teil mitu korda ümber paigutada — küll kahe vaia keskele, küll lähemale vaiale nr. 1 — ja jõhvi mitu korda ümber liimida. Tehke seda seni, kuni saavutate mõlema vaia vahelise kõrgusekasvu muutumise ainult ühe sentimeetri piires, ükskõik kuhu te nivelliiri ka ei paigutaks.

Teoreetiliselt te tunnete nivelleerimist, instrument on teil samuti kontrollitud ja võite sellega minna nüüd väljale või jõe äärde.

Püüdke valmistada näiteks oma jõeoru ristprofiil.

Kõigepealt rajage piketaaz, alustades jõesst ja suundudes mõlemale poole. Peale pikettide lööge küngaste jalameile ja tippudele, väikeste nõgude põhja ja veerudele ning terrasside astmeile veel plusspunktid.

Asetage oma nivelliir järgemööda pikettide vahele, võtke lattedelt lugemid ja joonestage seejärel profiil. Lähtekõrguseks võtke jõe veetase. Võtke selleks tinglikult 100.000.

Praegu rajatakse kolhoosides hulgaliselt tiike. Teie jõe tahtakse ehitada 3 m kõrgune tamm. Kui suures ulatuses piki jõesängi tõuseb vesi üle kallaste? Teisiti öeldes, kui pikk tuleb veehoidla? Selleks tuleb kindlaks määrata jõe lang, s. o. leida, kui suur on vee langus 1 km ulatuses.

Mõõtke jõe ääres 1 km pikkune lõik ja lööge iga 100 m järel kaldasse piketid — numbrivaiaid ja punktid — nii, et punktide ülemised otsad oleksid just veepinnaga tasa.

Kuna veetase jões päeva jooksul kõigub, lööge punktid võimalikult üheaegselt. Ehitage nivelleerimiskäik kõikide pikettide vahele. Leidnud vee languse 1 km kohta, võite välja arvutada ka tulevase veehoidla pikkuse.

Juhin aga tähelepanu sellele, et kui vesi voolab jões väga aeglaselt, siis tähendab see, et lang on väike ja on võimalik, et te seda omavalmistatud nivelliiriga ei avasta.

Tammi ehitamisel võite välja arvutada isegi tulevase tiigi mahu.

Iga 10—20 m tagant ehitage nivelliiri ja ruleti abil läbi üleujutatava jõeoru ristjooned, märkides vaiadega kõik maapinna ebatasasused, ja koostage seejärel profiilid. Arvutades välja üleujutatava ala iga profiili pindala ja korrutades kaugusega kuni naaber-ristlõikeni, saate ligikaudu teada, kui palju vett mahub teie tiiki.

Nivelleerinud samasuguse ristlõike tulevase tammi kohal, leiate tammi pikkuse ja kõrguse selle igas punktis, ning teades tammi laiust põhja ja harja juures saate välja arvutada, mitu kuup-

$100.000 + 1630 - 1780 = 99.850$, piketi nr. 1 kõrgus aga $100.000 + 1630 - 1840 = 99.790$. Edasi, kui te nivelliiri ümber paigutate, on teil vaade tagasi piketil 1 ja te teostate arvutusi lähtudes piketi 1 kõrgusest.

Nüüd joonestage profiil. Saadud arvud kirjutage lahtrisse «mustad kõrgused»; viimase, millimeetrite arvu võite ära jätta, sesi sel ei ole praktilist tähtsust.

Teil on aga tarvis leida tulevase kraavi põhja kõrgust. Neid projektikõrgusi nimetatakse *punasteks* kõrgusteks. Esimese kõrguse piketil 0 saate väga kergesti, see sõltub sellest, kui sügavalt on pinnas soostunud. Oletame, et see sügavus võrdub 0,40 m, siis on piketi 0 punane kõrgus 99.60. Järgnevalt tuleb tulevase kraavi põhjale anda teatud kallak, et vesi seal voolama hakkaks. Kallak väljendub nõndanimetatud tuhandikes, s. o. meetrite arvus ühe kilomeetri kohta. Kallak $\frac{10}{1000}$ tähendab, et ühe kilomeetri kohta on kraavi langus 10 m.

Minimaalne kallak, mille puhul vesi hakkab mööda kraavi põhja voolama, on $\frac{3}{1000}$, s. o. 3 m 1 km kohta. Kui ainult teie instrumendi ebatäpsus teid alt ei veaks! Võtame parem kallaku $\frac{5}{1000}$, s. o. 50 cm 100 m kohta, või 10 cm 20 m kohta. Iga järgmise vaia punane kõrgus väheneb eelmisega võrreldes 10 cm võrra: +20-le vastab 99.50; +40-le 99.40 jne.

Lahutades iga plusspunkti juures mustast kõrgusest punase, leiamegi, kuhu ja kui sügavaks tuleb kraav kaevata.

Kui te võtate kraavipõhja laiuseks 20 cm ja kalda kallakuks 45°, siis pole teil raske välja arvutada kraavi ülemist laiust.

Enne kui alustada kraavi kaevamist, märkige igast plusspunktist väikeste vaiakestega teie poolt välja arvutatud kraavi laius, siis tuleb kraav ühtlaselt sirge.

MAAPINNA EBATASASUSED

Nivelliiri ja mõõdulindi abil leiavad uurijad, kus asuvad ühel joonel kõrgemad ja kus madalamad kohad. Sellest piisab raudteede ja maantee ehitamisel ning kanalite kaevamisel, kuid seda ainult suhteliselt tasasel maapinnal. Kui aga kanal on lai või kui raudtee läbib mägesid, tuleb mõõdistada teatud kindla laiusega vööndid.

Uue tehase ehitamisel või olemasoleva tehase rekonstrueerimisel peavad projekteerijad esmajoones kogu pindala kohta teadma, kus on maapind kõrgem ja kus madalam. Kõige enam pööravad nad tähelepanu just maapinna ebatasasusele, reljefile.

Suuremõõdulise — 1:500, 1:1000, 1:200 — plaani järgi teevad projekteerijad kindlaks, mitte ainult kuhu, vaid ka kui kõrgele tuleb



Reljeefivormide viis liiki.

hoone ehitada, kui kõrgele rajada teed, veevärgi- ja kanalisatsioonivõrk, kus pinnast välja kaevata, kus täita jne.

Sooe kuivendamisel ja põldude niisutamisel vaatavad projekterid valmistatud plaanilt, kus on kõrgem, kus madalam ja milises suunas voolab vesi, ning märgivad ära kanalitevõrgu.

Kui teostatakse uurimistöid mingisuguse ehituse rajamiseks, mõõdistavad topograafid eriti hoolikalt just reljeefi. Maastiku üksikasjalik plaan täpselt mõõdistatud reljeefiga on vajalik selleks, et võimalikult läbimõeldult paigutada paberile kõik ehitused ja juba varakult välja arvutada mullatööde maht.

Sõjatopograafias omab maapinna reljeef suurimat tähtsust.

Oma olemuselt võib ka kõige keerulisemaid reljeefivorme, maapinna kõiki ebatasasusi jagada viide ossa, olenevalt sellest, kuhu ja kus kohalt voolab vesi:

1. Vesi voolab antud punktist kõigisse nelja külge. See on **m ä g i**, kink või kungas (olenevalt mõõtmetest). Mäe juures eristatakse latva (harja), nõlva ja jalamit. Teravat mäelatva nimetatakse tipuks.

2. Vesi voolab kahest küljest juurde, kuid samas jälle kahest ülejäänud küljest vastassuunas ära. See on s a d u l kahe mäetipu vahel. Mägisel maastikul algavad siit külgorud, mis lähevad eri külgedesse. Siit kulgevad teed üle mäekurude.

3. Vesi voolab kõigist neljast küljest antud punkti. See on n õ g u, lohk või häil. Nendel eristatakse põhja, veerusid ja perve.

4. Vesi voolab kolmest küljest juurde ja neljandast voolab välja. Olenevalt mõõtmetest ja veerude järsakusest on see kas a v a l o h k, lõhang-, sälk-, mold- või lammorg. Avalohul eristatakse kahte veeru ja voolunõva — s. o. joont avalohu põhjas, mida mööda voolab vesi. Orud — need on suuremad ja sügavamad avalohud.

5. Vett voolab juurde ühest küljest ja kolmest ülejäänud küljest voolab ära. See on s e l j a k, künnis, vall või mäehari. Seljak koosneb kahest nõlvast ja harjast. Nõlvad võivad olla kas järsud või lauged. Peaseljakust kulgevad külgharud.

Mägedes on need reljeefivormide viis liiki selgesti väljendunud. Nad esinevad ka tasasel maastikul, olgugi paljale silmale nähtamatuina: neid võib avastada ainult nivelliiri abil. Kubani stepid näivad täiesti tasastena, kuid ka seal leiab vesi, kuhu ära voolata.

Mäenõlvad võivad olla järsud, laugjad, püstloodis või astmelised.

Püstloodis tõusvat mäenõlva nimetatakse järsakuks. Lauget nõlva või veeru osa, mis madaldub järsu astanguna, nimetatakse t e r r a s s i k s. Seda astangujoont nimetatakse perveks.

Jõeorgudes on palju koolmeid, nõgusid, väikseid künkaid ja valle.

Selliseid väiksemaid maapinna ebatasasusi nimetatakse m i k r o r e l j e e f i k s. Seda ei armasta topograafid sugugi mõõdistada: sellega on alati palju jändamist, ja kui maastik on veel soine ning täis pajuvõsastikku, siis seda hullem.

Reljeefi tundmaõppimiseks oleks hea, kui te organiseeriksite lähemasse nõkku või orgu ekskursiooni. Pöörake tähelepanu väikestele kõrvalorgudele, ronige naabruses asuvale künkale ja võrrelge maapinda oma vahetus läheduses ja vastasnõlval. Kord las kub mäenõlv järsult, kord on ta jälle peaaegu täiesti lauge, ja kõiges selles reljeefi mitmekesisuses leiate te varsti tema kõik viis põhivormi.

KUIDAS JOONESTATAKSE RELJEEFI

Pöördume tagasi lk. 140 paigutatud joonise juurde. Vaadake, kui mitmekesine on see orgude, mägede ja seljakutega reljeef. Kuidas kujutada seda maastikku plaanil nii, et kõik oleks kergesti mõistetav?

Varem kujutati reljeefi viirutusega, mis joonestati risti kallakuga. Mida järsem oli nõlv, seda tihedamalt ja jämedamalt joo-

nestati kriipsud. Kuid need kriipsud muutsid kaardi segaseks ja sellele lisaks oli nende joonestamine veel väga vaevanõudev töö. Käesoleval ajal on üle mindud reljeefi kujutamisele horisontaalidega.

Mis on horisontaalid?

Kevaldel, kui lumi sulab ja kõikjal voolavad veed, meeldib pois-tele ehitada paise ja tammikesi.

Võtke tavaline sentimeetrijaotustega joonlaud, pliiats ja paber ning minge paisuga tõkestatud oja juurde.

Kui poisid ehtasid paisu, hakkas nõgu aeglaselt veega täituma. Torgake joonlaud püsti nõo põhja. Veepind tõusis 1 cm kõrgusele; joonistage silma järgi tekkinud ümmarguse lombi plaan; seejärel oodake, kuni vesi tõuseb 2 cm kõrgusele, joonistage uuesti lomp; see on juba suurem. Veepinna kõrgemale tõustes muutuvad ka lombi piirjooned.

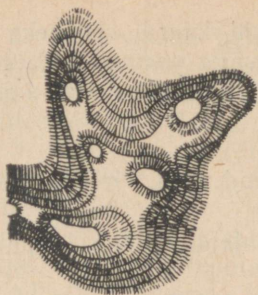
Nii tekkis teie joonisel kuus üksteise sees asuvat korrapäratut kujundit, mis näitavad veetaset iga sentimeetri järel.

Vaadake joonist tähelepanelikult. Te näete, et kõige sügavam koht asub esimese, kõige väiksema ovaali sees. Pange tähele, et seal, kus veer oli järsk, asuvad jooned üksteisele päris lähedal; neil külgedel aga, kus veer on laugem, on joontevaheline kaugus suurem.

Nende joontega ühendatakse ühel ja samal tasemel asuvad punktid. Need jooned kunagi ei lõiku. Nende punktide kõrgused on



Joonisel tekkis kuus korrapäratut kujundit.



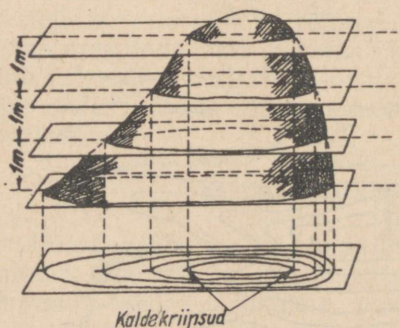
Reljeefi kujutamine viirutusega.

võrdsed, tähendab — need jooned on täiesti horisontaalsed. Seepärast nimetataksegi neid jooni horisontaalideks.

Kujutage ette mäe, mis on iga meetri järel lõigatud läbi horisontaalsete tasapindadega (vt. joonis lk. 144). Lõiked saame ovaalidena: kõige väiksem ovaal on mäelatv. Kui see läbilõigatud mägi kanda plaanile, muutuvad ovaalid üksteise sisse asetatud horisontaalideks. Ja tõepoolest, see sarnaneb lombile, kuid ainult vastupidiselt — lombi puhul kujutas kõige väiksem ovaal häilu põhja.

