SÕJATOPOGRAAFIA

VILLEM UGANDI
KAPTEN,
SV. TOPOGRAAF

24308

SÕJAVÄGEDE STAABI VI OSAKONNA VÄLJAANNE
TALLINN, 1938

2

Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
1937:01944

160391

RIIGI TRÜKIKOJA TRÜKK

A- 10687

Käesolev raamat on koostatud Sõjavägede Staabi ülema kindralmajor N. Reek'i VR I/2, II/2 ja 3 ülesandel ning on määratud kasutamiseks sõjaväes õppe- ja käsiraamatuna.

Sõjavägede Staabi VI Osakond.

Raamatus käsiteldud erialaste küsimuste lahendamisel aitasid mulle kaasa oma väärtuslikkude nõuannetega Sõjavägede Staabi Topo-Hüdrograafia Osakonna ülem kolonelleitnant E. Ahman VR I/3, Topograafia jaoskonna ülem kolonelleitnant F. Oja, triangulatsioonitööde juhataja geodesist kolonelleitnant O. Douglas ja matemaatikud hr-d A. Kreos ja V. Otsman.

Tallinnas, jõulukuul 1937.

V. Ugandi,
kapten.

Allikaid.

1. N. Reek, kindralmajor. Juhi otsus ja selle kujunemine. Tallinn, 1937.
2. A. Tammekann. Lühike kaardiprojektsiooni õpetus. Tartu, 1922.
3. Eesti Geodeetide Ühingu väljaanne. Geodeet III ja VIII. Tallinn, 1928.
4. V. Vitkovski. Kartografija. St. Peterburg, 1907.
5. Jordan-Reinhertz-Eggert. Handbuch der Vermessungskunde III. Stuttgart, 1923.
6. Jordan-Reinhertz-Eggert. Handbuch der Vermessungskunde II. Stuttgart, 1933.
7. G. Baumgart. Gelände- und Kartenkunde. Berlin, 1926, 1934, 1936.
8. F. Oja, kol.-leitnant. Topograafia. Tallinn, 1927.
9. V. Vitkovski. Topografija. Moskva, 1928.
10. R. Ustal, leitnant. Suurtükiväe topograafia. Tallinn, 1930.
11. V. K. Holkin. Vojennaja topografija. Moskva, 1933.
12. J. Kreutzinger. Topografia. Warszawa, 1928.
13. G. Däniker. Die militärische Geländeskizze. Zürich, 1925.
14. Dr.-Ing. A. Egerer. Wie fertigt man eine Kartenskizze (Kroki)? Stuttgart, 1924.
15. Lieutenant-Colonel Paul Marty. Le Croquis Panoramique Militaire.
16. Kv. St. VI Osak. väljaanne. Bussoolid. Tallinn, 1929.
17. Sv. St. VI Osak. väljaanne. Pioneri-eeskiri II osa. Teed. Tallinn, 1937.
18. Kv. St. VI Osak. väljaanne. Juhend taktikaliste leppemärkide kasutamiseks. Tallinn, 1930.

SISUKORD.

I. ÜLDOSA.

A. Maastiku ja kaardi sõjaline tähtsus 1

B. Topograafia aine 3

C. Kaartide liigitus 3

D. Kaardi kokkuseadelehed 11

E. Üldisi algmõisteid

1. Meetermõõdustik 12
2. Maa matemaatiline kuju ja suurus 14
3. Maamagnetism 18
4. Kaardiprojektsioone
   a) Projektsioonide omadused 22
   b) Tasapinnalisi projektsioone 23
   c) Silindrilisi projektsioone 25
   d) Koonuselisi projektsioone 27
   e) Sobedaid (konventsionaalseid) projektsioone 29
5. Üleriigiline ristkoordinaadistik 32
6. Asimuudid 36
7. Mõõtkava
   a) Mõõtkavade liigid 39
   b) Mõõtkava ümberarvutamine ühest mõõdusüsteemist teise . 43
   c) Mõõtkava määramine kaardi järgi 44

II. KAARDI SISU.

A. Maastiku põhijoonis.

1. Üldist 45
2. Topograafilised leppemärgid 45
3. Liiklemisteed 52
   a) Raudteed 52
   b) Maanteed 53
4. Veestik 54
5. Pinnas ja taimestik 55
6. Asulad 56

B. Pinnavormide kujutamine.

1. Pinnavormidest üldse 57
2. Pinnavormide kujutamine kaardil samakõrgusjoontega . . . 57
3. Teisi pinnavormide kujutamisviise 60
4. Nõlva kalle ja nõlva suund 63
5. Maastikunurk 68
6. Altimeeterjoonlaud 72
7. Profiilid 74
8. Nähtamatute alade piiristamine 78
9. Reljeefkaart 79

III. KAART JA SÕJALISED MAASTIKUJOONISED.

A. Ilmakaarte määramine, orienteerumine ja kaardi käsitlemine. . 81

1. Ligikaudseid ilmakaarte määramisviise 82
2. Kompass ja bussool 86
3. Mensul 90
4. Diopterjoonlaud 91
5. Kaardi orienteerimisviise 92
6. Deklinatsiooni määramisviise 95
   a) Deklinatsiooni määramine kaardi ja bussooliga 95
   b) Deklinatsiooni ja nõelseade määramine bussooliga 97
7. Nõelaseade kasutamine ja koonduse $\Delta\lambda'$ arvutamine 98
8. Oma asukoha leidmine ja määramine kaardil 99
   a) Asukoha määramine külglõikega 100
   b) Asukoha määramine vastulõikega 100
9. Kohalikkude esemete ja suundade märkimine kaardile 103
   a) Eseme asukoha märkimine kaardile vahekäiguga 103
   b) Eseme asukoha märkimine kaardile otselõikega 106
   c) Eseme asukoha märkimine kaardile asimuutide abil . . . 107
10. Kauguste mõõtmisviise 109
   a) Kauguste hindamine silma järgi 110
   b) Optilisi kaugusmõõtjaid 113
11. Lahendused kaardil ristkoordinaatides 119
12. Mõõtmised deformeerunud kaardilehel 125

B. Sõjaliste maastikujooniste valmistamine.

1. Üldist 127
2. Kaartide kopeerimine, suurendamine ja vähendamine 128
   a) Suurendussirkel 130
   b) Tangenskolmnurk 130
   c) Pantograaf 131
3. Skeem, kaardiskits ja kalkajoonis.
   a) Skeem 132
   b) Kaardiskits 143
   c) Kalkajoonis 143
4. Krokii 144

5. Perspektiivid.
a) Vaateskits 148
b) Fotopilt 158
c) Fotopildi läbijoonis 163
d) Fotoringvaade 164
6. Aerofoto 167
a) Aerofotode stereoskoopne uurimine 174
b) Ülekannete tegemine aerofotolt kaardile 176
c) Koordinaatruudustiku ülekandmine kaardilt aerofotole . 179

IV. LISAD.

Nr. 1. Lühike ülevaade riigi territooriumi kaardistamisest 181
Nr. 2. Kaardil esineva koonduse ($\Delta\lambda'$) tabel 192
Nr. 3. Tavaliselt mõõdetud kaldjoonte rõhtpinnaliste kauguste tabel 193
Nr. 4. Mõõdulatilt loetud kaldjoonte rõhtpinnaliste kauguste tabel 193
Nr. 5. Kraadide ja minutite ümberarvutamine kaugustuhandikkudesse 194
Nr. 6. Maa kumerusest tingitud kõrgusvahede parandused 195
Nr. 7. Kõrgusvahede $h = D \operatorname{tg} \alpha$ graafik 196

I. Üldosa.

A. Maastiku ja kaardi sõjaline tähtsus.

Maastikuks nimetame maa-alalist ühikut kõigi temal leiduvate loodus- ja tehisvormidega.

Maastiku vaatlemisel sõjatopograafiliselt eristatakse kohalikke esemeid ja pinnavorme.

Kohalikeks esemeiks nimetame kõiki vorme, mis paiknevad maapinnal, olenemata nende kuuluvusest loodus- (metsad, jõed, järved, sood jne.) või tehisvormide (teed, kraavid, ehitised jne.) liiki.

Pinnavormeks nimetame maapinnal esinevaid kõrgendikke, lohke ja tasandikke.

Erinevate taktikaliste omaduste tõttu liigitatakse maastikud kahte pealiiki: lahtisteks ja kinnisteks.

Lahtiseks maastikuks nimetame sellist maa-alalist ühikut, kus esineb enam lame pinnamood; lahtisel maastikul kas puudub täiesti või esineb vähesel määral vaatlust segavaid vorme: puid, põõsaid, ehitisi jne.

Kinniseks maastikuks nimetame sellist maastikku, millel esinevad kohalikud esemed ja pinnavormid võimaldavad hääd varjumist ja segavad avarat vaatlust.

Kui lahtisel või kinnisel maastikul esinevad jõed, järved, sood, rabad, kuristikud jne., mis raskendavad vägede liikumist, siis nimetame säärast maastikku **murdmaastikuks.**

Maastik on sõjalises tegevuses tähtsamaid olukorra elemente[1]).

[1]) Maastiku kui sõjalise olukorra elemendi uurimist käsitleb üksikasjaliselt kindral-major N. Reek'i „Juhi otsus ja selle kujunemine", Sõjavägede Staabi VI Os. väljaanne, 1937.

Maastikuga tutvumine on võimalik:

a) kirjelduste kaudu,
b) isikliku ülevaate teel,
c) kaardi, foto jne. järgi.

Maastikuga tutvumine kirjelduste kaudu on puudulik, sest raske on anda kirjeldust, mille järgi võiks kujutelda maastikku sellisena, nagu ta tegelikult on.

Toimetada isiklikku ülevaadet on võimalik harukordadel ja sedagi vaid vähemate üksuste juhtidel väiksematel maa-aladel.

Kaart ja foto võimaldab mõningate eelteadmiste ja kogemuste juures saada maastikust kiiresti tõetruud ettekujutust. Kaart võimaldab juba varakult maastiku uurimist, võimaldab kiiresti kätte juhatada vägedele oma ja vastase asukohti, märkida nende teotsemiskohti maastikul ja arvutada täpseid kaugusi, nurki ja kõrgusi. Nende omaduste tõttu on kaart vägede juhtimisel ja teotsemisel vajalikumaid ja kasutatavamaid abinõusid.

Kaart on maapinna vähendatud, tasapinnale kujutatud ja seletatud põhijoonis. Vähendamine toimub valitud vähendamisvahekorras mõõtkava abil, ülekandmine tasapinnale — vastava kaardiprojektsiooni abil, kuna vastavad kaardimärgid ja pealkirjad seletavad meile kaardil kujutatud maa-ala.

Et kasutada täiel määral neid võimalusi, mida pakub kaart, peame õppima tundma põhialuseid, millele tugineb kaardi ehitus. Peame tutvuma mõningate tööriistadega ja tööviisidega kaardi ehitust käsitleva teaduse alalt, et omada kogemusi ja leidlikkust kaardi rakendamiseks sõjapidamises, rahvamajanduses ja teistel aladel.

Samuti peame tundma ja õppima kasutama maastiku graafilisi kujutamisviise, mis on lühemad, selgemad, kiiremini teostatavad ja oma piltlikkuse tõttu hõlpsamini tajutavad kui ükski sellekohane kirjatöö või ettekanne.

Kuna sõjatopograafiline kaart, nagu tähendatud eespool, peab suutma abistada juhte maastiku hindamisel, siis on endastmõistetav, et kaardi valmistajad peavad hästi tundma neid taktikalisi ja operatiivseid vajadusi, mille selgitamist nõutakse kaardilt. Seepärast sõjaväekaarte valmistavad eriettevalmistusega sõjaväelased — topograafid.