Pange tähele: mida järsemad on mäenõlvad, seda lähemal asuvad üksteisele horisontaalid. Seega saame horisontaalide järgi otsustada mitte ainult reljeefi iseloomu, vaid ka nõlvade järsakuse üle.

Mägisel ja künklikul maastikul on reljeef väga keeruline. Seal kulgevad pikad üksikute väljaulatuvate tippudega mäeahelikud, mille vahel looklevad mitmesuguse kujuga orud. Mäed on harva korrapärase kuju ja tasase pinnaga, nagu on seda inimeste poolt ehitatud kurgaanid; nad on alati läbitud orgudest ja kuristikest. Kui mägist maastikku lõigata terve rea horisontaalsete tasapindadega, saame väga käärulised horisontaalid; kuid ikkagi saame neist eristada reljeefi viit põhivormi: mäe, orgu, seljakut, nõgu ja sadulat.



Horisontaalsete tasapindadega läbilõigatud mägi.

Lombi puhul olid teil horisontaalid tõmmatud iga sentimeetri järel; plaanidel tõmmatakse nad: suuremõdulisel plaanistamisel — 0,25 m, 0,5 m või 1,0 meetri järel, plaanistamisel 1:50 000 ja väiksema mõõtkavaga — iga 10—20 m järel.

Reljeefiga tutvumisel huvitatakse eelkõige, kui suur on horisontaalide lõikevaheline, s. t. mitme meetri järel on horisontaalid tõmmatud.

Et horisontaalid ühendavad

ühe ja sama kõrgusega punkte, siis nimetatakse horisontaale ka nende kõrguste järgi. Erinevalt situatsioonist joonestatakse horisontaalid pruuni värviga ja suurema näitlikkuse mõttes tõmmatakse iga neljas, viies või kümnes jämedama joonega. Mõnikord, eriti mikroreljeefi puhul, kui tahame selgemalt näidata ebatasasuste iseloomu, on vajalik tõmmata põhihorisontaalide lõikevahe poolele kõrgusele abihorisontaalid; sellisel juhul joonestatakse need abihorisontaalid punktiirjoonega.

Et horisontaalidega plaani ja kaarti oleks kergem lugeda, asetatakse kallaku suunas siia-sinna väikesed kriipsud — kaldekriipsud. Kaldekriipsude järgi saame kohe eraldada mäge nõost ja seljakut orust. Horisontaalide peale kirjutatakse ka kõrgused, ja need samuti kallaku suunas (seepärast paigutatakse arvud mõnikord «jalad ülespoole»); lõpuks kirjutatakse veel pikettide ja aluspunktide kõrgused.

«Nende plaanide ja kaartide järgi küll ei taipa, kus on künnad, kus nõod, kuhu ja kus kohalt voolab vesi,» ütlete teie.

Siin pole midagi parata. Kui näed horisontaalidega plaani esimest korda, eksid tahtmatult ära nendesse looklevatesse joontesse, näed ja taipad halvasti kogu reljeefi mitmekesisust.

Et õppida horisontaalidega plaani ja kaarti õigesti lugema, on vaja eelkõige praktikat.

KAART JA KUIDAS SEDA KASUTADA

Hoopis huvitavam on lugeda kaarti mitte toas laua taga istudes, vaid matka ajal, kui lähed mööda teed, peatud vahetevahel ja võrdled kaarti maastikuga. Te määrate kindlaks ümberkaudsete külade nimed, saate teada, et varsti tuleb jõgi ja sild ning silla taga tee pöörab ja hakkab tõusma mäkke. Te võite kergesti mõõta kaardil kauguse lähema küalani, jõeni ja teelahkmeni.

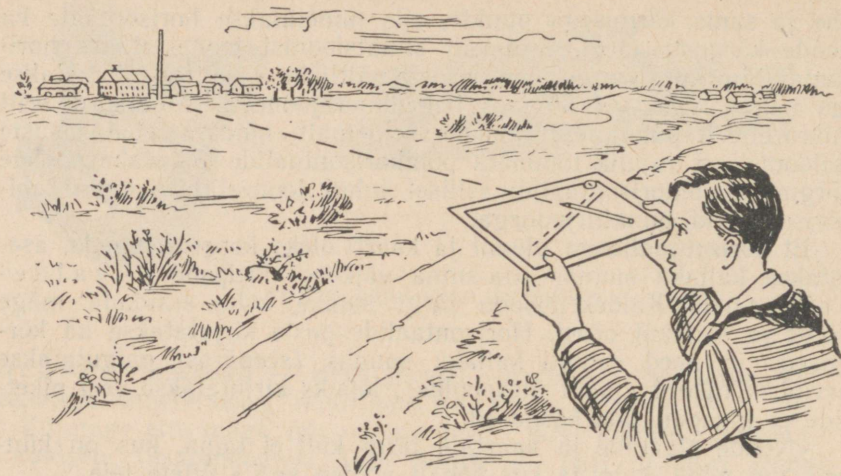
Enamasti pole turistidel kaasas mitte kaart, vaid sellest valmistatud pikk lindikujuline koopia, kuhu on märgitud täpne marsruut. Selliseid linte on palju mugavam kasutada, kuna nad on palju kompaktsemad ega kortsu; ainult te ei saa teada oma marsruudist kõrvalejäävate külade nimesid.

Vaatame tähelepanelikult lehekülgede 144 ja 145 vahel asuvat kaarti.

Koordinaatide arvu järgi, mis on paigutatud kaardi servale iga 2 sentimeetri tagant, saate teada, et selle kaardi mõõt on 1:50 000. Põhi, nagu te teate, asub kaardil üleval ja lõuna all.

Et kaardilt oleks seda kohta kergem leida, millest ma järgnevalt teile jutustan, tükeldatakse kogu maa-ala nummerdatud ruutudeks, mis asuvad koordinaatide horisontaaljoonest kõrgemal ja vertikaaljoonest paremal. Nii asub näiteks kõrgendik 339.5 ruudus 85-02.

Siin on Krutša küla, mida läbivad kaks sillutamata teed. Arv

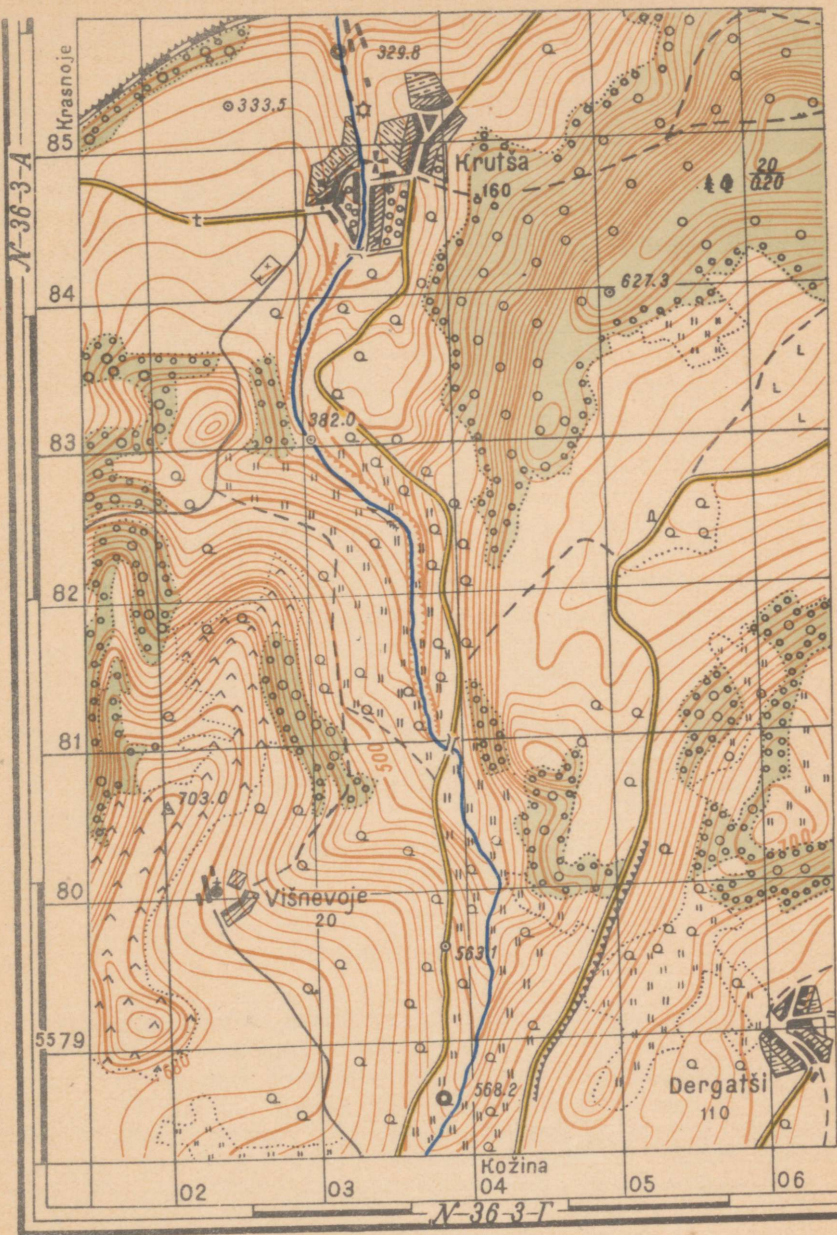


Kuidas leida oma asukohta vastulõike meetodiga.

160 küla nime all tähendab perede arvu. Arv 20 ruudus 84-06 ning selle kõrval asuv kuuse ja lehtpuu märk räägivad sellest, et on tegemist segametsaga, kus puude keskmine kõrgus on 20 m ja nende jämedus rinnakõrgusel 20 cm. Pruunid hambad oja juures näitavad nii järsku kallast, et seda horisontaalidega ei saa kujutada — need sulaksid kokku. Mustad hambad ruudus 79-04 näitavad, et seal pole tegemist loodusliku nõlvaga, vaid see on tekitatud kunstlikult (tee ehitamisel). Ruudus 83-02 asuvad kontsentrilised ringid tähistavad mäe, mitte aga auku, kuigi sinna pole joonestatud mingisuguseid kaldekriipse. See on niigi selge, sest läheduses on oja, mis voolab loomulikult mööda madalamat kohta. Ruut 82-04 kujutab endast veelahet — pikaks-venitatud kujuga sadulat, millest läände ja itta maapind madaldub, põhja- ja lõunasuunas aga kõrgeneb. Horisontaalide looked ruudus 80-03 näitavad külgorgu; selliseid orge võib kaardil leida palju.

Ruutudes 82-03 ja 83-03 lõikab tee lühikese vahemaa jooksul kahteist horisontaali, tõustes seal järelikult väga järsult — tervelt 120 m. Seda, et horisontaalid on tõmmatud iga 10 m järel, näeme sellest, kui vaatleme neid kaardi mitmesugustes osades ja vastandame kõrgusmärkidele, lugedes näiteks horisontaalide arvu kõrguse 500 (ruut 80-03) ja triangulatsioonipunkti 703.0 (ruut 80-02) vahel. Teades, et horisontaalide lõikevahe on 10 m, pole raske määrata kaardil kindlaks mistahes punkti ligikaudset kõrgust. Näiteks üksiku kalmukünka kõrgus ruudus 82-05 on umbes 525, kink ruudus 80-04 asub natukene kõrgemal kui 600.

Krutša ja Višnevoje küla vahelise kauguse võib leida mõõtsirkli abil, sammudes sellega mööda looklevat külavaheteed. Mida väiksema te võtate sirkli haarade vahe, seda täpsem on mõõtmise



Kaart mõõdus 1 : 50 000

tulemus. Pidage meeles, et üks sentimeeter sellel kaardil võrdub 500 m-ga looduses.

Matkadel saab kaardi- või marsruudilindi järgi alati leida oma asukoha või, nagu öeldakse, saab orienteeruda. Teie jaoks on küllaldane, kui märgite kaardil oma asukoha 2—3-mm täpsusega.

Hoidke kaart horisontaalselt ja pöörake ta nii, et tema kõik jooned oleksid paralleelsed vastavate joontega maastikul. Kui te lähete mööda sirget teed, siis on orienteerumine väga kerge, kontrollige ainult tee suunda teiste kõrvalasuvate kohalike esemetega, muidu võite eksida täpselt 180° võrra. Kui te asute teest eemal, võib kaarti pöörata ka kompassi järgi, teades, et vertikaaljooned kaardil vastavad tõelisele meridiaanile. Magnetilist deklinatsiooni ärge arvesse võtke.

Kui kaart on teil pööratud (orienteeritud) maastiku järgi ja kui ümbruses on mitu orientiiri ja iseloomulikku reljeefivormi, siis on väga kerge määrata oma asukohta silma järgi. Kui te lähete mööda teed, siis määrake silma järgi kaugus lähema teekäänakuni, teelahkmeni või sillani ja te leiате kergesti selle koha, kus te asute.

Oma asukoha võib leida ka vastulõike abil. Pöörake kaart piki teed nii, nagu on näidatud joonisel, leidke teest veidi eemal asetsev mingi iseloomulik orientiir, näiteks vabrikukorsten, ja asetage pliiats vabrikut tähistava tingmärgi juurde kaardil; hoides kaarti kogu aeg paigal, pöörake pliiatsit selle tingmärgi ümber, kuni ta osutab otse korstnale. Seal, kus pliiats lõikab kaardil teed, ongi punkt, kus te asute.

Kui te asute teest kõrval, siis võite leida oma asukoha teile juba tuntud Bolotovi meetodi (vt. lk. 82) abil, mis põhineb sellel, et kaardil ja maastikul tuleb leida kolm kaugemal asuvat iseloomulikku orientiiri.

Oma asukoha leiате veel sel teel, kui asute täpsemalt kahe orientiiri vahelisele sihile ja määrate kauguse üheni neist.

SOOST

Kolmekümnendatel aastatel tuli mul töötada Jahroma jõe (Moskva oblast) vasakkalda lammil.

Kogu see maastik kujutas endast tihedat läbipääsmatut sood pindalaga 13 000 ha. Künagi rajati läbi soo lai kraav. Ükskord kevadel tormas Jahroma jõgi sellesse kraavi. Nii ilmus Uus-Jahroma jõgi, millel piki kallast tekkis 100-meetrise ribana suurepärane kuivendatud luhahainamaa, selle taga aga levis tiheda lepa-võsaga kaetud mädasoo.

Selle soo kuivendamiseks tuli teostada uurimistöid kogu luha ulatuses ja eelkõige mõõdistada kogu soo territoorium mõõdus 1 : 10 000.

Piki vana kallast ja piki Uus-Jahroma jõge rajasime kaks polügonomeetrilist käiku ja sidusime need mööda olemasolevaid palkteid kolme teise käiguga; aluse kõikidesse nurkadesse püstitasime postid.

Möödistamise ühendamiseks riikliku koordinaatide süsteemiga sidusime polügonomeetrilised käigud triangulatsiooni naaberpunktidega ja oma punktide absoluutsed kõrgused saime sel teel, et alustasime nivelleerimist riiklikust nivelleerimismärgist, mis oli kinnitatud lähima raudteejaama hoone külge. Soo enese möödastamist teostasime ordinaatide meetodiga.

Kogu soo ulatuses raiuti läbi lepavõsa 200-meetrise vahemaaga paralleelsed ristsihid, mis olid otsest seotud alusega. Ristsihtidele asetati iga 100 m järel piketid — numbrivaiad ja punktid; kuna need võisid turbapinnases kergesti paigast nihkuda, siis pidid nad olema üle meetri pikad. Punktid me lõime veepinnaga tasa.

Nivelleerimist teostasime punktide järgi. Nivelleerida oli väga raske, instrumendi iga jala alla tuli lüüa pikk vai, kuid ikkagi kõikus pinnas vähimagi liigutuse juures ning vesiloe mull liikus kohalt ära.

Otsustasime siis töötada veidi teisiti. Kaks tehnikut vaatasid ühe ja sama nivelliiriga; mõlemad seisis liikumatult instrumendi kõrval: üks vaatas ainult tagumist nivelleerimislatti, teine — ainult esimest. Nõuded nivelleerimise kvaliteedi suhtes olid aga väga kõrged: selleks et määrata, kuhu hakkab voolama vesi, tuli kogu selle peaaegu täiesti tasase soo ulatuses püüda sentimeetreid.

Lõpuks valmis meil siiski horisontaalidega ja kõigi pikkude kõrgustega varustatud maa-ala plaan ning insener-melioraatorid võisid alustada kuivendusvõrgu projekteerimist.

Sõda takistas Jahroma luha kuivendustööde läbiviimist. Kuid juba sõja lõpul ilmusid esimesed ekskavaatorid ja piki vana jõe kallast kaevati peakanal, et tõkestada põhjavete juurdevoolu.

Nüüd on ümbruskonna kolhoosid saanud soolt esimesed tuhanded hektarid kuivendatud maad.

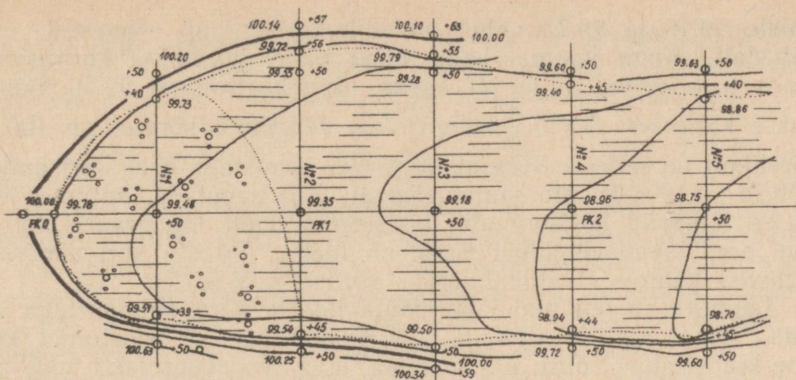
Mispärast kasutati möödistamisel just seda meetodit?

Lõigete meetodiga kantakse plaanile tavaliselt üksikuid ligipääsmatuid punkte. Polaarmeetod ei sobi siin samuti: kogu ala on lepavõsa niivõrd täis kasvanud, et iga kiire jaoks oleks tulnud raiuda eraldi siht.

Ordinaatide — ristsirgete — meetodit rakendatakse kas tasasel kinnisel maastikul (põõsastikus, metsas) või juhul, kui on tarvis sentimeetrilise täpsusega määrata iga punkti kõrgus (näiteks staadionide möödistamisel); ristsirged rajatakse siis iga 20 m ja isegi iga 10 m järel.

See meetod ei kõlba juhul, kui maastikul on palju väikesi reljeefi- või situatsioonidetaile, sest need võivad jääda ristsirgete vahele.

Horisontaalmöödistamist, kus te möödistate ainult situatsiooni, tunnete nüüd hästi. Kui teil on puusepa vesiloest valmistatud



Soo plaan horisontaalidega.

nivelliir, võite alustada ka reljeefi mõõdistamist, s. o. vertikaal mõõdistamist.

Olgu selleks 5—6 ha suurune soostunud ala, mida on tarvis kuivendada.

Te õppisite nivelleerimist ja teate, kuidas lugeda kõrgusi, oskate ekkeri või astrolaabi abil rajada ümber soo ringpiiri ja märkida maapinnale iga 50 m järel paralleelsed ristsirged. Kui maatükk on pikliku kujuga, võib ringpiiri asemele tõmmata soo keskele magistraali ja märkida sellest perpendikulaarselt mõlemale poole ordinaadid, viies nende lõpud umbes 10 m võrra soo servast eemale. Peale pikettide lööge kõikidesse +50 punktidesse ja maapinna iseloomulikesse punktidesse vaiad — numbrivaiad ja punktid. Nii saate üle kogu soo ruutude võrgu, kus ruudu külje pikkuseks on 50 m. Et mitte eksida, selleks nummerdage kõik ristsirged (ordinaadid).

Kui soo on põõsaid täis kasvanud, tuleb võib-olla sisse raiuda sihid. Need võite raiuda üsna kitsad, mitte laiemad kui pool meetrit — niinimetatud viseerimissihid. Raiumise ajal asetage tähised tihedamalt.

Joont mõttes ärge pöörake situatsioonile erilist tähelepanu. Mõõdistage ainult seda, mis võib omada tähtsust soo kuivendusprojekti koostamisel, kandke peale kõik teed, vanad kraavid, soopiirid ja metsasihid.

Lõpuks te sidusite kõik detailid, lõpetasite kõik välitööd ja tegite kõik kokkuvõtted. Nüüd võite alustada plaani joonestamist. Kandke sellele plaanile mitte ainult kogu situatsioon, mida on üsna vähe, vaid kirjutage välja ka kõikide pikettide kõrgused, samuti tuleb teil endil tõmmata horisontaalid.

Soo on väga tasane ja seepärast võib horisontaale tõmmata iga 0,25 m järel. Kui kõrgus on jaguv 25-ga, läheb horisontaal üle piketi, kuid tavaliselt kulgevad horisontaalid pikettide vahelt. Jälgige tähelepanelikult, kuidas nad kulgevad, ja te näete, et kõr-

guste 99.46 ja 99.73 vahel möödub horisontaal esimesest väga lähedalt. Kogu kaugus kahe piketi vahel jagatakse kõrgusvahedeks, s. o. antud näites 27 osaks, ning horisontaal 99.50 tõmmatakse kõrgusest $99.46 \frac{4}{27}$ kaugusele. Järgmine kõrgus on 100.20; järelikult on sellesse vahemikku tarvis joonistada kaks horisontaali (99.75 ja 100.00). Me saame täpselt välja arvutada, millistes kohtades lõikavad horisontaalid ristsirgeid, kuid topograafid tõmbavad need tavaliselt silma järgi, pliiatsiga, jagades kõrgusmärkide vahelise kauguse teatud hulgaiks võrdseiks osadeks.

Lõppeks on teil plaan horisontaalide ja kõrgusnumbritega valmis. Omal ajal te suutsite kuivendada väikese soostunud koha ühe kraavi abil. Suure soo spetsiaalset kuivendusprojekti koos paljude kraavidega ärge parem koostama hakake — topograafid sellega ei tegele —, vaid viige oma plaan rajooni melioraatori kätte. Ta märgib ära, kus ja kui sügavad tuleb kraavid rajada, ja siis, nende tulevaste kuivenduskanalite maapinnale märkimisel, nõutakse tõenäoliselt uuesti teie abi.

PLAAN JOONESTATAKSE MAASTIKUL

«Kõigist teie instrumentidest on kõige suurepärasem mensul,» ütles mulle kunagi üks tuttav geoloog. «Ta on mind juba lapsepõlves täiesti ära võlunud. Ma mäletan, kui olin veel poisike; meie, külalapsed, lennutasime karjamaal lohet. Järsku jooksis meie juurde naabripoiss: «Ruttu, ruttu! Teate, mis ma nägin!» — «Noh, mida siis?» — «Jookseme jõe äärde, muidu läheb ära». Me viskasime lohe kõrvale ja pistime kogu kambaga jooksuma. Juba eemalt silmasime imelikku, tohutu suurele valgele seenele sarnanevat eset. Ümber seene liikusid inimesed ja tegelesid millegagi. Lähemale joostes selgus, et seenekübar oli hiiglasuur päevavari. Kõige huvitavam ese asus aga päevavarju all. Seal seisis kolmele jalale asetatud ja läbipaistva paberiga kaetud väike lauake; kogu paber oli üleni paigutatud ja täis kleebitud paberiribasid.»

«See on mensulmöödistamine,» märkisin mina. «Möödistades suve jooksul vaevu-vaevu ühe planšeti, tuleb seda hoida nagu silmatera, et jooned ei kustuks ja paber ei määrduks. Selles planšeti nurgas, kus antud momendil on tarvis teostada plaanistamist, lõikavad mensulistid kalkasse aknakesed ja kleebivad nad pärast uuesti kinni. Peale selle,» lisasin ma, «on ette nähtud ehitada kalkale geomeetriline võrk.»

«Me siis vaatlesime kogu aeg seda lauda,» — jätkas geoloog oma jutuajamist. «Eriti rabas mind vasest teleskoop. See oli kinnitatud silindritaolise samba abil siledale joonlauale. Pikksilma kõrval oli suur ratas. Laua kohale kummardus sõjaväevormis mees ja joonistas midagi. «Noh, poisid, vaikselt, ärge segage,» — ütles sõjaväelane, «ma möödistan. Kui te tahate vaadata, seiske

kõrval ja ärge sagige.» Me seisime kõrvale ja vaatasime suurima huviga, mis tuleb edasi. Eemal liikusid inimesed mõõdulattidega. Sõjaväelane suunas teleskoobi järjekorras nendele inimestele, vehkis neile seejärel lipukesega ja nad läksid teise kohta. Vahetevahel nihutas sõjaväelane teleskoobi kõrvale, kummardus ja joonistas midagi lauale.

Sirkliga torkas ta planšetile punkte ja joonistas järk-järgult vähendatud kujul välja orgude kõrgusjooned koos kõigi käänakutega, samuti künkad, ojad... Hinge kinni pidades jälgisin sõjaväelase kätt. Tema pliiatsid olid hästi teritatud, jooned ja numbrid joonestas ja kirjutas ta välja üliväikselt, vaata kas või luubiga, ja joonistas oru — no lihtsalt, nagu tõeline kunstnik.»

«Mensul» tähendab ladina keeles «lauake». Ja tõepoolest sarnaneb ta kõige enam väikesele lauakesele. Kujutage endale ette massiivset kolmjalg, millele on kolme tõstekruviga kinnitatud ruudukujulise lauaga alus. Selles laual asub vineerist või alumiiniumist valmistatud planšett mõõtmetega 60 × 60 cm, millele on peale liimitud vatmanpaber.

Lauakesele asetatud vasest teleskoop on kippreegel. Tema pikksilm on palju suurem kui teodoliidil ja on parema suurendusega. Sellega on nähtavad ka kuu kraatrid, Saturni rõngas ja Jupiteri kaaslased.

Mensulmõõdistamise põhimõtetega olete te juba tuttavad. Kui te ümbruskonna inimeste imestuseks viisite väljale laua ja suunasite kolmetahulist joonlauda situatsiooni mitmesugustele esemetele, kandes seejärel need esemed planšetile ja joonestades plaani sealsamas, väljal, siis te tegelesitegi juba mensulmõõdistamisega.