B. Topograafia aine.

Teadust, mis tegeleb Maa kuju ja suuruse uurimisega nimetatakse **geodeesiaks**[1]). Geodeesia praktiliseks ülesandeks on Maa pealispinna mõõtmine ja graafiline kujutamine. Viimast teostatakse nn. toetuspunktidevõrgu abil, mille loomine on geodeesia eri ala — **triangulatsiooni**[2]) ülesandeks. Geodeesia seda ala, mis käsitleb suurematel maa-aladel valitud ja määratud toetuspunktide projitseerimist tasapinnale kindlate matemaatikaseaduste järgi, nimetatakse **kartograafiaks**[3]). **Topograafia**[4]) ja **hüdrograafia**[5]) ülesandeks on muretseda toetuspunktide vahele täidet; selle tegevuse tulemuseks on kaart, mida võidakse võrrelda loodusega.

Seega topograafia on õpetus, mis tegeleb Maa pinnast väiksema ala pildi valmistamisega, s.o. selle ala ja kõikide temaga ühenduses olevate loodus- ja tehisvormide kujutamisega k a a r d i s t a m i s e o t s t a r b e k s.

S õ j a t o p o g r a a f i a s osutatakse erilist tähelepanu sõjaliselt hinnatavaile maastiku esemeile, nende kujutusviisidele ja kujutusabinõudele. Sõjatopograafia on tihedas seoses taktikaga ja relvaõpetusega.

Sõjatopograafias selgitatakse teadmiste kompleksi, mis võimaldab:

— kiiresti ja õieti mõista maastiku graafilisi kujutisi (kaarte, fotosid, aerofotosid jne.), täiendada neid vajaduse korral ja valmistada lihtsamaid sõjalisi maastikujooniseid (krokiisid, skeeme, skitse jne.);

— sõjaliselt õieti hinnata kujutatud maastiku iseärasusi ja vorme ning otstarbekohaselt kasutada kaarte ja sõjalisi maastikujooniseid lahinguolukorras.

C. Kaartide liigitus.

Kaarti, mis edasi annab maastiku topograafilise üldpildi (pinnavormid, teed, asulad, elamud, veed, taimkate, pinnas

---

[1]) geo = maa; geodeesia — „maajagamine".

[2]) triangulum = kolmnurk.

[3]) karto = kaardi; kartograafia — kaardijoonestamisõpetus, kaarditeadus.

[4]) topo = koha; topograafia — (maa) kohakirjeldus.

[5]) hüdro = vee; hüdrograafia — vetekirjeldus.

jne.) võimalikult õiges vähendusvahekorras, s.o. geomeetriliselt õieti, nimetatakse **topograafiliseks kaardiks.** Suuremõõdulisi (kuni 1 : 5000) topograafilisi kaarte, millede mõõtkava võimaldab kujutada (joonestada) **kõiki** projitseeritud esemeid vastavalt mõõtkavale ja geomeetriliselt õieti, kusjuures ei tule arvesse Maa kumerus, nimetatakse **topograafilisteks plaanideks.**

Mõõtkavast oleneb topograafilise kaardi mahutus: mida suurem on mõõtkava, seda rohkem üksikasju võib kaart sisaldada, seda selgem ja loomutruum on kaardil maastiku pilt tema üksikosades.

Mõõtu 1 : 200 000 võib lugeda topograafilise kaardi piiriks. Väiksemate mõõtkavade juures pole topograafilised peenused enam kujutatavad.

Kaarti, mis sisaldab küll veel topograafilist ainestikku, raudteid, suuri metskondi jne., kuid millel topograafiline üksikkujutus ja selle täpsus ei mängi peaosa, vaid kus kujutatakse üldisi geograafilisi vorme, nimetatakse **geograafiliseks kaardiks.**

Geograafilisi kaarte valmistatakse üldiselt väiksemates mõõtkavades (1 : 300 000, 1 : 500 000, 1 : 800 000, 1 : 1 000 000[1]) jne.). Siiski mitte mõõtkava pole piiriks, mis liigitab kaarte, vaid kaardi **sisu** ja **otstarve.** Kaarti 1 : 200 000, mis võimaldab teataval määral veel topograafilist täpsust, nimetatakse vaatamata mõõtkavale geograafiliseks kaardiks, kui seda tingivad ta sisu ja otstarve.

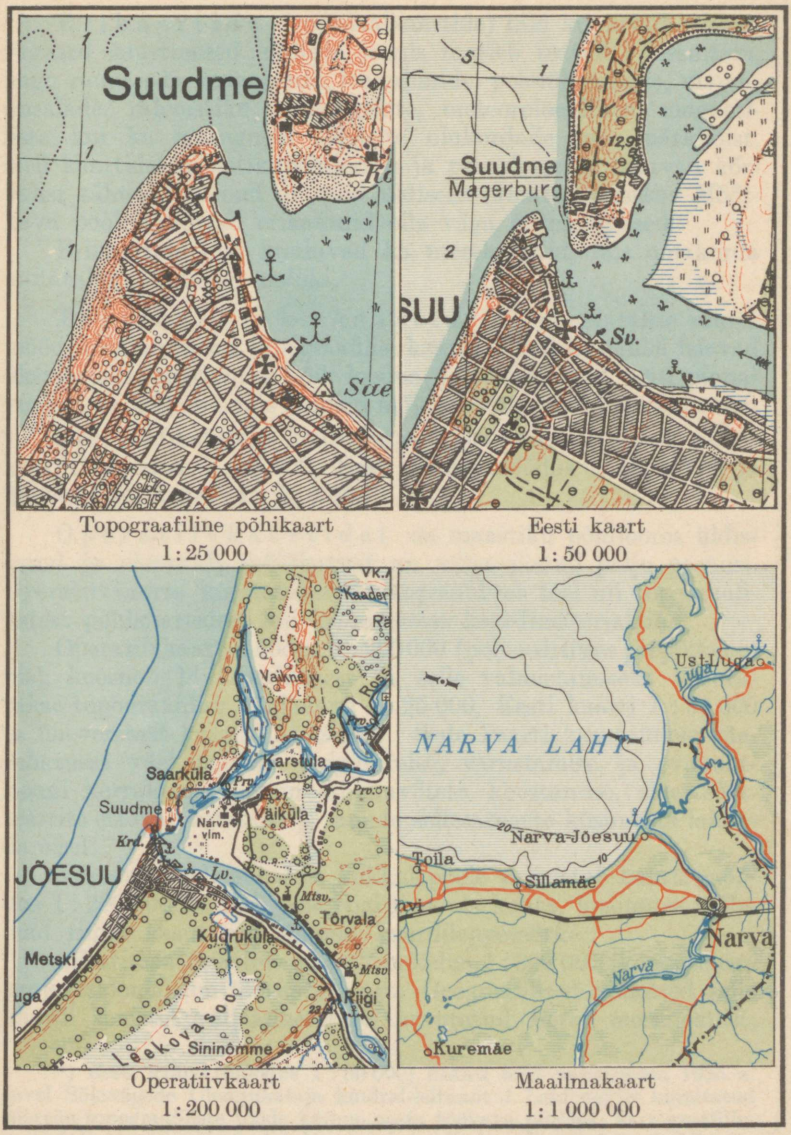
Sisu ja otstarbe järgi võime liigitada Eesti kaarte järgmiselt:

— plaanid,
— erikaardid,
— taktikalised kaardid,
— operatiiv- ehk ülevaatekaardid ja
— geograafilised kaardid.

P l a a n on väikeste maa-alade, nagu kindluste, polügoonide, laagriväljade, kasarmute, sadamate, linnade, alevite, külade, õuede (talude), kruntide jne. geomeetriliselt täpne, ühtlaselt vähendatud suuremõõduline (kuni 1 : 5 000) põhijoonis. Plaane valmistatakse ja kasutatakse tehnilisteks otstarveteks.

---

[1]) Kaardilehti 1 : 1 000 000 valmistatakse ka 1891. a. Berni konventsiooni alusel nn. R a h v u s v a h e l i s e m a a i l m a k a a r d i n a. N.-Venes on selle kaardi kohaselt valmistatud kaardilehed (1 : 1 000 000), mis moodustavad orienteerimiskaardi mitmesuguste mõõtudega kaardilehtede koostamisel.



Maastiku põhijoonise üldistamine mõõtkava vähenedes.

Erikaartide (spetsiaalkaartide) liiki kuuluvad mitmesugused kaartteosed, millede joonis taotleb teatud erieesmärki, nagu raudteede, maanteede, lennuliinide, postiühenduste, majandusalade, rahvastiku, geoloogiliste, meteoroloogiliste, magnetiliste kui ka igasuguste sõjaliste olukordade jne. märkimist. Neil kaartidel maastikupõhijoonis ja pinnakujutus omavad kõrvalist tähtsust ja nad on vaid üldiseks orienteerimiseks. Mõõtkava poolest võivad erikaardid olla väga mitmesugused.

Erikaartide liiki kuuluvad ka merekaardid, mis omakorda jaotatakse mitmesse alaliiki.

Taktikalisteks kaartideks nimetatakse suures mõõdus valmistatud topograafilisi kaarte. Neil kaartidel leiavad üksikasjalist märkimist kõik loodus- ja tehisvormid, eriti pinnavormid, ja kõik see, mis kuidagi mõjutab vägede sõjalist tegevust.

Meie taktikalisteks kaartideks on topograafiline põhikaart mõõdus 1 : 25 000, Eesti kaart mõõdus 1 : 50 000[1]) ja üheverstane kaart (1 : 42 000).

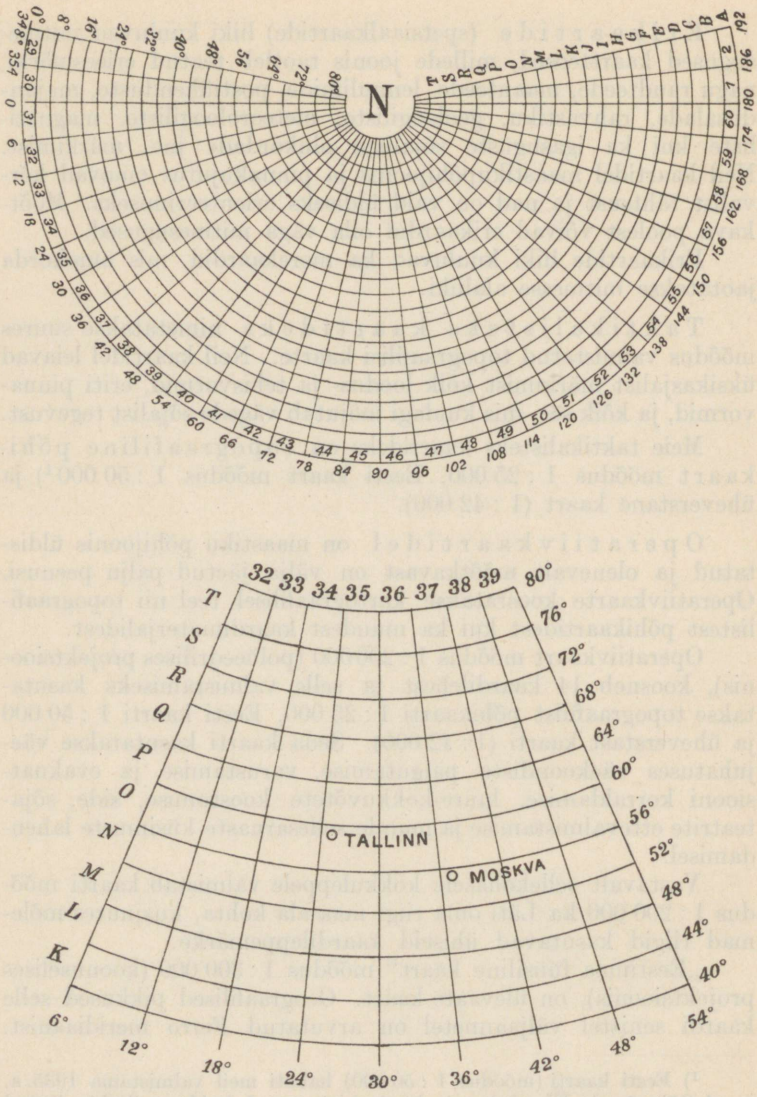
Operatiivkaartidel on maastiku põhijoonis üldistatud ja olenevalt mõõtkavast on välja jäetud palju peenusi. Operatiivkaarte koostatakse kartograafilisel teel nii topograafilistest põhikaartidest kui ka muudest kaardimaterjalidest.

Operatiivkaart mõõdus 1 : 200 000 (polüeedrilises projektsioonis), koosneb 14 kaardilehest ja selle valmistamiseks kasutatakse topograafilist põhikaarti 1 : 25 000, Eesti kaarti 1 : 50 000 ja üheverstast kaarti (1 : 42 000). Seda kaarti kasutatakse väejuhatuses väekoondiste paigutamise, varustamise ja evakuatsiooni korraldamise, luure-kokkuvõtete koostamise, side, sõjateatrite ettevalmistamise ja muude sellesarnaste küsimuste lahendamisel.

Vastavalt sellekohasele kokkuleppele valmistab kaarti mõõdus 1 : 200 000 ka Läti oma riigi maa-ala kohta, kusjuures mõlemad riigid kasutavad ühiseid kaardileppemärke.

„Eestimaa füüsiline kaart“ mõõdus 1 : 300 000 (koonuselises projektsioonis), on ülevaate-kaart. Geograafilised pikkused selle kaardi senistel väljaannetel on arvutatud Ferro meridiaanist.

[1]) Eesti kaarti (mõõdus 1 : 50 000) hakati meil valmistama 1935. a. suvel Sõjavägede Ülemjuhataja kindral-leitnant J. Laidoner'ilt kinnitatud sõjaväe topograafiliste tööde kümne aasta töökava piirides; kartograafilise materjalina, eriti reljeefi alal, kasutatakse selle kaardi valmistamisel kaarte mõõdus 1 : 42 000 ja 1 : 25 000.

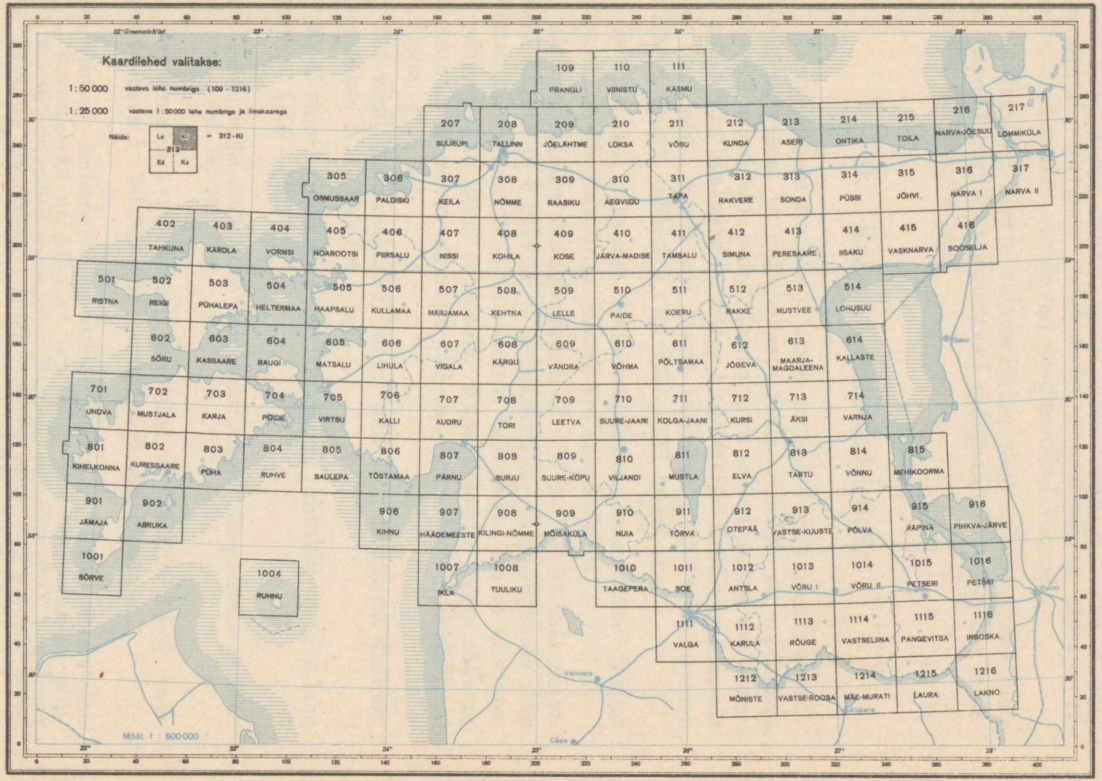


Joon. 1. Rahvusvahelise maailmakaardi (mõõdus 1 : 1 000 000) kokkuseadeleht.

KV. ST. TOPO-HÜDROGRAAFIA OSAKOND

1 : 50 000 KAARDI KOKKUSEADELEHT

1936 a.



Geograafilistel kaartidel piirdutakse maapinna kujutamisel ainult kõige olulisemaga ja, nagu eespool tähendatud, siin pole mõõduandev topograafiline täpsus peenustes, vaid peaosa etendavad geograafilised vormid.

Geograafilisi kaarte valmistatakse väga mitmesuguses mõõdus. Koolid harilikult kasutavad geograafilisi kaarte kas seinakaartide või atlaste näol.

D. Kaardi kokkuseadelehed.

Kaardilehtede arv ühe ja sama maa-ala kohta oleneb kaardilehtede suurusest ja mõõtkavast: mida väiksem on mõõtkava ja suurem kaardileht, seda vähema arvu lehtedega tuleme toime. Nii katab maailmakaardil mõõdus 1 : 1 000 000 Eesti riigi maa-ala vaid ühe lehe. Sama ala kaart mõõdus 1 : 200 000 koosneb 14 lehest, kaart mõõdus 1 : 50 000 — 133 lehest jne.

Selleks, et hõlpsasti leida vajalikku kaardilehte teatud rajoonist, on koostatud nn. **kaardi kokkuseadelehed.**

Rahvusvahelise maailmakaardi (1 : 1 000 000) lehtede raamjoonte suurus on 6 pikkus- ja 4 laiuskraadi. Kaardilehtede ridu tähistatakse ladina tähestiku suurte tähtedega, alates ekvaatorilt põhja (N) ja lõuna (S) poole. Kaardilehtede veerge tähistavad araabia numbrid algusega 180-dalt Greenwich'i pikkuskraadilt (joon. 1).

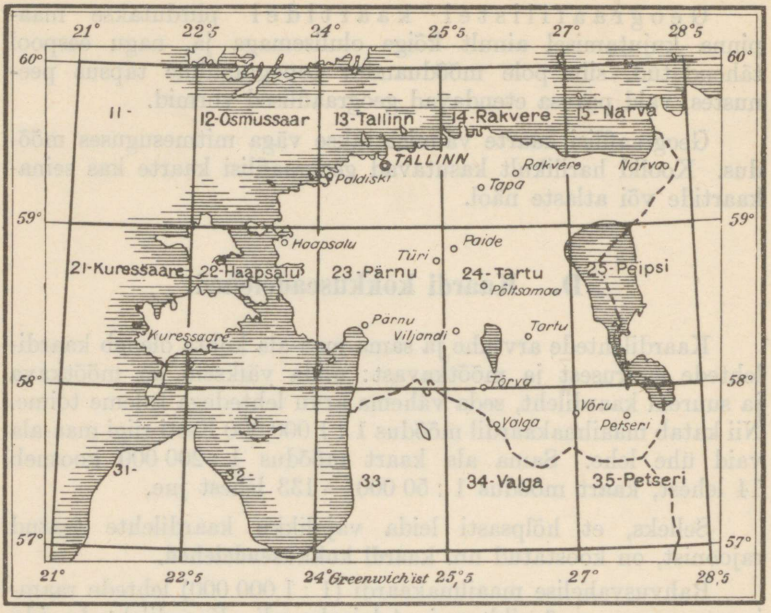
Sel viisil maailmakaardi lehte, millel on märgitud Tallinn, nimetatakse N. O. 35 (vt. joon. 1).

Eesti kaardi (mõõdus 1 : 50 000) lehed valitakse vastava lehe numbriga (109—1216).

Näide. Lehte, millel asub Paide linn, nimetatakse „kaardileheks nr. 510" (vt. joon. lk. 9).

Topograafilise põhikaardi (mõõdus 1 : 25 000) lehed valitakse vastava 1 : 50 000 lehe numbriga ja ilmakaarega.

Näide. Mustvee ümbruse topograafilise põhikaardi lehte nimetatakse „kaardileheks nr. 513-Ka" (vt. lk. 9), sest topograafilise põhikaardi leht, millele on märgitud Mustvee, asetseb 1:50 000 kaardilehel kaguosas (kaardileht 1:50 000 hõlmab nelja — Lo = loode, Ki = =kirre, Ka = kagu, Ed = edel — 1:25 000 kaardi lehte).



Joon. 3. Operatiivkaardi (mõõdus 1 : 200 000) kokkuseadeleht.

Operatiivkaardi (mõõdus 1 : 200 000) lehed valitakse vastava lehe numbriga (11—35).

Näide. Lehte, millele on märgitud Valga linn, nimetatakse „kaardileheks nr. 34" (joon. 3).

Kaardilehtede nimetamisel eestoodud näidete kohaselt pole vajadust märkida juurde kaardi nimetust, mõõtkava ega muud; lehe number (number ja ilmakaar) näitab juba, et leht kuulub kas Eesti kaarti mõõdus 1 : 50 000, topogr. põhikaarti mõõdus 1 : 25 000 või operatiivkaarti mõõdus 1 : 200 000.

E. Üldisi algmõisteid.

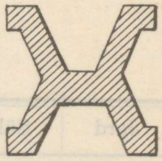
1. Meetermõõdustik.

Pikkuse määramiseks on tänapäeval rahvusvaheliselt kasutamisel meetermõõdustik. Vanasti kasutas inimene võrdlusmõõtudena mitmesuguseid vahendeid, peamiselt oma kehaosi — ta mää-

ras pikkust jala, sammu, vaksa, küünra, sülla jne. järgi. Need erinevad ja ebatäpsed mõõdud tekitasid raskusi rahvusvahelises läbikäimises, mis sundis otsima muutmatut loodusmõõtu. 17. sajandi lõpul pandi ette kasutada ühtlusmõõduna sekundipendli pikkust ja 18. sajandi keskel — keha vaba languse pikkust esimese sekundi jooksul. Lõpuks võeti Prantsusmaal ühtlusmõõduna kasutamisele 1 : 10 000 000 Pariisi läbiva veerandmeridiaani (ekvaatorist nabani) pikkusest, nimetades seda osa meetriks. Kuna Maa veerandmeridiaani hilisemad arvutused andsid erinevaid tulemusi (Bessel, 1841. a. — 10 000 856 m; Clark, 1880. a. — 10 001 868 m; Hayford, 1906. a. — 10 002 288 m jne.), loobuti defineerimast meetrit kui 1 : 10 000 000 veerandmeridiaani pikkusest ja nimetati meetriks rahvusvahelisele algmeetrile (arhiivimeetrile) märgitud kahe paralleelkriipsu ristjoonelist kaugust jää sulamise temperatuuris.