Mensuli kippreegel on oma olemuselt seesama joonlaud, ainult metallist ja lame, pikkusega 50 cm, mille külge kinnitatakse alus-
toe abil, tema servaga täiesti paralleelselt pikksilm, mis on varus-



Seal seisis kolmjalgal väike laud.

tatud nagu teodoliidi juureski, ühe vertikaalse ja kolme horisontaalse kaugusmõõteniidiga.

Joonlaua serv asetatakse planšetile kantud ringikese (jaama) juurde.

Joonlaua serv suunake otse punktile, kippreegel suunake punktil asuvale mõõdulatile ja lugege niitristiku järgi kaugus ning kandke see joonlaua serva mööda planšetile¹.

Horisontaalseid nurki kippreegliga ei mõõdetata. Need konstrueeritakse planšetil, kuid jooni sealjuures tavaliselt välja ei tõmmata, kaugusmõõtjalt tehakse ainult lugem ja märgitakse see kaugus sirkliga otsekohe joonlaua serva juurde, kuhu tehakse vastav punkt.

Kaardimõõdu 1 : 1000, 1 : 2000 ja 1 : 5000 puhul torgatakse kõik mõõdistamise aluspunktid nende väljaarvutatud koordinaatide järgi juba varem planšetile; need on teodoliit või polügonomeetriliste käikude punktid ja triangulatsioonipunktid.

Mõõdistamise puhul mõõdus 1 : 10 000 ja vähem kantakse eelnevalt planšetile koordinaatide järgi sageli ainult kaks-kolm triangulatsioonipunkti, kuna ülejäänud alus ehitatakse geomeetrilise võrgu maapinnale märkimisega, lõigatakse tähiseid otse- ja vastu- lõikega ning lahendatakse Pothenot' ülesanne.

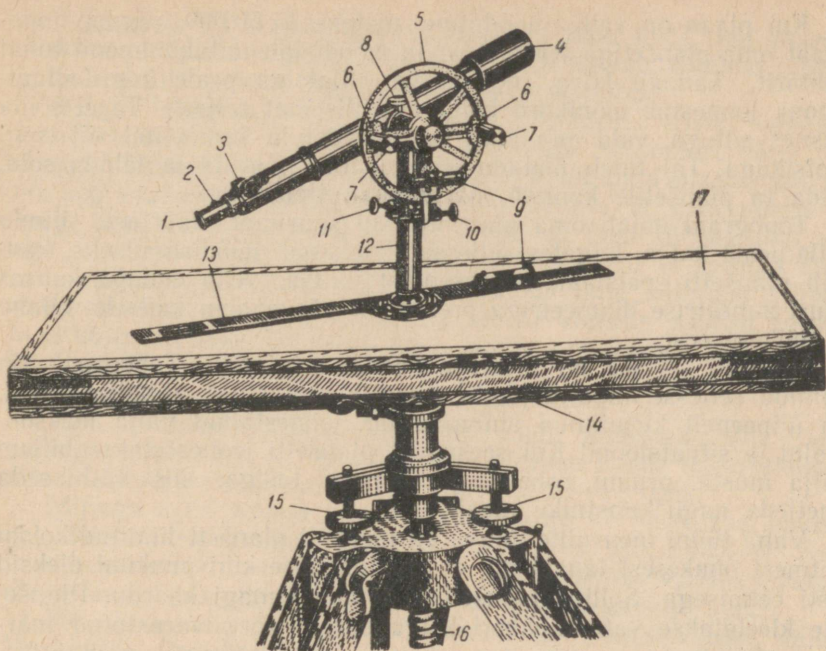
XIX sajandil ja XX sajandi algul suundusid topograafid mensuliga meie maa mitmesugustesse kohtadesse, täiesti asustamata aladele. Mensul oli kergemat tüüpi: kippreegli asemel kasutati alidaadi, mis oli väga sarnane teie omavalmistatud astrolaabiga. See kujutas endast kerget vasest kahe dioptriga lauakest, mida võis vabalt mööda planšetti nihutada ja mida oli mugav kaasas kanda.

Selle alidaadiga lahendasid topograafid Pothenot' ülesannet, lõikasid tähiseid, mäetippe, ojade ja jõgede käänakuid. Planšett orienteeriti välja eranditult bussooli abil. Kindlaid aluspunkte peaaegu ei ehitatud, ainult harva määrati kindlaks astronoomilised punktid.

Sellist mõõdistamist väiksemõõdulise kaardi koostamiseks nimetatakse poolinstrumentaalseks mõõdistamiseks. Sellisel mõõdistamisel kõrgusjooni ei tõmmatud, ainult väga harva määrati absoluutsed kõrgused baromeetrilise nivelleerimisega ja kogu reljeef kujutati viirutuse abil silma järgi. Kahjuks pole ajalugu nende kartmatute kangelaste-topograafide nimesid peaaegu säilitanud. Just sellise mõõdistamisega tegeles Ussuuri krai ürgmetsades ka V. Arsenjev.

XIX sajandil teostati Siberis kaardistustöid veel lihtsamal viisil, mööda jõgesid.

¹ Mõõdulattide asetamise kaugus sõltub plaani mõõdust. Mõõdu 1 : 1000 puhul ei saadeta mõõdulatti kaugemale kui 100 m (kasutatakse äärmist vasakpoolset mõõdulatti), kuid mõõdu 1 : 25 000 puhul, mil on küllaldane kuni 5-meetrine täpsus, võib mõõdulatti saata ka 800 m kaugusele, kui selle jao- tused on ainult nähtavad (kasutatakse ülejäänud mõõdulatte).



Kippreegel ja mensul: 1 — okulaar; 2 — niitistik; 3 — kremaljeer; 4 — objektiiv; 5 — vertikaalring; 6 — alidaadi vernjee; 7 — luubid; 8 — pikk-silma kinnituskruvi; 9 — vesilood; 10 — alidaadi mikromeeterkruvi; 11 — alidaadi kinnituskruvi; 12 — alus; 13 — joonlaud põikjoonelise mõõtkavaga; 14 — mensuli laud; 15 — tõstekruvid; 16 — põhikruvi; 17 — planšett.

Liikudes lootsikutel piki jõgesid määrasid topograafid bussooli järgi jõekäänakute vahelised suunad (asimuudid). Kaugus mõõdeti aga ajaga, mis kulus lootsikul kahe käänaku vahelise jõeosa läbimiseks; ühtlasi märgiti ära harujõgede suudmed ja teised iseloomulikud orientiirid.

Aeg-ajalt ehtasid nad astronoomilisi punkte.

Mõnikord kasutasid topograafid lootsikute asemel hobuseid; kaugust mõõdeti siis ajaga, mis kulus ratsutades antud teeosa läbimiseks.

Iseenesestki mõista olid selliste kaartide kaardimöödud veelgi väiksemad — umbes 1 : 1 000 000.

KÕIGE VÄÄRTUSLIKUM

«Mis on maailmas kõige väärtuslikum?» küsiti ühelt topograafilt-mensulistilt.

«Kõige väärtuslikum? Muidugi mensuli planšett,» vastas topograaf kõhklematult.

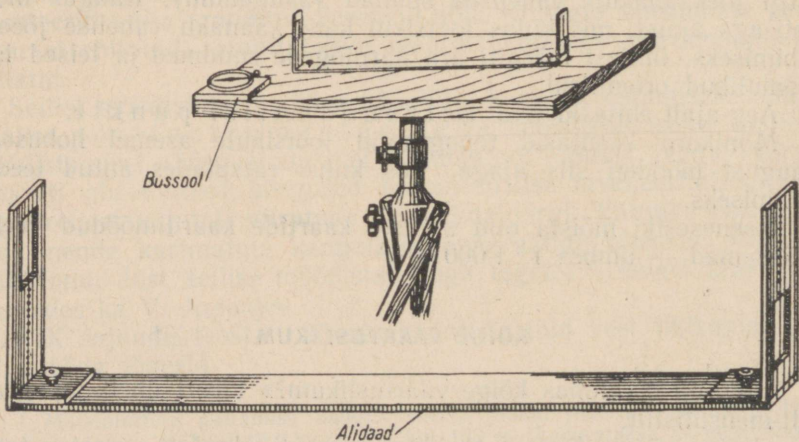
Kui plaan on väiksemõõduline, näiteks 1 : 50 000, rändab topograaf oma planšetiga terve suve ja mõõdistab mitukümmend tuhat hektarit, kannab kõva, nõelterava pliiatsiga peale kogu situatsiooni, joonestab mõnikord kõige keerulisemat reljeefi. Ta ei sõida üksnes autoga, vaid mõnikord ka põtradel ja kaamelitel või isegi lootsikuga. Tal tuleb ületada kiirevoolulisi jõgesid ja läbida soid, mida ta planšetile kannab märgiga «mitteläbitav».

Topograaf hoiab oma planšetti kui suurimat väärtust: liimib selle peale kalka, lõigates sellesse aknakesed mõõdistamiseks, kannab planšetti spetsiaalses presendist kattes, veab endaga kaasas suurt 2-meetrise diameetriga presendist päevavarju kaitseks vihma ja päikese eest.

Planšett — see on tulevase kaardi originaal. Topograaf on pannud sellesse niipalju jõudu, niipalju armastust, niipalju kunsti, on ülipeenelt kirjutanud sinna arvud, joonestanud välja horisontaalid ja situatsiooni! Kui seesugust planšetti joonestatakse hiljem välja musta, pruuni, rohelise ja punase tušiga, siis võib seda imetleda nagu kunstniku maali.

Vana tüüpi mensulite juures on mensuli planšett liimitud kokku mitmest õhukesest lauast nii, et iga järgmise kihi puukiud oleksid risti eelmisega. Selline planšett ei tõmbu kunagi kaardu. Planšetile kleebitakse vatmanpaberi kõige parem sort, varustatud märgiga «Гознак».

Paber liimitakse planšetile järgmiselt. Võetakse planšetist natuke suurem vees leotatud paberileht; selle alumine külg kaetakse vahulelöödud munavalgega ja laotatakse ettevaatlikult üle laua; paberi ääred murtakse alla ja liimitakse kinni tärklisekliistriga pikkade tavalisest paberist ribade abil. Planšetti rätikuga kergelt siludes kõrvaldatakse paberi alt kõik õhumullidest tekitatud



Kergemat tüüpi mensul alidaadiga.

ebatasasused. Ei maksa ennast sellest häirida lasta, kui planšett siiski ei jää päris tasaseks: hommikuks ta kuivab, tõmbub pingule ja paberi alla jäänud õhumullid on kõik kadunud.

Keegi topograaf, ehmudes neist mullidest, triikis planšetti kuuma triikrauaga; paber kleepus planšetile tõepoolest väga ühetasaselt. Midagi aimamata valmistas ta kolm kuud plaani, kui aga oli aeg eraldada paber planšetilt, siis selgus, et seda polegi nii kerge teha. Tavaliselt tuleb plaan iseenesest laua küljest lahti, siin aga ei saanud teda kuidagi eraldada. Topograaf ei saanud algul aru, milles viga seisab, siis aga meenus talle triikraud. Munavalge keedeti triikraua all ära ja paber kleepus niivõrd kõvasti laua külge, et seda tuli terve päev žiletiga millimeetri haaval lahti käristada.

Minuga juhtus kord järgmine lugu.

1951. a. suvel töötasin ma NSV Liidu lõunaosas ühe linna vahetus läheduses, — mõõdistasin tulevase suure tekstiilikombinaadi ehitusplatsi pindalaga 450 ha mõõdus 1 : 1000¹.

Minuga koos sõitsid vanemtehnik Vanja — väga hea mensulist, üliõpilane-praktikant Serjoža, üheksanda klassi õpilane Saša ja kaheksanda klassi õpilane Tanja. Meie elasime väikeses valges majakeses. Toas oli meil «kontor», ise aga magasime aias.

Me olime oma tööd juba lõpetamas ja valmistasime sõitma Moskvasse. Projekteerijad ootasid mind, sest varsti pidid algama kombinaadi ehitustööd. Kokku oli meil mõõdistatud kakskümmend üheksa planšetti². Planšette ei liiminud me ise munavalgega, vaid tõime nad kaasa valmis kujul, s. o. kleebituna vineerile; mõõdistamise ajal kinnitasime nad naeltega mensuli laua külge.

Meie planšetid tulid välja väga ilusad. Põigiti läbi kogu maatüki kulges kahe muldkeha vahel suur niisutuskanal, millest eraldusid teised kanalid. Maa-ala piiril kulgesid kaks puudega ääristatud maanteed. Ühel pool asusid puuvilja- ja teisel pool kõõgiviljaaiad. Harvalt looklesid kummalise kujuga hirsontaalid.

Õhtuti vaatasin ma sageli planšetid läbi, otsides mõningaid puudusi ja, tõtt öeldes, imetlesin meie tööd: tehnik Vanja oli need väga hästi välja joonestanud.

Jäi plaanistada viimane, kolmekümnes planšett.

Ükskord olid minu abilised kõik väljas. Juhuslikult pöördusin ma külla tagasi varem kui tavaliselt. Ilm püsis ilus ja ma olin kõige paremas meeleolus. Mind rõõmustas nii selle suure vastusriikka töö lõpetamine kui ka eelseisev tagasipöördumine Moskvasse... Ja järsku märkasin ma aprikoosiaia taga musta suitsupilve, umbes sealpool, kus seisis meie tare.

¹ Tavaliselt tuleb mõõdistada mitte üksnes kombinaadi enese pindala, vaid ka seda ümbritsev territoorium — elamurajoon, abiettevõtetele kuuluv maa-ala, raudtee juurdesõidutee, veevärgi, kanalisatsiooni jne. trassid.

² Kaardimõõdu 1:1000 puhul mahub igale planšetile 25 ha, kuid mõned planšetid polnud täis.

Ma kiirendasin samme, jõudsin künkale ja nägin seda, mida nimetatakse vapustavaks vaatepildiks: meie tare oli igast küljest haaratud lekidest. Eksida polnud võimalik. Ma eraldasin teda teiste seast kahe püramidaalse papli järgi. Tare ümber jooksis palju rahvast, tassiti ämbreid, lammutati aeda...

«Planšetid! Kakskümmend üheksa planšetti! Nurgas fiikuse all!» põletas mind mõte.

Ma jooksin nii kiiresti, nagu ma seda palju aastaid polnud teinud.

«Me ei või, ei või nurja ajada ehituse tähtaega!» mõtlesin joostes. «Löön akna puruks ja hüppan tarre...»

Lähemale jõudes nägin, et ei põlenud mitte tare, vaid tema ees olev küün. Kuid ka tare pilpakatus oli tuld võtmas; seal seisis peremees pojaga ja kui tuul paiskas sinna küünist lendavaid põlevaid õletuuste, valasid nad katusele ämbritest vett.

«Teie asjad on terved!» hüüdis mulle keegi. «Nad on kirsipuuaias plangu ääres!»

Ma sööstsin sinna... Jooksin kirsipuude juurde. Siin on kohver, hunnik palituid, teodoliidikast, punetab lõpuni söömata arbuus... Aga planšetid? Kus on planšetid?

Jooksin tare juurde, mis hakkas parajasti tuld võtma. Tormasin sisse, vaatan — fiikus on välja viidud, aga kõik planšetid lamavad hunnikus põrandal. Kahmasin nad suure vaevaga sülle ja hakkasin välja viima.

Samal momendil kihutas kohale tuletõrjeauto. Tuletõrjujad kerisid vooliku kiiresti lahti ja ma nägin, kuidas nad suunasid selle minu poole.

Joosta sellise raske ja ebamugava kandamiga ma ei saanud.

Veejuga juhiti lekidesse, tuli sisises; ma jõudsin aga siiski välja hüpata.

Mõne minuti pärast oli tuli kustutatud.

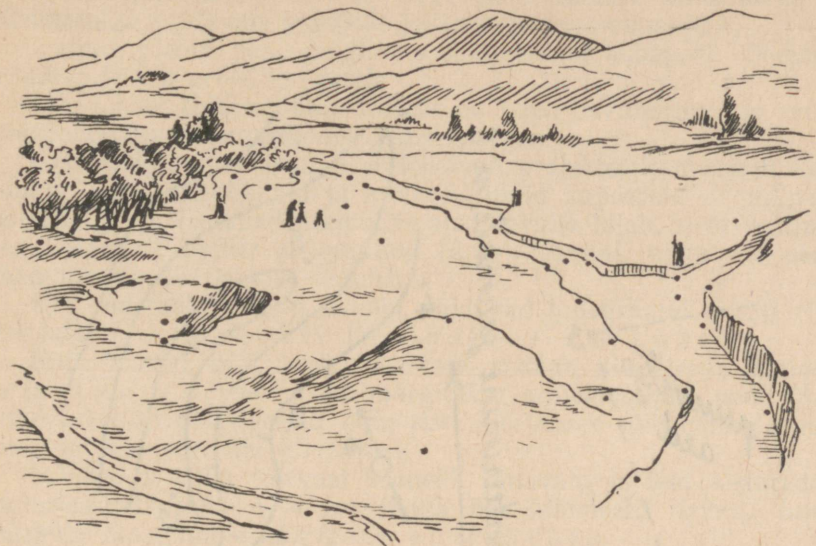
TEHASE E HITUSTANDRIL

Kui tulevase tehase ehitusplats on võrdlemisi väike, alla 50 ha, siis mõõdistavad topograafid selle mõõdus 1 : 500 või 1 : 1000.

Tavaliselt võtavad nad endaga kaasa mitte mensuli (kuna see on väga kogukas), vaid teodoliidi ja nivelliiri ning alustavad tööd aluspunktide rajamisega. Mõõdistamisel mõõdus 1 : 1000 on iga hektari kohta tarvis vähemalt üks aluspunkt. Osa punkte kindlustatakse metallist või betoonist märkidega. Punktid seotakse seejärel teodoliitkäikudega ja nivelleeritakse.

Kui alus on mõõdetud, välja arvutatud, seotud ja koordinaatide järgi tulevasele plaanile peale kantud, siis alustatakse maa-ala tahhümeetrilist mõõdistamist.

Tahhümeetriline mõõdistamine viiakse läbi teodoliidiga polaarmeetodil, lähtudes aluspunktidest. Kaugus mõõdulattideni määrab



Tahhümeetiline mõõdistamine. Punktidega on märgitud kohad, kus seisid töölisid lattidega.

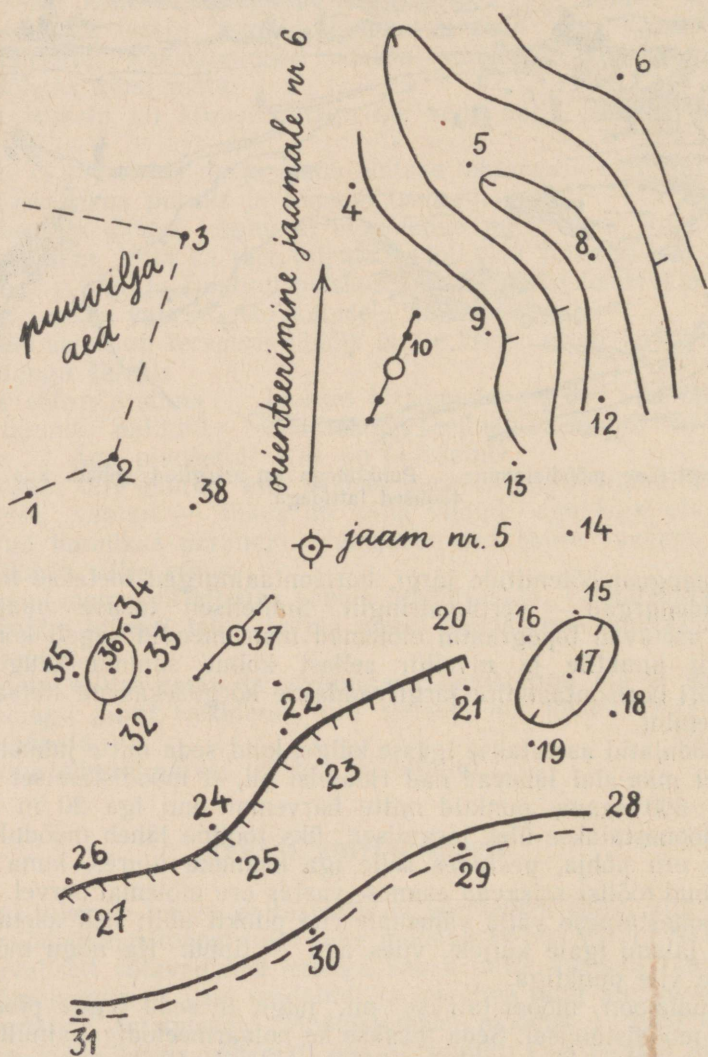
takse kaugusmööteniitide järgi, horisontaalnurgad loetakse libilt ja kaldenurgad — vertikaalringilt. Suhteliselt tasase maapinna korral asetavad topograafid mõlemad instrumendid sageli kõrvuti: teodoliit punktile ja nivelliir sellest kolme sammu kaugusele. Nivelliiri horisontaalkiire järgi saadakse kõrgusekasvud lihtsamalt ja kiiremini.

Möödulatid asetatakse igasse külge, kuid seda mitte juhuslikult. Tasasel maa-alal lähevad nad ridamisi nii, et mõõdistamisel möödus 1 : 500 saame punktid mitte harvemalt kui iga 20 m järel. Orud joonestatakse üles järgmiselt: üks tööline läheb möödulatiga mööda oru põhja, peatudes selle iga käänaku juures, kuna kaks ülejäänud töolist seisavad esimese vastas oru mõlemal perval. Künkad joonestatakse välja vähemalt viie punkti abil: neli asetatakse künka jalamil igale küljele, viies aga — tippu. Ka nõgu mõõdistatakse viie punktiga.

Situatsioon mõõdistatakse nii, nagu te seda tegite pioneerialagri mõõdistamisel. Seda tehakse ka polaarmeeodiga, ainult kaugusi punktidest hooneteni ei määrata mitte kaugusemööõtjaga, vaid möödulindiga ja hoone übermöööt leitakse ruleti abil.

Leheküljel 157 asuval joonisel on hästi näha kogu mõõdistamise käik. Samaaegselt mõõdistamisega joonistatakse ka üksikasjaline abriiss.

Spetsiaalsete tabelite abil mõõdetud kauguse ja kaldenurga järgi arvutatakse välja kõrgusekasvud, mille alusel leitakse kõigilatipunktide kõrgused. Hiljem kantakse punktid malli abil plaa-



Tahhümeetrilise moodsistamise abriiss

nile. Silmamõõdulise abrissi järgi joonestatakse situatsioon ja tõmmatakse vastavalt punktide kõrgustele horisontaalid¹.

Valmis plaani peab tingimata kontrollima kohapeal. Seejärel antakse ta üle projekteerijatele.

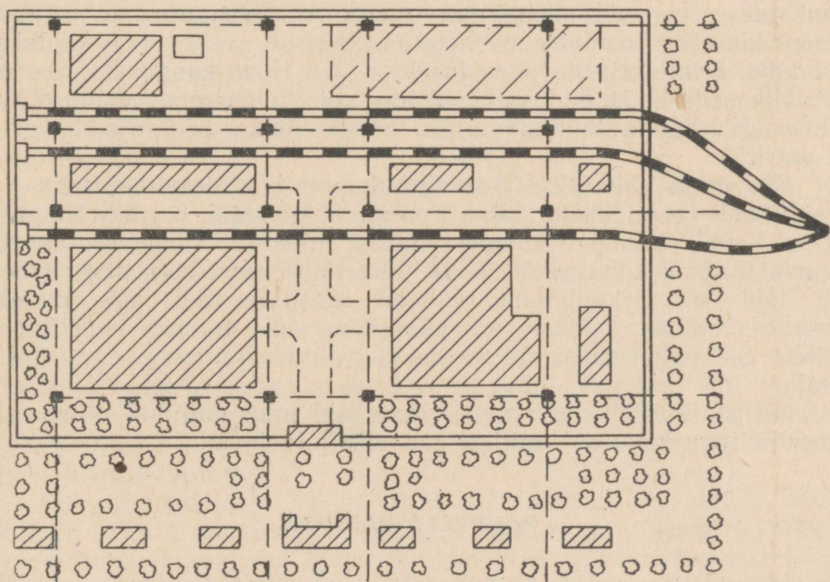
Uue tehase ehituse põhijooniseks on kogu territooriumi ja sinna juurde kuuluva elamurajooni generaalplaani.

Generaalplaani koostamisel lõikavad projekteerijad sageli kartongist välja ristkülikuid ja mitmesuguseid kujundeid — tulevase hooneid — ja laotavad need maa-ala plaanile laiali, neid sealjuures korduvalt ümber paigutades, täpselt samuti, nagu me seda raamatu alguses kunagi tegime.

Kui generaalplaani on valmis, sõidavad topograafid uuesti ehitusplatsile, et projekti loodusesse üle kanda.

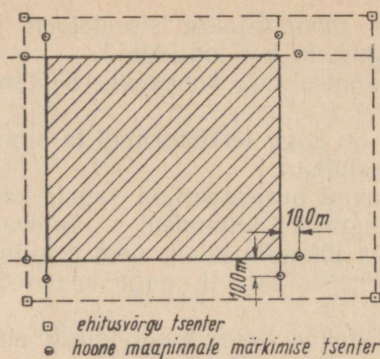
Kõik hooned, kõik teede, tänavate, aedade, kõnniteede, majade ja isegi puude ridade jooned märgitakse projekteerijate poolt üksteisega täiesti paralleelselt ning risti. Seejuures võib maa-ala pikkus ulatuda isegi üle kilomeetri.

Selleks, et kõiki tulevase hooneid, tänavaid ja teid «istutada» loodusesse täpselt, 3–4 cm veaga ühe kilomeetri kohta, tuleb märkida maapinnale kõigepealt ehitusvõrk.



Ehitusvõrgu maapinnale märkimise projekt.

¹ Te võite nüüd ise teostada väiksema maa-ala tahhümeetrist vertikaalmõõdistamist, ainult kaugused punktideni mõõtkte harkmõõtjaga ja kõrgusekasvud leidke kas omavalmistatud nivelliiri või eklimeetri abil. Te tunnete topograafiat juba niivõrd hästi, et tulete selle tööga kindlasti toime.



Nii märgitakse ehitusplatsil maapinnale üksikud hooned.

tamisel hävida, sest nad satuvad hoonete või teede alla.