Aastal 1889 valmistati arhiivimeetrist teiste riikide jaoks 30 täpset koopiat plaatina- (90%) ja iriidiumi- (10%) sulamist. Üks neist koopiaist, mis osutus täpselt võrdseks arhiivimeetriga ja jäeti hoiule Rahvusvahelisse Mõõtude Büroosse Sèvres'is (Pariisi lähedal), nimetati rahvusvaheliseks prototüübiks (etalooniks). See prototüüp on meetermõõdustiku aluseks (joon. 4). Ühe nimetatud 30-nest koopiast muretses omale muuseas juba tollal ka Soome.

Hilisemal ajal valmistatud ja prototüübiga võrreldud meie meetrikoopiat säilitatakse Tartu ülikoolis.



Joon. 4. Meetermõõdu rahvusvahelise prototüübi ristläbilõige loomulikus suuruses.

Meetermõõdustiku pikkusühikud.

Kilomeeter (km)	Hektomeeter (hm)	Dekameeter (dm)	Meeter (m)	Detsimeeter (dm)	Sentimeeter (cm)	Millimeeter (mm)
1	10	100	1 000	10 000	100 000	1 000 000
	1	10	100	1 000	10 000	100 000
		1	10	100	1 000	10 000
			1	10	100	1 000
				1	10	100
					1	10

Vene pikkusmõõduühikuid.

Verst (v)	Süld (s)	Arssin	Küünar	Jalg (′)	Toll (″)	Liin (‴)
1	500	1 500	2 000	3 500	42 000	420 000
	1	3	4	7	84	840
		1	$^4/_3$	$2^1/_3$	28	280
			1	$1^3/_4$	21	210
				1	12	120
					1	10

Inglise pikkusmõõduühikuid.

Jard	Jalg	Toll
1	3	36
	1	12

Pikkusmõõtude ümberarvutamise tabel.

Jard	Süld	Arssin	Verssok	Jalg	Toll	Meeter
1	0,4286	1,2857	20,5714	3,0000	36,0000	0,9144
2,3333	1	3,0000	48,0000	7,0000	84,0000	2,1336
0,7778	0,3333	1	16,0000	2,3333	28,0000	0,7113
0,0486	0,0208	0,0625	1	0,1458	1,7500	0,0444
0,3333	0,1429	0,4286	6,8571	1	12,0000	0,3048
0,2778	0,0119	0,0357	0,5714	0,0833	1	0,0254
1,0936	0,4687	1,4061	22,4976	3,2809	39,3708	1

Kasutamise näide. 500 sülla (1 versta) muutmiseks meetriteks võetakse meetrite lahtrist arv, mis seisab süldade lahtri 1 kohal ja korrutatakse 500-ga, seega 500 sülda = 2,1336 × × 500 = 1 066,8 m.

2. Maa matemaatiline kuju ja suurus.

Maa matemaatilise pealispinna all mõistame Maakeraga sarnleva pöördellipsoidi ehk sferoidi (joon. 5) pinda, mille mõõted (seega Maa mõõted) Fr. W. Bessel'i 1842. a. arvutuste andmeil on järgmised:

suurem pooltelg (poolitaja ehk ekvaatori raadius)

$a = 6\,377\,397$ m;

väiksem pooltelg (Maa pöörlemistelg ehk polaarraadius)

$b = 6\,356\,079$ m;

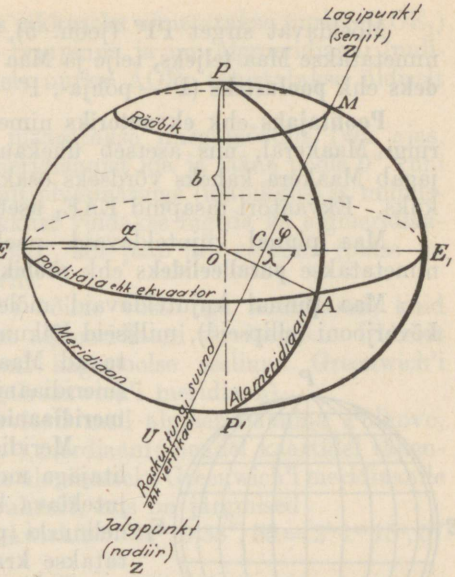
veerandmeridiaani pikkus (kvadrant)

$Q = 10\,000\,856$ m;

lapikus $p = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299}$.

Lapikus näitab, kuivõrd sferoid erineb kerast.

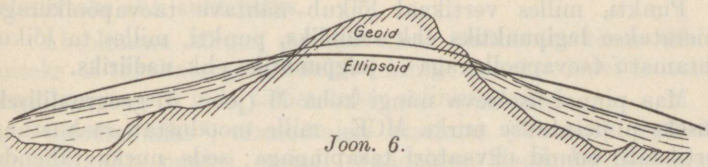
Maa keskmine raadius, kui Maakera vaadeldakse sfäärina (kerana), on $R = 6\,370\,000$ m.



Joon. 5.

Kui mõista Maa pinna all pinda, mis on igal pool risti raskustungi suunaga ja mis ühtib ookeanide keskmise nn. nivoopinnaga, saame Maa tõelise kuju **geoidi** ehk kerandi.

Geoid ei oma mingit korrapärast matemaatilist kuju. Erinevused geoidi ja pöördellipsoidi vahel pole suured; geoid on pöördellipsoidist mandril nullist kuni paarisaja meetrini kõrgemal ja ookeanidel kuni paarisaja meetrini madalamal (joon. 6).



Joon. 6.

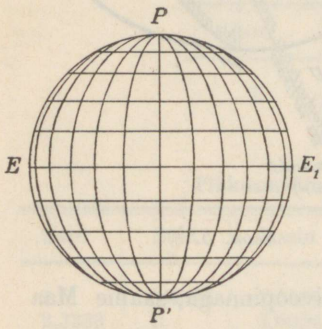
Kõikide Eesti riiklikkude geodeetiliste ja kartograafiliste mõõtmiste aluseks on ülaltoodud Besseli arvutatud Maa sferoid, millel ekvaator (poolitaja) ja rööbikud on ringid, meridiaanid — ellipsid.

Mõeldavat sirget PP′ (joon. 5), mille ümber pöörleb Maa, nimetatakse Maa **teljeks,** telje ja Maa pinna lõikepunkte — **nabadeks** ehk **poolusteks** (P — põhja-, P′ — lõunapoolus).

Poolitajaks ehk **ekvaatoriks** nimetatakse kujuteldavat suurringi Maakeral, mis asetseb ühekaugusel mõlemast nabast ja jagab Maakera kaheks võrdseks osaks — lõuna- ja põhjapoolmikuks. Ekvaatori tasapind EAE_1 asetseb risti Maa teljega.

Maa pinnal kujuteldavaid, poolitajaga paralleelseid ringe nimetatakse **paralleelideks** ehk **rööbikuiks.**

Maa pinnal kujuteldavaid mõlemaid nabasid ühendavaid kõverjooni (ellipseid), milliseid lõikumisel Maa pinnaga moodustavad Maa telge läbivad tasapinnad (meridiaanitasapinnad), nimetatakse **meridiaanideks.**



Joon. 7.

Meridiaanid ja rööbikud ühes poolitajaga moodustavad Maa pinnal kujuteldava kraadivõrgu, mille üksikuid nelinurki (poolusel—kolmnurki) nimetatakse **kraadisilmuseiks** (joon. 7).

Kahe rööbiku vahel asetsevad kraadisilmused moodustavad ümber Maakera käiva vöö, kahe meridiaani vahel olevad silmused — ühest nabast teiseni ulatuva siilu. Kraadisilmused ühes ja samas vöös on ühesuurused, siilus aga seda vähemad, mida kaugemal nad on poolitajast.

Vabalt rippuv raskus võtab Maa pinnal ikka ja alati kindla suuna, mille pikendus lõikab Maa telge. Seda sirget (joonisel 5 — MU) nimetatakse **raskustungi suunaks** ehk **vertikaaliks.**

Punkti, milles vertikaal lõikub nähtava taevapoolkeraga, nimetatakse **lagipunktiks** ehk **seniidiks,** punkti, milles ta lõikub nähtamatu taevapoolkeraga — **jalgpunktiks** ehk **nadiiriks.**

Maa pinnal asetseva mingi koha M (joon. 5) **geograafiliseks laiuseks** nimetatakse nurka MCE_1, mille moodustab raskustungi (vertikaali) suund ekvaatori tasapinnaga; seda nurka tähendatakse üldiselt tähega φ (fi) ja väljendatakse nurkmõõtudes poolitajast põhja ja lõuna poole 0° kuni 90° (nabal). Poolitajast põhja pool olevaid laiusi (põhjalaiusi) tähistatakse plussmärgiga (+), poolitajast lõuna pool olevaid laiusi (lõunalaiusi) — miinusmärgiga (—).

Koha M **geograafiliseks pikkuseks** nimetatakse nurka (AOE_1) kohta M läbiva meridiaani tasapinna ja nn. algmeridiaani (null-meridiaani) tasapinna vahel; nurka AOE_1 tähistatakse üldiselt tähega λ (lambda).

Geograafilist pikkust määratakse nurgamõõdus (või ajas, kusjuures $24^h = 360°$) algmeridiaanist ida ja lääne poole 0° kuni 180° ja tähistatakse vastavalt plussmärgiga (idapikkus) ja miinusmärgiga (läänepikkus). Pikkust võidakse lugeda ka algmeridiaanist (0°) ida suunas kuni 360°, siis jääb ära eelmine (pluss- ja miinusmärgiga) tähistamisviis.

Algmeridiaaniks (PAP′) võime võtta iga meridiaani, kuid otstarbekohasus tingib ühise algmeridiaani tarvitamist. Üldiselt on algmeridiaaniks Londoni kagupoolse eeslinna Greenwich'i tähetorni läbiv meridiaan (Greenwich'i meridiaan).

Varematel aastatel tarvitati meil algmeridiaanina Pulkovo, mõnedel kaartidel ka Ferro[1]) merdiaani; nendel kaartidel tähendatud geograafiliste pikkuste üleviimiseks Greenwich'i meridiaanile tuleb arvestada pikkuste vahesid, mis on järgmised:

Pulkovo asetseb Greenwich'ist $30°19'38'', 55 = 2^h 1^m 18^s, 57$ ida pool,

Ferro asetseb Greenwich'ist $17°39'46'', 05 = 1^h 10^m 39^s, 07$ lääne pool.

Koha geograafilist pikkust ja laiust nimetatakse selle koha **geograafilisteks koordinaatideks.**

Pikkus ja laius määravad küll koha (M) sferoidi pinnal, kuid et lõplikult määrata koha (M) asend, peame andma veel kolmanda koordinaadi, s.o. kõrguse.

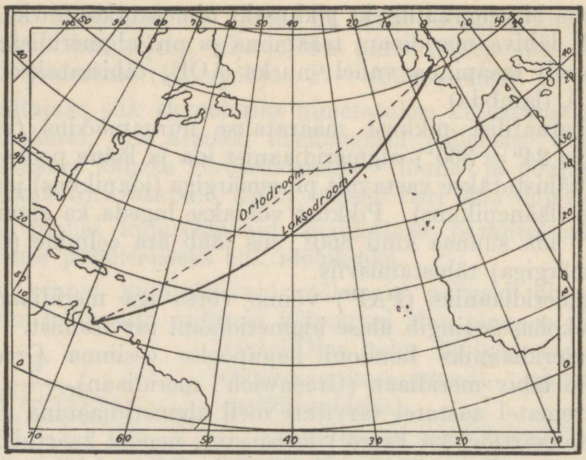
Kerandi ehk nn. nivoopinnast mõõdetud kõrgust nimetatakse **absoluutseks** ehk **merekõrguseks.** Kui mõõtmist on toimetatud mõnest muust loepinnast, siis nimetatakse seda kõrgust **relatiivseks** ehk **suhteliseks.**

Absoluutne kõrgus on pea alati positiivne, tema tähistamiseks ei tarvitata plussmärki. Ainult harukordadel ta osutub negatiivseks, siis teda tähistatakse miinusmärgiga.