Võrk märgitakse maapinnale 30"-lise täpsusega teodoliidiga ja kontrollitud mõõdulindiga või veelgi täpsemate riistadega. Täiendavalt mõõdetakse nurgad kõigi betoonist tsentrite juures. Kui kõik kõrvalekaldumised võrgu juures on lõplikult arvesse võetud, hakatakse hooned maapinnale märkima. Seejuures ei asetata tsentrid mitte tulevaste hoonete nurkadesse, vaid need kantakse kõrvale, seinte telgede pikendusele — 5—10 m kaugusele. See on vajalik selleks, et nad säiliks kas või vundamendi valmishitamisenigi. Iga ristkülikukujulise hoone jaoks on vaja kaheksa tsentrit.

Kui maja ehitatakse 5-sentimeetrilise kõrvalekaldumisega, ei pane seda keegi tähele. Samuti pole midagi katki, kui üks Volga—Doni kanali kolmeteistkümnest lüüsis nihkuks mõne sentimeetri võrra ükskõik kuhu poole. Kuid juba lüüsi sees, betoonist osades, ei tohi kõrvalekaldumine ületada sentimeetritki: aga metall-osades, näiteks lüüsi kandetappides, ei toimu 1-millimeetrilise vea puhul lüüsi sulgemise ja avamise protsess enam sujuvalt.

Sellist täpsust saavutavad geodeedid juba palju täiuslikumate meetoditega kui need, millest ma siin jutustasin.

RAUDTEED RAJAMAS

Uurimisgrupi ülem saabub kohale, et selgitada, kust peab läbi minema uus, kahte linna ühendav raudteeliin. Temaga on kaasas tema asetäitja, kaks nivelleerijat, pikettija, töölisi inimest viisest — mõõdistajad, nivelleerimislai-hoidjad ja raiujad. Portfellis on grupi ülemal kaart, kõige täpsem, mis üldse on olemas, kuid ikkagi võrdlemisi väiksemõõduline; kaardil on märgitud kaks trassi varianti: mööda ühe jõe orgu ja mööda teise jõe orgu.

See võrk, s. o. paralleelsed ja perpendikulaarsed põhijooned, millete lõikepunktidesse ehitatakse betoonist tsentrid väljaulatuva metallvardaga, peab olema maapinnale märgitud nii, et hoonete ja teede ehitamise käigus kõik tsentrid säiliks ja et igast tsentrist oleks võimaluse korral näha vähemalt kahte naabertsentrit.

Sealjuures tekivad võrgu joonte vahel erinevad kaugused.

Mõnikord aga, vastupidi, märgitakse võrk maapinnale võrdsete vahemaadega (100—200 m järel), kuid sel juhul võivad tsentrid ehi-

Kogu grupp siirdus maastikule. Kõige ees läks ülem binokli, kompassi ja eklimeetriga; temaga koos läksid veel kolm raiujat.

Trassi tuleb osata nii rajada, et oleks tõepoolest valitud kõige parem variant. Minimaalsete mullatööde juures ei tohi raudteeliin liialt loogelda ja tõuse ei tohi projekteerida üleliia järskudena. Kuid maastik on mõnikord selline, kus, nagu öeldakse, isegi kurat murrab jala. Rippuvad kaljud mäestikujõgede kohal, tuulemurruga põlismetsad, sood...

Suuna valimisel on kogu grupp ülemale abiks.

«Noh, kuidas on, seltsimehed, kuhu edasi minna?»

«Aga kui minna teisele poole jõge? Seal nagu pole nii järsk.»

Mõnikord võib taibukas tööline esitada õige lahenduse. Üks nupp on hea, aga kaks on veel parem.

Kuid kaugeltki ei piisa üksnes kogemustest ja silmamõödust. Appi tuleb teodoliit.

Eriti kinnisel maastikul, näiteks taigas, aitab meid suuresti reljeefi tahhümeetriline mõõdistamine mööda kitsast (50—200 m) vööndit. Selle vööndi kohta mõõdus 1:2000 valmistatud horisontaalidega plaani järgi võib juba õhtul telgis kaalutleda ja arutleda, milline variant on parim.

Garin-Mihhailovski kirjeldab oma «Insenerides» väga värvikalt raudtee-alaseid uurimistöid, kuid meie vaatekohast ebaõigesti. Uurijad liiguvad peaaegu 10—15 km päevas, pöörates sealjuures vähe tähelepanu maastikule. Lugejal jääb mulje, et pole erilist põhjust selle üle pead murda, kuhu nimelt rajada trass. Kuid mõnikord annab kurvi nurga muutmine 1° võrra riigile sadu tuhandeid rubla-sid kokkuhoidu.

On üks asi, mis seob grupi ülemat kätest ja jalust. See on piirkallak, millest järsemalt ei tohi raudtee ei tõusta ega laskuda.

Magistraalliini uurimisel võib iga kilomeetri kohta tõusta kõige rohkem 10—11 m.

Grupi ülem rajab trassi mööda mäeorgu. Seni kui kallak lubab, rajab ta seda mööda ühte kallast, kuid maapind pidevalt tõuseb ja trass hakkab kaevuma maasse. Et hoida kallakut, võib ületada jõe ja seejärel pöörduda oma kaldale jälle tagasi. Kuid org muutub järk-järgult ikka kitsamaks ja jõe lang muutub suuremaks. Kuhugi pole enam pöörduda.

Beloretšenskaja ja Tuapse vahelisel raudteel on selgesti näha, kuidas uurijad on kombineerinud, et Kaukasuse mäeaheliku ületamisel lubatud kallakust kinni pidada. Nad pöördusid trassi külgorgudesse, kuid ka need laskusid üleliia järsult. Seejärel pöördusid nad uuesti ja tungisid tunneliga otse mäest läbi; see tunnel tegi suure sõlme ja uurijad jõudsid taas endisele trassile, kuid nüüd olid nad sellest juba 25—30 m kõrgemal. Lubatud kallakust oli aga kinni peetud.

On selge, et sõlmed muudavad tee pikemaks ja tunnelid teevad ehituse kallimaks, kuid midagi pole parata — piirkallak!

Maanteed võivad kulgeda palju järsema kallakuga, tõustes 1 km kohta 50 ja enam meetrit, ja seepärast rajatakse neid just sellistesse kohtadesse, kus raudteede ehitamine nõuaks tohutu suuri kulusid.

Selline on näiteks tuntud Pamiiri trakt Ošist kuni Horogini, mis lõikab kolme üle 4000 m ulatuvat mäeharja.

Mul tuli sõita autoga mööda mägist maastikku Stalinabadist Kuljabi. Kaugus kaardil mööda sirgjoont on 110 km, meie aga läbisime sõlmi tehes, tõustes ja laskudes 215 km.

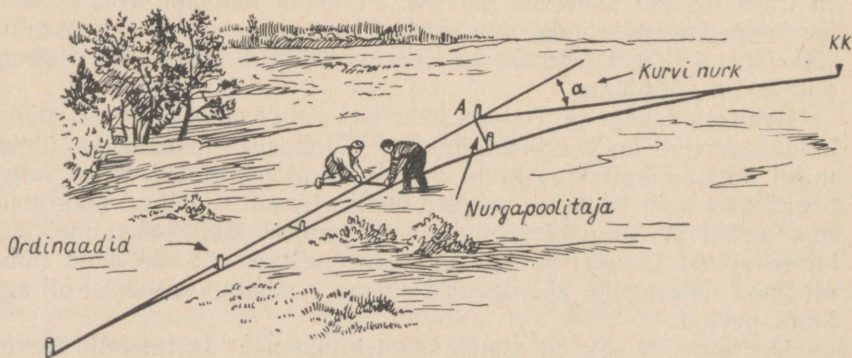
Pöördume tagasi meie grupi ülema juurde. Lõpuks on trassi parim variant välja valitud. Töölised raiuvad sihi, kaks mõõdis-tajat ja pikettijat lähevad mõõdulindiga ning löövad iga 100 m järel maasse piketi, samuti lüüakse vai-plusspunkt maapinna iga ebatasasuse kohale. Pikettija joonistab kogu aeg piketaazi raamas-tusse situatsiooni. Osa situatsioonist, umbes 20 meetri ulatuses mõlemal pool trassi, joonistab ta silma järgi, kuna tähtsamad esemed, näiteks hooned, seob ta ruleti abil.

Raudteetrass kulgeb harva mööda sirgjoont; ta pöörduv alata-sa, minnes ümber mägede, ületades orge ja jõgesid peaaegu 90° nurga all.

Trassi kurveliste osadega näeb pikettija alati palju vaeva. Tal tuleb märkida maapinnale kõveraid.

Grupi vaneminsener, liikudes teodoliidiga eespool mööda trassi, jõuab mingisuguse punktini ja ehitab selle punkti juures nurga, oletame paremale. Kuid rongid ei sõida ju mööda murdjoont. Nagu näha, liigub vaneminsener mööda kaht kindlaksmääratud raadiusega ringjoone puutujat.

Omaval ajal me märkisime pioneerilaagris teiega maapinnale teede käänakud nõõri või ruleti abil, kasutades neid suurte sirkli-tena. Kuid seal piisas sellest, kui võtsime kõvera raadiuseks 10 m. Raudteede magistraalliinidel võrdub see raadius 500—1000 m. Nii-sugust kõverat ei saa aga enam maapinnale märkida ringjoone keskpunktist.



Nii märgitakse maapinnale kõver.

Köver märgitakse maapinnale spetsiaalsete tabelite järgi, mitte ringjoone tsentrist, vaid lühikeste ristsirgete abil mõlemast puutujast; kuid esmalt on tarvis leida nende tabelite järgi ja märkida maapinnale kõvera (KK) algus- ja lõpp-punktid ning tõmmata nurga tipust nurgapoolitaja A.

Pikettijast tagapool liiguvad teineteise järel kaks nivelleerijat, kes nivelleerivad pikette ja plusspunkte.

Õhtul joonestatakse väljaarvutatud kõrguste — mustade kõrguste — järgi välja trassi ristprofiil. Väljajoonestatud profiili järgi tõmbavad uurijad tulevase raudteetammii pinnajoone. Seda projekteeritud joont nimetatakse punaseks jooneks ja selle juurde kuuluvad kõrgused kirjutatakse punase tušiga. Seda püütakse tõmmata nii, et pinnast tuleks sealjuures võimalikult vähe välja kaevata ja et väljakaevatud mulda saaks kasutada seal samas raudtee muldkeha valmistamiseks. Profiili järgi arvutatakse, kui palju tuleb pinnast üldse välja kaevata ja tammiks kuhjata.

Uurijad märgivad veel, kuhu tuleb ehitada jaamad, teelahkmed, sillad, truubid, ülesõidukohad ja teised raudtee-ehitused.

Kui alustatakse raudtee ehitamist, on geodeedid ehitajate alalisteks kaaslasteks.

Uurijad asetasiid iga 2 kilomeetri järel trassi kõrvale reeperi; nüüd näitavad geodeedid, lähtudes nendest reeperitest, nivelliiri abil täpselt, kus ja kui palju kaevata, kus ja kui palju täita, ning kontrollivad hiljem valmis raudteetammil rööbaste kohaleasetamist.

AEROFOTOMÕODISTAMINE

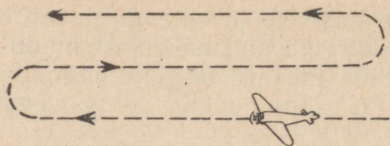
Lennukilt alla vaadates näib kõik tegelikkusega võrreldes hoopis teistsugusena — paistab, nagu ei laotuks all mitte maastik, vaid kaart. Mitmevärvilised põldude riskülikud, heledad teede niidid, tumesinised jõgede linnid, mängumajakesed, tänavad nagu kraavikesed — kõik täpselt nagu kaardil.

Sõjalisteks eesmärkideks — vaenlase kindlustuste kindlakstegeviseks — kasutati lennukilt fotografeerimist laialdaselt juba Esimese maailmasõja ajal¹.

Selliste fotode kaardiks muutmine nõuab aga veel väga palju tööd. On ju teadmata nende ülesvõtete kaardimoot, ehkki on ilmne, et mida kõrgemal lennuk lendab, seda väiksem on see moot. Seejuures võib lennuk, ning järelikult ka temale kinnitatud fotokamera, pildistamise momendil natukene kallutuda, ja see kallutus on vältimatu isegi nõrga tuule korral.

Oletame, et võte oli tehtud juhuslikult siis, kui lennuk lendas horisontaalselt, kuid tegelikult kujutab endast maastiku täpset pilti ikkagi ainult võtte keskkohat; mida kaugemale pildi äärte

¹ Esmakordselt rakendas vaenlase positsioonide fotografeerimist aero-staadilt vene ohvitser V. Naidjonov Vene-Jaapani sõja ajal 1904. a.



Lennuki marsruut aerofotomõõdistamisel.

poole, seda suurema kaldenurga all tulevad esemed ja seda rohkem nad moonduvad, eriti mäed.

Ühesõnaga, lennukilt tehtud ülesvõtet — aerofotot — ei saa kasutada kaardina. Ometi saavad topograafid sellega kätte suurepärase võtme, mille abil, pärast

tervet rida menetlusi, saab neid ülesvõtteid muuta tõeliseks ja täiesti vigadeta kaardiks.