Ortodroomiks[2]) nimetatakse otseimat (lühimat) teed Maa pinnal kahe punkti vahel. Vaadeldes Maad kerana, osutub ortodroomiks suurringi kaar. Kui vaadeldav suurring (orto-

[1]) Ferro meridiaaniks loetakse meridiaani, mis on Pariisi tähetorni meridiaanist 20° lääne poole.

[2]) Ortodroom — otsejooks.



Joon. 8. Ortodroom ja loksodroom koonuselises projektsioonis (mõõt 1 : 120 000 000).

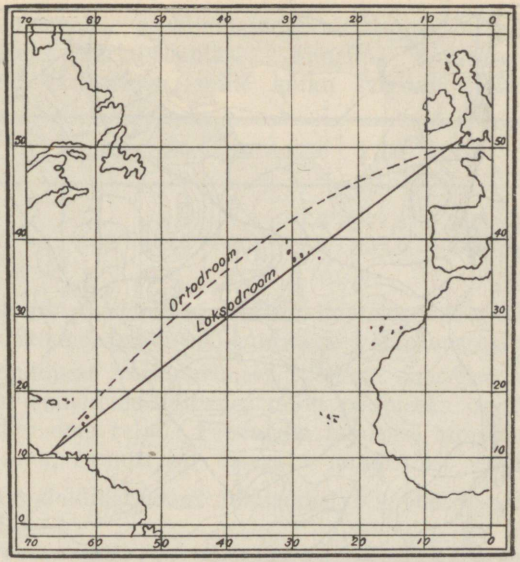
droom) ei lange ühte mõne meridiaaniga või ekvaatoriga, siis ta lõikub iga meridiaaniga isesuguse nurga all.

Loksodroom[1]) seevastu on niisugune kõverjoon Maakera pinnal, mis lõikab kõiki meridiaane ühe ja sama alguses määratud nurga all (joon. 8 ja 9). Loksodroomi kasutavad meremehed sõiduteeks, sest nad juhivad laeva kompassi järgi, mis näitab nurka laeva liikumissihi ja meridiaani vahel (kurssi). Kui kurss on muutmatu, liigub laev mööda loksodroomi.

3. Maamagnetism.

Maa magnetilisi nähteid, nagu vabastatud magnetnõela asetumist põhja-lõuna sihis jne., nimetatakse maamagnetismiks. Tungi, mis hoiab magnetnõela kindlas suunas, nimetatakse **totaalintensiivsuseks.** Totaalintensiivsus on jaotatav rõht- ja püstkomponendiks. Topograafias huvitab meid vabastatud magnetnõela rõhtseis, mille suunda nimetatakse **magnetimeridiaaniks** või **magnetipõhjaks.** Magnetimeridiaan ei ühti geograafilise meridiaaniga. Nurk magnetilise ja geograafilise meridiaani vahel on **magnetiline deklinatsioon.** Magnetilist deklinatsiooni loetakse

[1]) Loksodroom — viltujooks.



Joon. 9. Ortodroom ja loksodroom Mercatori silindrilises projektsioonis (mõõt 1:120 000 000).

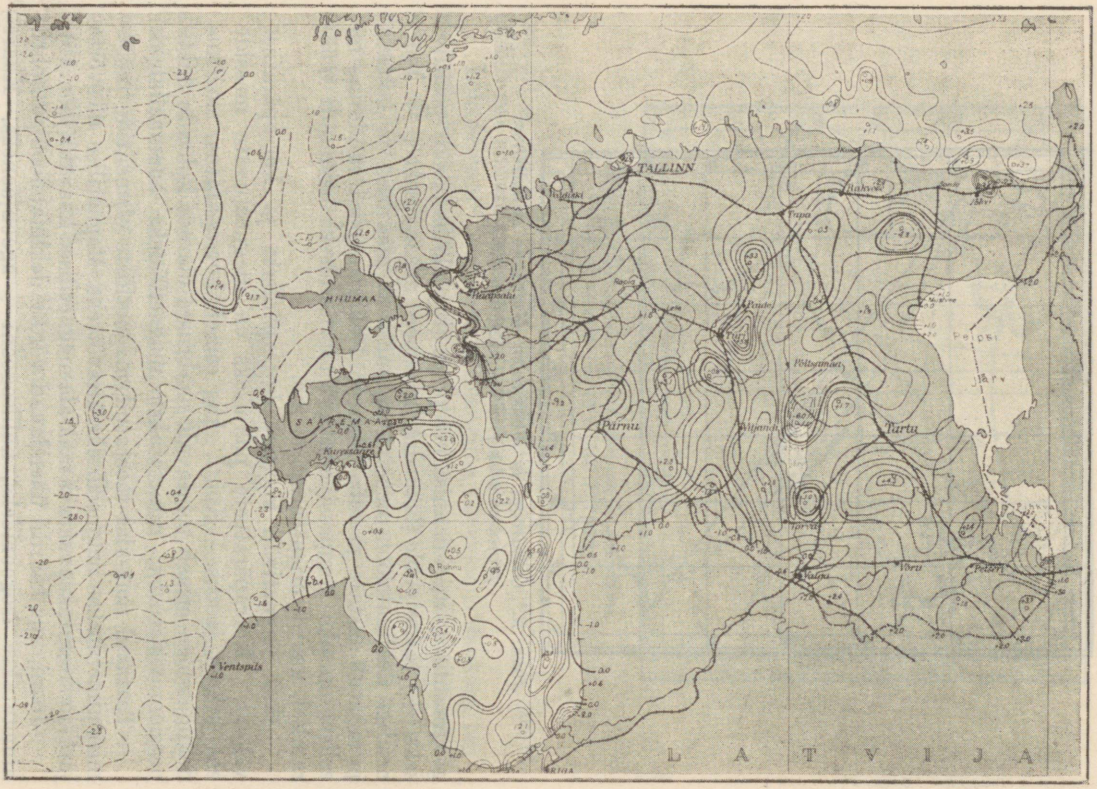
geograafilisest meridiaanist ida poole (idadeklinatsioon) positiivseks (+), lääne poole (läänedeklinatsioon) negatiivseks (—). Magnetiline deklinatsioon oleneb geograafilisest pikkusest ja laiusest ja muutub aastate ja ööba[1]) kestel. Deklinatsiooni tundmine on eeltingimuseks kompassi edukaks tarvitamiseks asimuudi määramisel, kaardi orienteerimisel jne.

Maa magnetiväli koosneb korrapärasest ja korrapäratust väljast. Korrapäratuste põhjuseks on magneetuvate masside ebaühtlane jaotus. Kohti, kus esineb korrapäratus, s.o. kus deklinatsioon erineb tunduvalt naabruses olevate kohtade deklinatsiooniväärtusist, nimetatakse **magnetilisteks anomaaliateks.**

Teataval maa-alal teostatud magnetiliste elementide mõõtmist nimetatakse magnetiliseks ülesvõtteks. Magnetilise ülesvõtte järgi joonestatakse vastava maa-ala magnetilised kaardid (joon. 10).

Jooni, mis kaardil ühendavad võrdse deklinatsiooniga kohti, nimetatakse **isogoonideks,** nullisogooni — **agoonjooneks.** Kaart on õige vaid tema koostamise aja kohta, sest deklinatsioon

[1]) ööp, ööba = ööpäev, 24 tundi.



Joon. 10. Isogoonide kaart.

muutub pidevalt. Deklinatsiooni muutumist ajas nimetatakse **magnetiliseks variatsiooniks.** Suurima muutuse moodustab sekulaarne variatsioon, mille käiku selgitab alljärgnev tabel.

Koht \ Aasta	1550	1600	1650	1700	1750	1810	1850	1900
London . .	..	—9,8°	—1,8°	+7,2°	+17,8°	+24,3°	+22,4°	+15,0°
Pariis . . .	—8,8°	—8,9°	—2,2°	+8,0°	+17,5°	+22,6°	+20,8°	+13,0°

Eestis toimub praegusel ajal idadeklinatsiooni suurenemine (sekulaarse variatsiooni muutus) umbes 8′ võrra aastas.

Perioodilisist variatsioonest (päikese suhtelise asendi tagajärjel) on suurimaid ööbane, mille põhjuseks on Maa pöörlemine ümber oma telje. Päeval on muutuse amplituud suurem, öösi väiksem, samuti on märgata muutumist suvel ja talvel.

Ööbast deklinatsiooni muutumist Münchenis näitab alljärgnev tabel.

Kellaaeg \ Aastaaeg	Talv	Kevad ja sügis	Suvi
0^h	—1,0′	—1,0′	—1,0′
2	—0,5′	—1,0′	—1,0′
4	0,0′	—1,0′	—1,5′
6	0,0′	—1,0′	—3,0′
8	—0,5′	—2,5′	—3,5′
10	+0,5′	—1,0′	0,0′
12	+2,0′	+3,5′	+4,0′
14	+2,0′	+4,0′	+5,0′
16	+0,5′	+2,0′	+2,5′
18	0,0′	0,0′	0,0′
20	—1,0′	—0,5′	0,0′
22	—1,5′	—1,0′	—0,5′
24	—1,0′	—1,0′	—1,0′

Tabelis märgib + läänedeklinatsiooni suurenemist ja — kahanemist.

Peale korrapäraste esinevad veel korrapäratud variatsioonid, nn. **magnetilised häired** ehk **tormid.** Viimased tekivad äkki kogu Maakeral üheaegselt ega moodusta, nagu eelmised, pidevalt esinevat nähtust.

4. Kaardiprojektsioone.

a) Projektsioonide omadused.

Kuna Maa on kerajas keha, siis tema pinna loomutruu kujutamine (geomeetriliselt õige ülekanne) on võimalik ainult gloobusel. Kaardil on Maakera kumer pind tasapinnastatud. Selle tagajärjel on moonutatud joonte ja kujude sarnasus pikkuste, pindade ja nurkade suhtes.

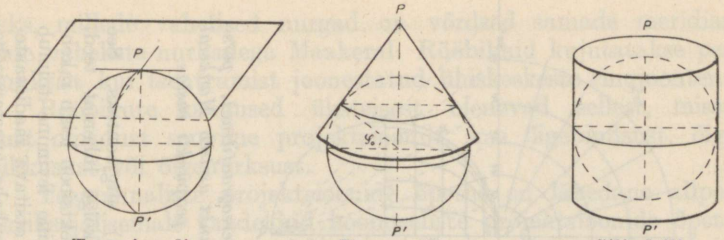
Kohaste kaardiprojektsioonide valikuga on võimalik kõrvaldada ühte või teist neist puudustest või muuta neid praktiliselt märgatamatuiks. Selleks kasutatakse nelja liiki isesuguste omadustega kujutusviise:

1) **õigepikkuselised** ehk **ekvidistantsed** — neis on alal hoitud õiged pikkused vaid teatavates suundades, näit. meridiaanide või rööbikute sihis; nende joonte mõõtu nimetatakse kaardi peamõõduks; see mõõt pole maksev kaardi muis osades;
2) **õigepindsed** ehk **ekvivalentsed** — mõõdule vastavate loomutruude pindaladega;
3) **õigenurksed** ehk **konformsed** — neis esinevad kõikjal õiged nurgad;
4) **sobedad** ehk **konventsionaalsed** — kombinatsioon eespoolnimetatud projektsioonest.

Kaardi projitseerimine toimub kujutuspinna abil, milleks on tasapind ja tasapinnaliseks laotatav koonuse- või silindripind. Kujutuspind võib puutuda kera pinda ühes punktis või puutuda või lõigata seda mingisugust joont mööda. Kujutuspinnale projitseeritakse konstruktiivselt või matemaatiliste valemite abil meridiaanide ja paralleelide võrk. Kuna iga maastikupunkti võib vaadelda kui mingisuguse meridiaani ja paralleeli lõikepunkti, siis kaardi projitseerimise ülesanne on seega lahendatud.

Õiged pikkused, õiged pinnad ja õiged nurgad esinevad projektsioonis ühtaegu vaid puutepunktis või puutejoonel. Moonutused kasvavad seda suuremaks, mida kaugemale eemaldume puutekohast.

Olenevalt kujutuspinnast eristatakse kolm tähtsamat kaardiprojektsioonide liiki: tasapinnalised, silindrilised ja koonuselised projektsioonid (joon. 11).



Tasapinnaline projektsioon. *Koonuseline projektsioon.* *Silindriline projektsioon.*

Joon. 11.

Kujutuspinnaks kasutatava tasapinna, koonuse või silindri asendi järgi Maa telje suhtes jaotatakse projektsioone veel püst-, rist- ja kaldprojektsioonideks. Projektsioone nimetatakse veel perspektiivseiks, kui nad on konstrueeritud perspektiivseaduste kohaselt.

Projitseerimisel vaadeldakse Maa pinda kerana, kui kaardi mõõtkava on vähem kui 1 : 1 000 000, vastasel korral — sferoidina.

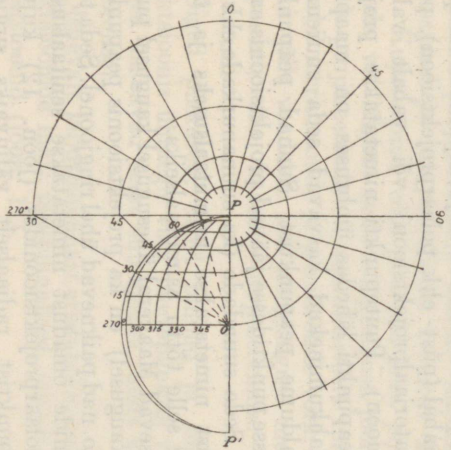
Allpool kirjeldatavais projektsioones vaadeldakse Maad sfäärina (kerana). Projektsiooni ülekandmiseks sfäärilt sferoidile kasutatakse vastavaid valemeid ja õpetusi.

b) Tasapinnalisi projektsioone.

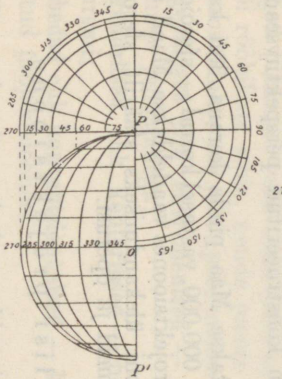
Tasapinnalistes projektsioonides on kujutuspinnaks tasapind, mis puutub Maakera nabal (püst- ehk polaarprojektsioon), poolitajal (rist- ehk ekvatoriaalprojektsioon) või vabalt valitud punktis (kaldprojektsioon). Puutepunkti nimetatakse projektsiooni **peapunktiks.** Peapunkti lähedas ümbruses on maapinna kujutus loomutruu; lahkuminekud kasvavad seda suuremaks, mida kaugemale eemaldume peapunktist. Suunad peapunktist selle ümbruses olevatesse punktidesse jäävad projektsioonis samadeks kui Maa pinnal. Seda suundade (ka suunanurkade ehk asimuutide) loomutruudust nimetatakse **asimutaalsuseks** ja tasapinnalisi projektsioone selle tõttu asimutaalseiks.

Punktid, mis asetsevad Maakeral ühesugusel kaugusel puutepunktist (ühisel seniitkaugusel) on ka projektsioonis peapunktist ühesugusel kaugusel s.o. nad paiknevad ühel ringjoonel. Seda tasapinnaliste projektsioonide omadust nimetatakse **senitaalsuseks.**

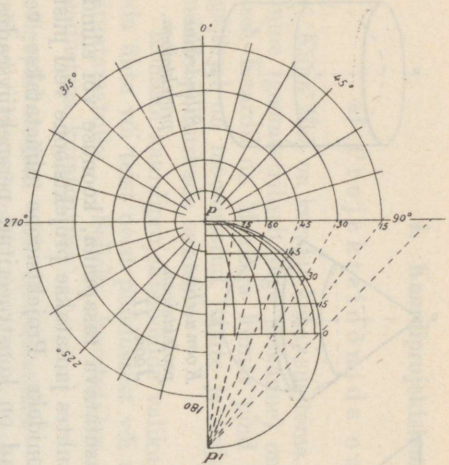
Tasapinnalistes polaarprojektsioonides (joon. 12) kujunevad meridiaanid peapunktist radiaalselt väljuvaiks sirgjoon-



Tsentraalne (gnomooniline)[1]*, perspektiivi silmapunkt asetseb Maakera keskuses.*



Õigepikkune rööbikute suunas, (ortograafiline) perspektiivi silmapunkt asetseb Maakera lõpmatuses.



Õigenurkne (stereograafiline), perspektiivi silmapunkt asetseb Maakeral projektsiooni peapunkti vastas.

Joon. 12.

[1]) Gnomoonilises projektsioonis kujunevad Maakera suurringi kaared (ortodroomid) sirgjoonteks. See omadus on põhjuseks selle projektsiooni rakendamiseks seal, kus on kasulikum liikuda kõige lühemat teed, näit. merenduses — ookeanisõitudel ja õhuasjandusns — kaugelendudel. Gnomooniline projektsioon leiab rakendamist ka kohamääramisel raadiolainete abil ning raadioluures, sest raadiosaatejaama laine levimine toimub pikki Maakera suurringi kaari. Kahest kohast (raadiogoniomeetrilisest jaamast) määratud otsitava raadiosaatejaama laine levimissihi peilingi (asimuudi) märkimine kaardile on küllaldane saatejaama asukoha avastamiseks.

teks, millede vahelised nurgad on võrdsed samade meridiaanide vaheliste nurkadega Maakeral. Rööbikuid kujutatakse peapunktist kui tsentrumist joonestatud ühiskeskeste ringjoontena.

Rööbikute kaugused üksteisest olenevad sellest, missugust omadust soovime projektsioonilt, kas õigepindsust, õigepikkusust või õigenurksust.

Tasapinnaliste projektsioonide õpetus on lähedane allpool üksikasjalisemalt vaadeldud koonuseliste projektsioonide õpetusega, sest tasapinnaline projektsioon on koonuseliste projektsioonide eri juht. Lahkuminek seisab ainult selles, et projitseeritud kraadivõrk, mis tasapinnalises projektsioonis esineb täisringina, on koonuselises projektsioonis vaid sektor.

Tasapinnalisi projektsioone kasutatakse peamiselt polaarmaade projitseerimiseks kaardile ja tähekaartide koostamiseks. On endastmõistetav, et kraadivõrk ja taevakehad projitseeritakse sel juhul kujutuspinna vastasküljele, s.o. nii, nagu taevalaotus meile näib.

Meie kaardiasjanduses seni pole rakendatud tasapinnalisi projektsioone.

c) Silindrilisi projektsioone.

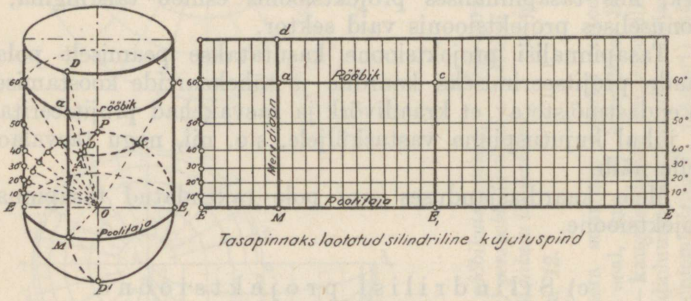
Silindrilistes projektsioonides on kujutuspinnaks silindri pind, millele Maakera kraadivõrk projitseeritakse nii, et oleksid täidetud kas õigepikkususe, õigepindsuse või õigenurksuse nõuded. Silindrilistest projektsioonidest kõige enam kasutatakse püstprojektsioone. Püstprojektsiooni kasutamisel silindriline kujutuspind asetatakse nii, et selle telg ühtiks Maa teljega. Silindri pind võib seejuures puutuda Maad poolitajal või lõikuda Maaga mõnda rööbikut mööda. Kujuteldavad Maa meridiaanide tasapinnad, lõigates siis silindrilist kujutuspinda, projitseerivad meridiaane silindripinnale paralleelsete sirgjoontena, kuna rööbikud kantakse silindripinnale võrdsete, poolitajaga rööbiti jooksvate, ringidena.

Pärast laotamist tasapinnaks saame kujutuspinnal rööbiti jooksvaist paralleelidest ja neid nurgi lõikavaist meridiaanidest moodustatud kraadivõrgu, mille silmused on kõik täisnurksed nelinurgad. Rööbikute vahelised kaugused määrab projektsiooni omadus, s.o. kas õigepikkusus, õigepindsus või õigenurksus.

Silindrilistest projektsioonidest kasutatakse meil Mercatori õigenurkset projektsiooni (joon. 13) mere- ja rannasõidu kaartide

koostamiseks, mispärast see projektsioon väärib lähemat selgitamist.

Nagu nägime, kujunevad igas silindrilises projektsioonis meridiaanid paralleelseiks sirgjoonteks ja seetõttu on Mercatori projektsioonis kõik rööbikud ühepikkused ja võrdsed poolitajaga, mis võrdub $2\pi R$. Tõeliselt aga mingi rööbiku pikkus (joon. 5) on $2\pi R . \cos \varphi$. Järelikult kraadisilmused venitatakse projektsioonis, kusjuures venitamise määraks on projitseeritud pikkuse ja õige pikkuse jagatis, s.o. $\frac{2\pi R}{2\pi R \cos \varphi} = \frac{1}{\cos \varphi}$.



Joon. 13. Mercatori silindriline projektsioon.

Õigenurksuse säilitamiseks tuleb rööbikute sihis venitatud kraadisilmuseid suurendada meridiaanide sihis samuti $\frac{1}{\cos \varphi}$ määral. Laiuse φ suurenedes, suureneb ka funktsioon $\frac{1}{\cos \varphi}$, seepärast on Mercatori projektsioonis rööbikute vahe seda suurem, mida kaugemal nad on poolitajast. Nabal φ on 90°, $\cos \varphi = 0$ ja $\frac{1}{\cos \varphi}$ on lõpmatu suur, mispärast nabad pole üldse projitseeritavad.

Hoolimata pindala moonutusest säilivad nurgad selles projektsioonis loomutruudena. See asjaolu omab suurt tähtsust meresõidu seisukohalt, sest laeva juhitakse loksodroomi mööda, ja praktiliseks kasutamiseks on väga oluline, et see joon oleks kaardil sirgjoon. See kasulik omadus on saavutatud ainult Mercatori õigenurkses silindrilises projektsioonis.

Mercatori kaardi koostamiseks on tarvis teada poolitaja kraadi pikkust (kraadimõõtu) ja rööbikute projitseeritavaid kaugusi poolitajast.

Meie merekaardid projitseeritakse lõikesilindri pinnale, milline asjaolu ei muuda kraadivõrku ja ainult vähendab kraadimõõtu. Sellega saadakse kätte, et valitud lõikerööbik on õigepikkune ja kaardimõõt selle pearööbiku läheduses on praktiliselt muutumatu (1 : 50 000 kaardilehel, näiteks, pearööbikust 59°35′ põhja ja lõuna poole). Tegelikult aga kaardimõõt suureneb pearööbikust põhja poole ja väheneb pearööbikust lõuna poole $\frac{1}{\cos \varphi}$ määral.