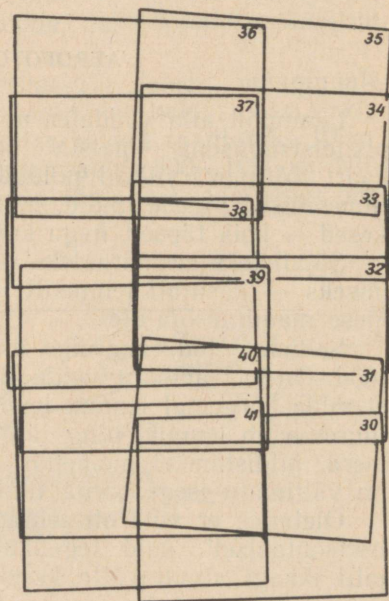
Põranda külge monteeritud suure fotoaparaadiga lennuk ei tee mitte ühe, vaid sajad võtted. Ta lendab võimalikult mööda sirgjoont, pöörduv seejärel järsult ja lendab paralleelselt eelmise lennusuunaga, pöörduv uuesti ja lendab jälle eelmisele suunale paralleelselt jne.

Nii saadakse ülesvõtted järjestikku, kusjuures need osaliselt katavad üksteist; samuti katavad järgmisel lennusuunal tehtud ülesvõtted osaliselt eelneval lennusuunal tehtud ülesvõtted.

Maastikul leidub ikka mõningaid punkte, millede koordinaadid on teada ja mis on aerofotol selgesti näha. Need on, esiteks, laiade kraavidega ääristatud triangulatsioonipunktid ja, teiseks, maastiku kindelpunktid.

Maastiku kindelpunktid — need on teekäänakud ja teelahkmed, iga-suguse situatsiooni järsud nurgad, üksikud postid, kraavide lõikumiskohad — ühesõnaga kõik see, mida võib kuni 0,2-millimeetrilise täpsusega leida aerofotol ja mida võib samuti leida maastikul ning siduda lähemate triangulatsioonipunktidega.

On olemas spetsiaalne projektsioonilamp väga teravmeelse seadisega, millesse asetatakse aerofoto negatiiv. Sellel negatiivil on selgesti näha triangulatsioonipunktid ja nendega seotud maastiku kindelpunktid, ja seda saab asetada nurga alla, mis võrdub lennuki kaldenurgaga pildistamise momendil. Selline kallutatud ja kindlale kaugusele asetatud negatiiv trükitakse. Saadakse aerofotoplaan; kuid tegelikult on õige ainult selle keskkoh. Ülesvõtete kattumise tõttu võib igast üles-



Ülesvõtted katavad osaliselt üksteist.

võttest kasutada ainult keskkoha. Keskkohad lõigatakse välja ja liimitakse ühele suurele lehele. Nii saadakse fotoskeem, mis viiakse kindlaksmääratud kaardimõõtu ja muudetakse fotoplaaniks.

Vaadake leheküljele 166 (vasakul) paigutatud joonist. Nii näeb välja väiksemõõduline (1 : 25 000) aerofoto.

Aerofotol on üleval ja all näha orud külgharudega, paremal üleval nurgas paistab küla, ülesvõtte keskel on triangulatsiooni-märk ümbritsetud kolmnurgaga. Orgude vahel laiub põld; igasse külge kulgevad valged niidid — teed.

Topograafidele jääb siin vähe selgusetuks. Kuid ikkagi tuleb sõita kohapeale ja välja selgitada küla nimetus ning vaadata, kuidas kulgevad teed, mis künnimaa valgel foonil ei tulnud hästi välja.

Kõrvale on paigutatud sama maastiku plaan.

Te näete, et paljud kontuurid, mis aerofotol tulid välja kõige teravamalt, on sellel kadunud. Need on ülesküntud ja kündmata põlluribad.

«Kust tulid aga horisontaalid?» küsite teie.

Fotol tulevad orgude järskude nõlvade kontuurid hästi välja. Kuid milline on kallak, kui sügav on org? Kuidas otsustada fotoplaani järgi reljeefi üle siis, kui kallakud on väiksed?

Suure kaardimõõdu — 1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 1000 — korral kasutatakse sageli reljeefi välijooneid. Väljale viiakse «vanake»-mensul ja asetatakse seal aluspunktidesse ja maastiku kindelpunktidesse; planšetile kinnitatakse fotoplaan ja topograaf saadab igas suunas välja mõõdulatid, joonestades horisontaalid otse väljal valmis fotoplaanile. Selliseid latipunkte on siin kaks-kolm korda vähem tarvis kui tavalisel mõõdistamisel ja igakord pole tarvis nendeni leida kaugust ja võtta suunda — mõõdulatid asetatakse punktidesse, mis on fotoplaanil hästi näha.

Suurt abi osutab topograafidele aerofoto eriti linnades.

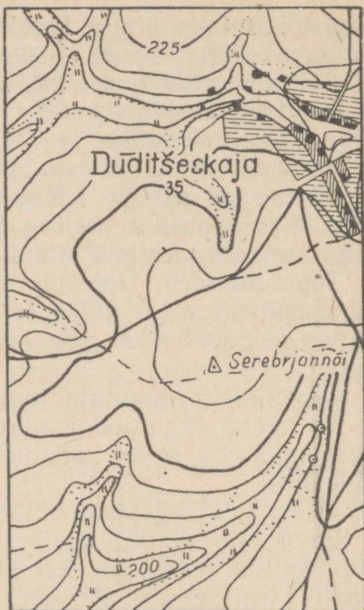
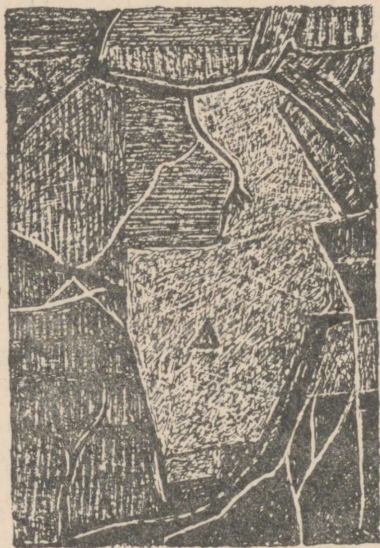
Kui topograafil tuleks valmistada linna plaan ilma lennuki abita, oleks ta sunnitud rajama käike mööda iga tänavat, siduma ja mõõtma kõiki ehitusi ja ronima iga päev kakskümmend korda üle aedade.

Peamiselt leiab aerofotomõõdistamine rakendamist aga Siberi taiga, Arktika tundrate ja Kesk-Aasia kõrbete asustamata alade mõõdistamisel.

Tänu aerofotomõõdistamisele kustutati viimased valged laigud meie suure kodumaa kaardilt.

Meie leiutajad on jõudnud selleni, et peaaegu kõik tööd väiksemõõdulise kaardi koostamisel toimuvad ruumis.

On olemas vastav aparaat — stereoskoop (stereomeeter). Stereoskoobi sisse asetatakse ühe ja sama marsruudi kaks naaberpilti või külgnevate marsruutide kaks teineteisega lõikuvat pilti ja vaadatakse neid. Ülesvõtted tulevad hämmastavalt reljeefsed, kühmulised. Paljud algul arusaamatud detailid muutuvad stereoskoobis



Aerofoto (vasakul) ja sellele vastav plaan (paremal).

täiesti selgeks. Asetades pildipaari stereoskoopi ja vaadates kühmudele, lohkudele, nõlvakutele ja kallakutele, joonestatakse sealsamas laua taga istudes välja reljeefi horisontaalid. Seejuures peab iga pildipaari kohta olema vähemalt kuus kontrollkõrgusarvu.

Seejärel läheb fotoplaan kartograafi kätte, kes mitmevärvilise tušiga tõmbab tingmärkidele vastavalt välja kõik situatsiooni kontuurid ja horisontaalid; hiljem võetakse eriliste koostistega maha fotoemulsioon. Nii saadakse maastikust tõeline ja seejuures täiesti vigadeta kaart.

Sellised on aerofotomöödistamise põhiprintsiibid.

*

Ma tutvustasin teid topograafiaga, jutustasin topograafide — ehitajate lähimate abiliste, meie maa ääretute avaruste väsimatute uurijate tööst; selgitasin, kuidas oma valmistatud instrumentidega möödistada maastikku.

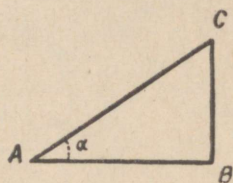
Edasine oleneb kõik teist endast.

Organiseerige koolis või pioneerilaagris topograafia ring. Kui asjast huvitatuid on rohkesti, jaotuge nelja-viie kaupa lülidesse. Valmistage endale väljal töötamiseks vajalikud instrumendid ja

hakake mõõdistama. Lülid võivad mõõdistada eri maa-alasid, kuid soovitav on plaanistada ühte ja sama maa-ala, et hiljem oleks võimalik saadud plaane võrrelda ja selgitada, kelle plaan osutub kõige täpsemaks.

Olen kindel, et paljudel teist hakkab see looduse ja kaugete rännakutega seotud huvitav töö meeldima, ja pärast kooli lõpetamist te ütlete:

«Tahan saada topograafiks!»



Tabel kaateti CB pikkuse määramiseks, kui hüpotenuus $AC = 100$ m või kaatet $AB = 100$ m ja kaldnurga α suurus sealjuures $0^\circ - 44^\circ 30'$ ¹

Nurk α	$AC = 100$ m	$AB = 100$ m	Nurk α	$AC = 100$ m	$AB = 100$ m	Nurk α	$AC = 100$ m	$AB = 100$ m
$0^\circ 00'$	0,0	0,0	$15^\circ 00'$	25,9	26,8	$30^\circ 00'$	50,0	57,7
$0^\circ 30'$	0,9	0,9	$15^\circ 30'$	26,7	27,7	$30^\circ 30'$	50,8	58,9
$1^\circ 00'$	1,7	1,7	$16^\circ 00'$	27,6	28,7	$31^\circ 00'$	51,5	60,1
$1^\circ 30'$	2,6	2,6	$16^\circ 30'$	28,4	29,6	$31^\circ 30'$	52,2	61,3
$2^\circ 00'$	3,5	3,5	$17^\circ 00'$	29,2	30,6	$32^\circ 00'$	53,0	62,5
$2^\circ 30'$	4,4	4,4	$17^\circ 30'$	30,1	31,5	$32^\circ 30'$	53,7	63,7
$3^\circ 00'$	5,2	5,2	$18^\circ 00'$	30,9	32,5	$33^\circ 00'$	54,5	64,9
$3^\circ 30'$	6,1	6,1	$18^\circ 30'$	31,7	33,5	$33^\circ 30'$	55,2	66,2
$4^\circ 00'$	7,0	7,0	$19^\circ 00'$	32,6	34,4	$34^\circ 00'$	55,9	67,5
$4^\circ 30'$	7,8	7,9	$19^\circ 30'$	33,4	35,4	$34^\circ 30'$	56,6	68,7
$5^\circ 00'$	8,7	8,7	$20^\circ 00'$	34,2	36,4	$35^\circ 00'$	57,4	70,0
$5^\circ 30'$	9,6	9,6	$20^\circ 30'$	35,0	37,4	$35^\circ 30'$	58,1	71,3
$6^\circ 00'$	10,5	10,5	$21^\circ 00'$	35,8	38,4	$36^\circ 00'$	58,8	72,7
$6^\circ 30'$	11,3	11,4	$21^\circ 30'$	36,6	39,4	$36^\circ 30'$	59,5	74,0
$7^\circ 00'$	12,2	12,3	$22^\circ 00'$	37,5	40,4	$37^\circ 00'$	60,2	75,4
$7^\circ 30'$	13,1	13,2	$22^\circ 30'$	38,3	41,4	$37^\circ 30'$	60,9	76,7
$8^\circ 00'$	13,9	14,1	$23^\circ 00'$	39,1	42,4	$38^\circ 00'$	61,6	78,1
$8^\circ 30'$	14,8	14,9	$23^\circ 30'$	39,9	43,5	$38^\circ 30'$	62,3	79,5
$9^\circ 00'$	15,6	15,8	$24^\circ 00'$	40,7	44,5	$39^\circ 00'$	62,9	81,0
$9^\circ 30'$	16,5	16,7	$24^\circ 30'$	41,5	45,6	$39^\circ 30'$	63,6	82,4
$10^\circ 00'$	17,4	17,6	$25^\circ 00'$	42,3	46,6	$40^\circ 00'$	64,3	83,9
$10^\circ 30'$	18,2	18,5	$25^\circ 30'$	43,1	47,7	$40^\circ 30'$	64,9	85,4
$11^\circ 00'$	19,1	19,4	$26^\circ 00'$	43,8	48,8	$41^\circ 00'$	65,6	86,9
$11^\circ 30'$	19,9	20,3	$26^\circ 30'$	44,6	49,9	$41^\circ 30'$	66,3	88,5
$12^\circ 00'$	20,8	21,3	$27^\circ 00'$	45,4	51,0	$42^\circ 00'$	66,9	90,0
$12^\circ 30'$	21,6	22,2	$27^\circ 30'$	46,2	52,1	$42^\circ 30'$	67,6	91,6
$13^\circ 00'$	22,5	23,1	$28^\circ 00'$	46,9	53,2	$43^\circ 00'$	68,6	93,3
$13^\circ 30'$	23,3	24,0	$28^\circ 30'$	47,7	54,3	$43^\circ 30'$	68,8	94,9
$14^\circ 00'$	24,2	24,9	$29^\circ 00'$	48,5	55,4	$44^\circ 00'$	69,5	96,6
$14^\circ 30'$	25,0	25,9	$29^\circ 30'$	49,2	56,6	$44^\circ 30'$	70,1	98,3

¹ Kui te olete õppinud trigonomeetriat, siis teate, et esimesel juhul on teil tegemist $\sin \alpha \times 100$ m, teisel korral $\tan \alpha \times 100$ m.