Kuna Mercatori kaardil laiuskraadi (vertikaalraami) mõõt on võrdne poolitaja kraadide mõõduga, mille üks minut on üks meremiil ehk merepenikoorem, s.o. 1 852 m, siis Mercatori kaardil hinnatakse kaugusi vastava koha vertikaalraami minutite järgi.

d) Koonuselisi projektsioone.

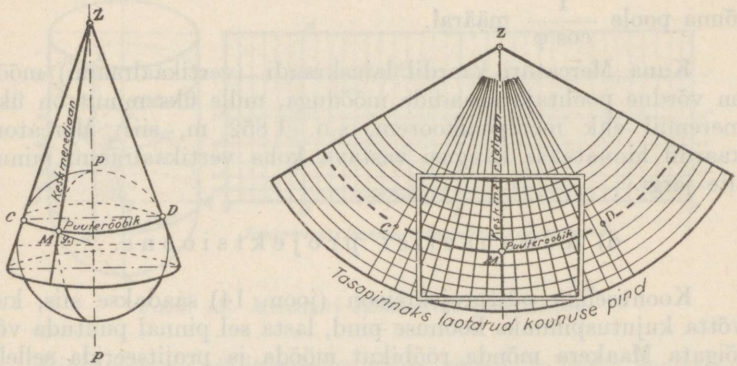
Koonuseline püstprojektsioon (joon. 14) saadakse siis, kui võtta kujutuspinnaks koonuse pind, lasta sel pinnal puutuda või lõigata Maakera mõnda rööbikut mööda ja projitseerida sellele koonusepinnale kindlate matemaatikaseaduste või konstruktiivsete viiside järgi Maakera kraadivõrk. Koonuse teissuguste asendite korral Maakera telje suhtes võib olla veel koonuselisi rist- ja kaldprojektsioone, missuguseid aga tarvitatakse harva.

Koonuselised projektsioonid on lähedased tasapinnalistele ja silindrilistele projektsioonidele, sest viimased on õieti koonuseliste projektsioonide eri juhtudeks. Kui koonuselise kujutuspinna nurk külgjoone ja telje vahel suureneb 90°-ni, muutub koonuse pind tasapinnaks, mis puutub Maakera mitte enam ringjoont mööda, vaid ainult ühes punktis. Kui aga see nurk väheneb 0°-ni, siis koonuse pind muutub silindri pinnaks.

Koonuselises püstprojektsioonis koonuse telg ühtib Maa teljega ja meridiaanid kujunevad koonuse pinnal koonuse tippu koonduvaiks sirgjoonelisiks puutujaiks, rööbikud aga — koonuse tipu poole vähenevaiks ringideks. Projitseeritud rööbikute vastastikusest kaugusest oleneb projektsiooni omadus ja nimelt: õigenurksus, õigepikkusus või õigepindsus.

Kujutuspinna laotamisel tasapinnale saame tasapinnalise sektori, millel meridiaanid esinevad keskpunktist väljuvate kiirekimbuna ja rööbikud sellest keskpunktist joonestatud ühiskeskeste ringikaartena. Neist puuteröövik (lõikeröövikud) on õigepikkune, teised rööbikud on aga kas pikemaks venitatud või surutud lühemaks, sest koonuseline kujutuspind asetseb väljaspool või osalt seespool (lõikekoonus) Maakera.

Projektsiooni konstrueerimiseks on vaja teada sektori kesknurka, kesknurgast olenevaid nurkasid meridiaanide vahel ja raadiusi rööbikute joonestamiseks.



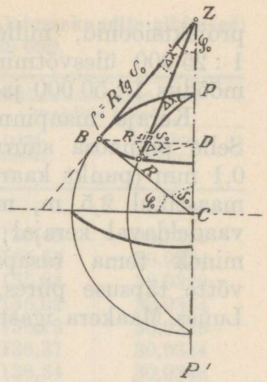
Joon. 14. Koonuseline püstprojektsioon.

Sektori kesknurk oleneb puuteröövikiku laiusest (joon. 15). Mida suurem on puuteröövikiku laius, seda suurem on nurk koonuse telje ja külgjoone vahel, ühtlasi on suurem ka tasapinnale laotatud sektori kesknurk.

Puuteröövik, mis Maakeral esineb $2\pi R \cos \varphi_0 = 2\pi R \sin \delta_0$ pikkuse suletud ringjoonena, on sektoril ringikaar, mille raadiuseks on koonuse külgjoon $BZ = \rho_0 = R \operatorname{ctg} \varphi_0 = R \operatorname{tg} \delta_0$; vastava ringjoone pikkus on $2\pi R \operatorname{ctg} \varphi_0$. Järelikult sektori kaar on vähem täisringist $n = \dfrac{2\pi R \cos \varphi_0}{2\pi R \operatorname{ctg} \varphi_0} = \sin \varphi_0$ korda.

Seega sektori kesknurk on $360° \cdot \sin \varphi$ ja mingi kahe meridiaani vahel olev nurk $\Delta\lambda$ kujuneb projektsioonis (sektoril) võrdseks $\Delta\lambda \sin \varphi_0 = \Delta\lambda'$, mida nimetatakse **meridiaanide koonduseks.** Arvu $n = \sin \varphi_0$ nimetatakse **koonuselise projektsiooni konstandiks.**

Puuteröövbiku raadiuseks on koonuse külgjoone osa tipust kuni rööbikuni, mis võrdub R ctg φ_0. Teiste rööbikute raadiused olenevad sellest, missuguseid omadusi soovime projektsioonilt — kas õigenurksust, õigepikkusust või õigepindsust.



Joon. 15.

Õigenurkset koonuselist projektsiooni arendasid matemaatikud Lambert (sünd. 1728, † 1777) ja Gauss (sünd. 1777, † 1855), mispärast seda projektsiooni nimetatakse ka Lambert-Gaussi projektsiooniks[1]). Nagu õigenurkses silindriliseski projektsioonis, saavutatakse ka siin õigenurksus sellega, et rööbikud nihutatakse üksteisest seda enam eemale, mida kaugemal nad on puuteröövbikust, s.t. mida pikemaks nad on venitatud projektsioonis.

Meie „Eestimaa kaart" mõõdus 1 : 300 000 on koostatud Lambert-Gaussi projektsioonis. Ka üleriigiline ristkoordinaadistik on arendatud selles projektsioonis, kusjuures polüeedripind riigi territooriumi ulatuses praktiliselt ühtib puutekoonuste pindadega, millede puuteröövbikuiks on Põhja-Eestis 59°6′, Lõuna-Eestis 58°6′ (vt. lähemalt „Üleriigiline ristkoordinaadistik").

e) Sobedaid (konventsionaalseid) projektsioone.

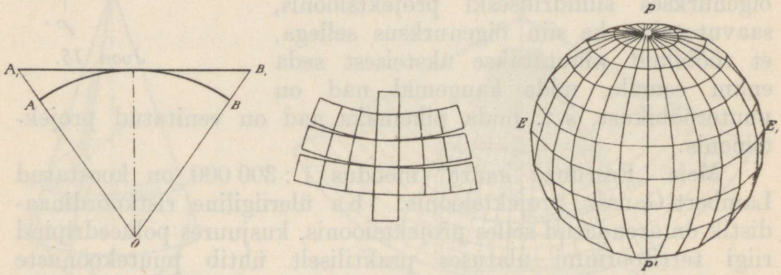
Tasapinnalised, silindrilised ja koonuselised kaardiprojektsioonid moodustavad nn. korraliste projektsioonide rühma, sest nende abil projitseeritakse kaardivõrk (maastiku punktid) kujutuspinnale tavaliste geomeetria- või perspektiiviseaduste järgi.

Peale nende on aga veel olemas rida vabalt ühe või teise põhimõtte järgi konstrueeritavaid projektsioone, mis oma välise kuju poolest sarnanevad kas koonuseliste, silindriliste või tasapinnaliste projektsioonidega ja mida seetõttu nimetatakse sobedaiks ehk konventsionaalseiks projektsiooneks. Siia rühma kuuluvad koonuselise projektsiooniga sarnanevad polüeedrilised

[1]) Valemid Lambert-Gaussi õigenurkse koonuselise projektsiooni konstrueerimiseks on avaldanud kol.-leitn. F. Oja raamatus „Geodeet III ja VIII", Eesti Geodeetide Ühingu väljaanne, Tallinn, 1928.

projektsioonid, milles toimub meie topograafilise põhikaardi 1 : 25 000 ülesvõtmine maastikul ja on valmimas Eesti kaart mõõdus 1 : 50 000 ja operatiivkaart 1 : 200 000.

Keraja maapinna väikest osa võib vaadelda tasapinnana. Selle pinnaosa suuruse määrab kaardistamise täpsus, mis on 0,1 mm (punkt kaardil); mõõtkavas 1 : 25 000 vastab 0,1 mm maastikul 2,5 m, mõõtkavas 1 : 50 000 — 5 m jne. Kui nüüd vaadeldaval kerajal maapinnaosal kaare AB (joon. 16-a) lahkuminek tema tasapinnalisest projektsioonist A_1B_1 on ülesvõtte täpsuse piires, siis võib seda vaadelda kui tasapinda[1]). Luues Maakera igast kraadisilmusest või selle osast sellise tasa-



Joon. 16-a. *Joon. 16-b.* *Joon. 16-c.*

pinna, mis kujutab trapetsit (joon. 16-b), saame kerajast pinnast matemaatiliselt vaadatuna hulktahu ehk polüeedri (joon. 16-c), mille pinnale projitseeritakse loodide abil (ortograafiline projitseerimisviis) maapinna kujutis. Seesugust projektsiooni nimetatakse polüeedriliseks.

Rööbikute sihis iga niisugust trapetsite ringi võib vaadelda kaardi täpsuse piires kui lõikekoonuse pinda, millele on rakendatav ka koonuseline projektsioon.

Meie topograafilise põhikaardi 1 : 25 000 trapetseid piiravad 6 laius- ja 12 pikkusminutit (umbes 11 ja 12 km), Eesti kaardi mõõdus 1 : 50 000 trapetseid 12 laius- ja 24 pikkusminutit (umbes 22 ja 24 km), operatiivkaardi 1 : 200 000 trapetseid — üks laiuskraad ja poolteist pikkuskraadi.

[1]) Kui Maa raadiust R arvata võrdseks 6 370 km, siis 1 km pikkuse kaare lahkuminek tema tasapinnalisest projektsioonist on 0,0008 cm, 10 km — 0,82 cm ja 100 km — 8,2 m, s.t. lahkuminek kasvab võrdeliselt pikkuse kuubiga.

Kaardilehtede trapetsite mõõdud (geogr. pikkus- ja laiussekundite pikkused) topograafilisele põhikaardile 1 : 25 000.

Geogr. laiused	Rööbikuil		Meridiaanidel antud laiuskraadide vahel	
	12 pikkusminutit m	1 pikkussekund m	6 laiusminutit m	1 laiussekund m
57°24′	12 022,27	16,6976		
30	11 989,51	16,6521	11 135,48	30,9319
36	11 956,68	16,6065	11 135,66	30,9324
42	11 923,85	16,5609	11 135,84	30,9329
48	11 890,94	16,5152	11 136,02	30,9334
54	11 858,04	16,4695	11 136,19	30,9339
58° 0	11 825,14	16,4238	11 136,37	30,9344
6	11 792,16	16,3780	11 136,54	30,9348
12	11 759,11	16,3321	11 136,72	30,9353
18	11 726,06	16,2862	11 136,89	30,9358
24	11 692,94	16,2402	11 137,07	30,9363
30	11 659,82	16,1942	11 137,24	30,9368
36	11 626,63	16,1481	11 137,42	30,9373
42	11 593,44	16,1020	11 137,59	30,9378
48	11 560,25	16,0559	11 137,77	30,9382
54	11 526,91	16,0096	11 137,94	30,9387
59° 0	11 493,65	15,9634	11 138,11	30,9392
6	11 460,31	15,9171	11 138,26	30,9396
12	11 426,90	15,8707	11 138,47	30,9402
18	11 393,50	15,8243	11 138,62	30,9406
24	11 360,09	15,7779	11 138,83	30,9412
30	11 326,54	15,7313	11 138,98	30,9416
36	11 293,06	15,6848	11 139,16	30,9421
42	11 259,50	15,6382	11 139,30	30,9425
59°48′	11 225,88	15,5915	11 139,48	30,9430

Eesti kaardile 1 : 50 000.