Tabel vooluhulga määramiseks kolmnurga- ja trapetsikujulise ülevooluläve abil

Veetaseme kõrgus üle läve meet- rites	Vooluhulk m ³ -tes ühe sekundi jooksul		Veetaseme kõrgus üle läve meet- rites	Vooluhulk m ³ -tes ühe sekundi jooksul	
	ülevoolulävi			ülevoolulävi	
	kolmnurga- kujuline	trapetsikuju- line (läve laius 1 mee- ter)		kolmnurga- kujuline	trapetsikuju- line (läve laius 1 mee- ter)
—	—	—	0,32	0,09	0,34
0,04	—	0,01	0,34	0,10	0,37
0,06	—	0,03	0,36	0,11	0,40
0,08	0,003	0,04	0,38	0,13	0,44
0,10	0,005	0,06	0,40	0,14	0,47
0,12	0,007	0,08	0,42	0,16	0,51
0,14	0,010	0,10	0,44	0,18	0,54
0,16	0,014	0,12	0,46	0,20	0,58
0,18	0,02	0,14	0,48	0,22	0,62
0,20	0,03	0,17	0,50	0,24	0,66
0,22	0,03	0,19	0,52	0,27	0,70
0,24	0,04	0,22	0,54	0,30	0,74
0,26	0,05	0,25	0,56	0,32	0,78
0,28	0,06	0,28	0,58	0,35	0,82
0,30	0,07	0,31	0,60	0,38	0,86

Maapinna kaldest tingitud paranduste tabel mõõdulindiga mõõdetud joone pikkuse $AC = 100$ m korral¹

Kaldenurk	Parandus meetrites	Kaldenurk	Parandus meetrites	Kaldenurk	Parandus meetrites	Kaldenurk	Parandus meetrites
1°00'	0,02	7°00'	0,75	13°00'	2,56	19°00'	5,45
1°30'	0,03	7°30'	0,86	13°30'	2,76	19°30'	5,74
2°00'	0,06	8°00'	0,97	14°00'	2,97	20°00'	6,03
2°30'	0,10	8°30'	1,10	14°30'	3,19	20°30'	6,33
3°00'	0,14	9°00'	1,23	15°00'	3,41	21°00'	6,64
3°30'	0,19	9°30'	1,37	15°30'	3,64	21°30'	6,96
4°00'	0,24	10°00'	1,52	16°00'	3,87	22°00'	7,28
4°30'	0,31	10°30'	1,67	16°30'	4,12	22°30'	7,61
5°00'	0,38	11°00'	1,84	17°00'	4,37	23°00'	7,95
5°30'	0,46	11°30'	2,01	17°30'	4,63	23°30'	8,29
6°00'	0,55	12°00'	2,19	18°00'	4,89	24°00'	8,65
6°30'	0,64	12°30'	2,37	18°30'	5,17	24°30'	9,01

¹ Kui mõõdulindiga mõõdetud joone pikkus AC on suurem või väiksem kui 100 m, siis parandus 100 m kohta korrutatakse AC ja jagatakse 100-ga ning saadud tulemus lahutatakse seejärel AC -st.

Tingmärgid plaani jaoks mõõdus 1:1000



Triangulatsioonipunkt.



Polügonomeetrilise käigu punkt.



Kindlustatud ja kindlustamata punktid.



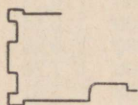
Piiritulp.



Põhjareeper.



Koordinaatide võrk (rohelise värviga).



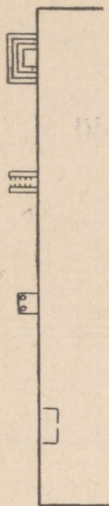
Osa kahekorruselisest, kivist elumajast.



Osalt puidust, osalt kivist ehitatud maja tulekindla müüriga.



Mälestussammas.

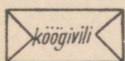


Lahtine välistrepp, astmed üles.

Lahtine välistrepp, astmed alla.

Rõdu sammastel.

Nišš.



Köögiviljahoidla.



Kelder.



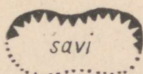
Väljakaeve.



Üksik kalmuküngas.



Vabrikukorsten.



Liiva-, savi- jne. karjäär.



Tuuleveski.

..... Kõlvikute piirid.

===== Tihe plankaed kivivundamendil.

□ — — — □ — — — □ — — — □ — — — □ Tihe plankaed kivipostidega.

— — — — — | — — — — — Tihe plankaed (*I* — värav).

+ + + + + Puust varbaed.

□ — — — □ — — — □ — — — □ — — — □ Puust varbaed kivipostidega.

* * * * * Varbtara (põimitud).

— + — + — + — + — + — + Okastraataed.

o o o ... o o o ... o o o ... c Hekk.

○ Puust post.

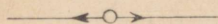
🎵 Elektrilatern.



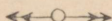
Kõrgepingeliin puust tugipostidel.



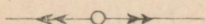
Madalpingeliin hoonestatud territooriumil.



Sama hoonestamata territooriumil.



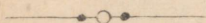
Kõrgepingeliin hoonestatud territooriumil.



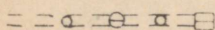
Sama hoonestamata territooriumil.



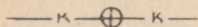
Telegraafi- ja telefoniliin hoonestatud territooriumil.



Sama hoonestamata territooriumil.



Veejuhe ja kontrollkaevud (roheline värviga).



Kanaliseerimisjuhe ja kontrollkaev.



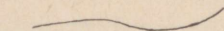
Kaev (roheline värviga).



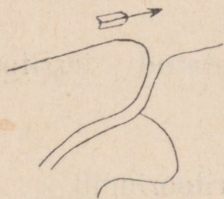
Purskkaev.



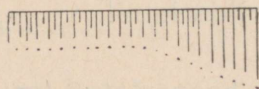
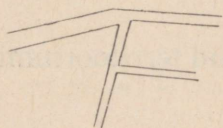
Pumbakaev.



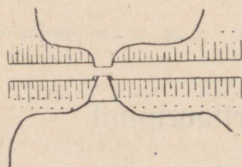
Jõgi ja ojad (roheline värviga).



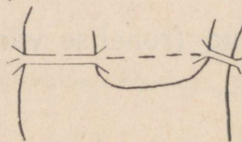
Kuivenduskraavid (roheline värviga).



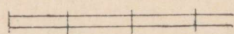
Planeeritud kallak.



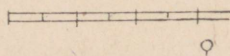
Muldvall.



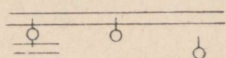
Jalakäijate sild.



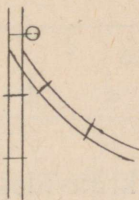
Laiarööpmelise raudtee tamm.



Kitsarööpmelise raudtee tamm.



Trammiliini tamm, postidega.



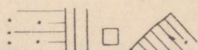
Raudteepöörang.



Kilomeetripost.

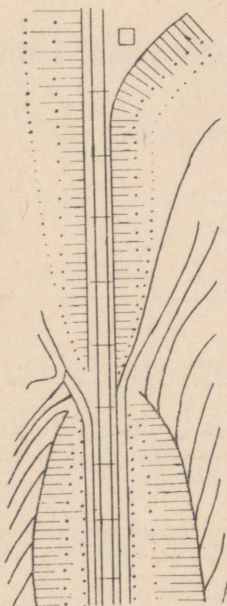


Hoiatav teemärk.

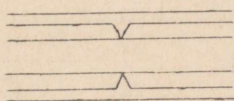


Vahimajake.

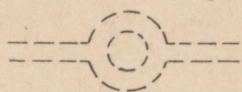
Raudtee kulgeb muldkehal (horison-
taalid pruuni värviga).



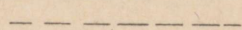
Raudtee kulgeb süvendis.



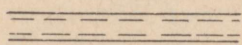
Maantee truubiga (külgkraavid rohe-
lise värviga).



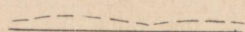
Tee parkides ja aedades.



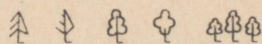
Jalgrada.



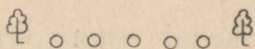
Parandatud kruusatee kraavidega
(külgkraavid roheline värviga).



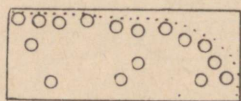
Sillutamata külavahetee.



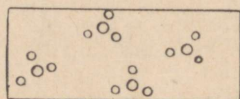
Kuusk, mänd, kask või haab, tamm,
puude grupp.



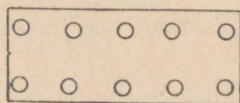
Allee.



Metsaserv.



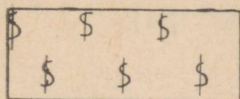
Põõsastik.



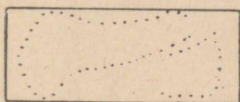
Puuviljaaed.



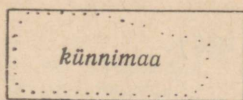
Lilleaed ja lillepeenrad.



Viinamarjaistandus.



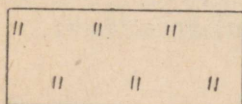
Köögiljajaed.



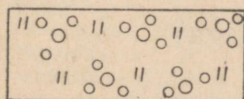
Kūnnimaa.



Soo (roheline värviga).



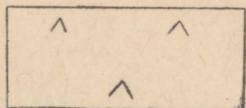
Lage heinamaa.



Põõsastega heinamaa.



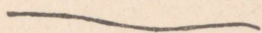
Soine heinamaa (horisontaalsed kriipsud roheline värviga).



Karjamaa.



Horisontaal (pruuni värviga).



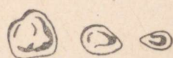
Jämedama joonega horisontaal (pruuni värviga).



Järsak (pruuni värviga).



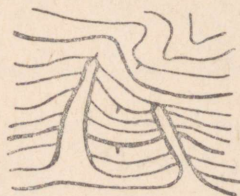
Kurgaan (pruuni värviga).



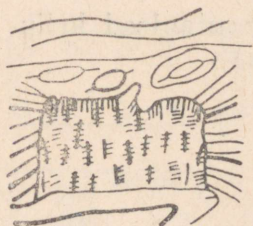
Üksikud kivid.



Üleskaevatud koht (sügavus meetrites peab olema märgitud arvudega).



Uhteorud (pruuni värviga).



Kaljud ja pangased (pruuni värviga).

SISUKORD

Esimene peatükk

Mida teevad topograafid

Kes on topograafid	3
Mis on topograafia	4
Pisut ajalugu	5
Topograafid ja põllumajandus	7
Sõjatopograafia	8
Uurijad	10
Topograafid ehitustel	12
Topograafid linnades	14
Kuidas kaardid vananevad	15

Teine peatükk

Meie topograafia õppetunnid

Teel kooli	16
Silma järgi	17
Sõrmest ja tuletikust	18
Tähised	22
Kuidas mõõta jooni	27
Harkmõõtja	31
Ülesannete lahendamine ruleti abil	32
Ekker	35
Ülesannete lahendamine ekkeri abil	36
Kooliõu	43
Topograafia toas	47
Püramiidi vari	49
Puu kõrgus	50
Omavalmistatud eklimeetrid	52
Kas jões voolab palju vett	55

Kolmas peatükk

Me valmistame ise plaane

Kompass	60
Tõeline meridiaan	62
Ustav sõber	64
Ilma kompassita	66

Kaardimöödust	67
Plaan silmamööduliselt	70
Alus kinnisel maastikul	77
Alus avamaastikul	80
Situatsiooni mõõdistamine	82
Töö kodus	84
Pindaladest	86
Jälle väljalõigatud kujundid	87
Projekti kandmine loodusesse	88
Omavalmistatud astrolaab	90
Nurkade mõõtmine	93
Sulgemise nurkviga	95
Uuesti asimuudid	96
Jälle situatsioonist	98

Neljas peatükk

Tõeline topograafia

Goniomeeter	101
Teodoliit	103
Kuidas mõõdetakse kaugusi	107
Mõõdistamise alus	110
Koordinaadid	115
Kõrgem ja madalam	119
Tutvumine uue instrumendiga	121
Astmed	124
Suured ja väikesed vead	126
Absoluutsetest ja suhtelistest kõrgustest	131
See on alles täpsus!	133
Kuidas saab veel nivelleerida	134
Omavalmistatud nivelliirid	135
Maapinna ebatasasused	140
Kuidas joonestatakse reljeefi	142
Kaart ja kuidas seda kasutada	145
Soost	147
Plaan joonestatakse maastikul	150
Kõige väärtuslikum	153
Tehase ehitustandril	156
Raudteed rajamas	160
Aerofotomõõdistamine	163
Tabel kaateti pikkuse määramiseks	168
Tabel vooluhulga määramiseks	169
Maapinna kaldest tingitud paranduste tabel	169
Tingmärgid	170

R

Rbl. 4.85

A

21035

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 01099665 2