Geogr. laius	Rööbikuil 24 pikkusminutit m	Meridiaanidel antud laiuskraadide vahel 12 laiusminutit m	Geogr. laius	Rööbikuil 24 pikkusminutit m	Meridiaanidel antud laiuskraadide vahel 12 laiusminutit m
57°24	24 044,54	22 271,15	58°36	23 253,26	22 275,36
36	23 913,36	22 271,87	48	23 120,50	22 276,04
48	23 781,89	22 272,59	59° 0	22 987,30	22 276,73
58° 0	23 650,27	22 273,24	12	22 853,81	22 277,45
12	23 518,22	22 273,96	24	22 720,18	22 278,13
24	23 385,89	22 274,68	36	22 586,11	22 278,78
36	23 253,26		48	22 451,76	

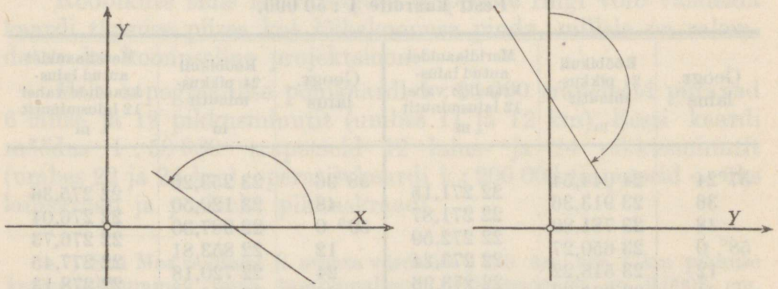
Operatiivkaardile 1 : 200 000.

Geogr. laius	Rööbikuil $1^1/_2$ pikkuskraadi m	Meridiaanidel antud laiuskraadide vahel 1 laiuskraad m
57°0′	91 147,14	111 355,74
58°0′	88 688,52	111 373,38
59°0′	86 202,36	111 390,59
60°0′	83 689,74	

5. Üleriigiline ristkoordinaadistik.

Igasugusel kaardiprojektsiooni kujutuspinnal, mis on laotatav tasapinnaks, on võimalik määrata punkte ristkoordinaatides s.o. analüütilises geomeetrias tuntud ristjoonelises teljestikus abstsissi ja ordinaadi abil. Analüütilises geomeetrias kasutatavat Y- ja X-telge tähistatakse geodeesias vastupidi, s.o. X-telg suundub lõunast põhja, Y-telg läänest itta. See asjaolu on tingitud suundade vastupidisest lugemisest neis õpetusis, nimelt loetakse geodeesias suundasid lõuna-põhja sihist kellaosuti liikumise suunas, kuna analüütilises geomeetrias loetakse neid X-teljest vastupidi (joon. 17).

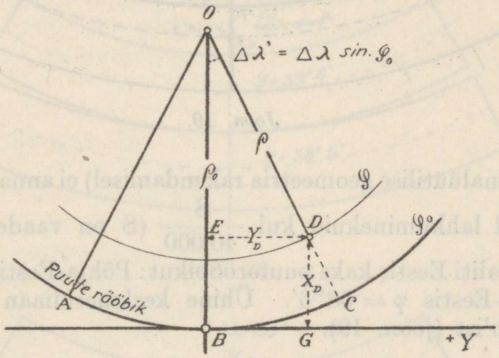
Nagu eespool on selgitatud, valmivad meie 1 : 25 000 ja 1 : 50 000 kaardi lehed polüeedrilises projektsioonis, missugune kujutuspind pole laotatav tasapinnaks. Esialgu näib, et



Analüütilises geomeetrias. *Geodeesias.*

Joon. 17.

ristkoordinaadid pole siin rakendatavad. Suuremal maa-alal oleks see ka tõesti nii, kuid Eesti territooriumi ulatuses vastav polüeedripind ühtib praktiliselt täiesti tasapinnaks laotatava puutekoonuse kujutuspinnaga, s.t. mõlema projektsiooni kaardivõrk satub kokku, seda enam et on valitud, nagu allpool näeme, kaks puutekoonust. Neil kujutuspindadel arvutatud Lambert-Gaussi ristkoordinaatide ruudustik[1]) on täiesti kasutatav polüüedripinnal, sest tekkivad lahkuminekud ei ületa $^1/_{40\,000}$ pikkusest, mis on kaardistamise täpsuse piires.



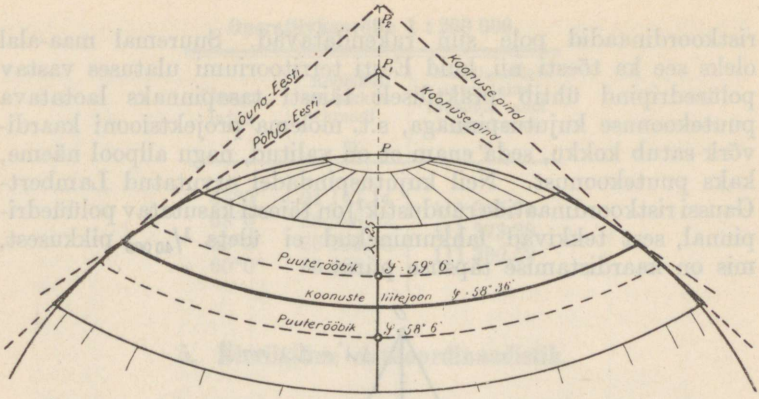
Joon. 18.

Ristkoordinaatide leidmise selgitamiseks kujutame tasapinnalise sektoriga OABC (joon. 18) osa koonuselise projektsiooni laotatud kujutuspinnast ja võtame X-teljeks sektori keskmeridiaani OB, kuna Y-teljeks võtame keskmeridiaaniga perpendikulaarse abijoone BG. Siis kujunevad rööbiku φ ja meridiaani OC lõikepunkti D koordinaadid järgmisteks:

$$X_D = GD = EB = \rho_0 - \rho \cos \Delta\lambda',$$
$$Y_D = BG = ED = \rho \sin \Delta\lambda'.$$

Koonuselise projektsiooni konstrueerimisel puutekoonuse abil nägime, et projitseeritavad rööbikud kujutuspinnal venitati seda pikemaks, mida rohkem eemaldusime puuterööbikust. Õigenurksuse säilitamiseks tuli neid edasi nihutada ka meridiaanide suunas. Sellega venitati projektsioonis kaugusi. Et arvu-

[1]) Lambert-Gaussi koonuselise projektsiooni ja ristkoordinaadid kohandas meie oludele kolonel-leitnant F. Oja.



Joon. 19.

tamised (analüütilise geomeetria rakendamisel) ei annaks kaugustes suuremaid lahkuminekuid kui $\frac{S}{40\,000}$ (S on vaadeldava joone pikkus), valiti Eestis kaks puuteröövikut: Põhja-Eestis $\varphi = 59°6'$[1]) ja Lõuna-Eestis $\varphi = 58°6'$. Ühine keskmeridiaan on $\lambda = 25°$ Greenwich'ist (joon. 19).

Nii kujunes meil kaks koordinaatide nullpunkti:

$$\text{Põhja-Eesti nullpunkt} \begin{cases} \varphi = 59°6' \\ \lambda = 25° \end{cases}$$

ja

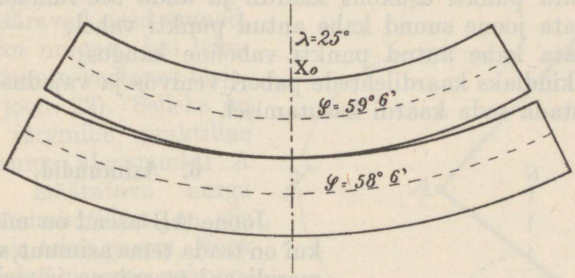
$$\text{Lõuna-Eesti nullpunkt} \begin{cases} \varphi = 58°6' \\ \lambda = 25° \end{cases}$$

Koordinaate loetakse nullpunktist (koordinaatide algus-punktist) põhja ja ida poole positiivseteks, lõuna ja lääne poole negatiivseteks. Sellest olenevalt kujuneksid X_0 ja Y_0 kohati positiivseteks, kohati negatiivseteks ja nende väärtused tuleks tähistada vastavalt kas pluss- või miinusmärgiga. Praktiliseks kasutamiseks aga pole selline märkimisviis kuigi soodus, mistõttu X_0 ja Y_0 väärtusile liidetakse 200 000 m ja märgitakse siis X ja Y.

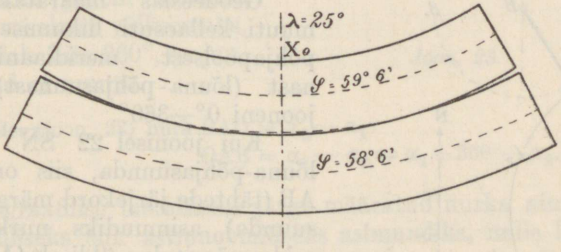
[1]) Kuueminutine rööbik seepärast, et koonuste liitejoon satuks kokku topogr. põhikaardi (mõõdus 1 : 25 000) raamjoonega, milleks nagu eespool nägime on meil iga 6. minut.

Nii on põhja-nullpunkti koordinaadid: X = 200 000,
Y = 200 000 ja
lõuna-nullpunkti koordinaadid: X = 88 634, 86,
Y = 200 000.

Põhja- ja Lõuna-Eesti koonuste pinnad on laialilaotatult liitmatud (joon. 20), kuid see liitmatus on kahandatud võimalikkuse piirini (joon. 21) ja maksimaalne lahkuminek põhja- ja lõuna-nullpunkti järgi on ±11,34 m X-ides ja ±0,52 m Y-des.



Joon. 20.



Joon. 21.

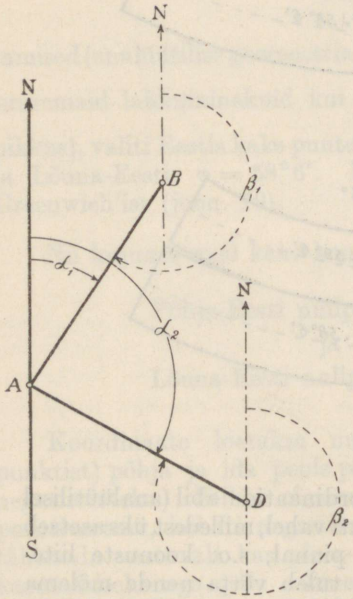
Seepärast, kui on vaja arvutada koordinaatide abil (analüütilisel teel), täpset kaugust kahe antud punkti vahel, milledest üks asetseb Põhja-, teine Lõuna-Eesti koonuse pinnal, s.o. koonuste liiteribas, rööbiku 58°36′ läheduses, siis tuleb võtta nende mõlema punkti koordinaadid kas põhja- või lõunasüsteemis. Selleks antakse triangulatsiooni punktide kataloogides punktide koordinaadid koonuste liiteribade kohta mõlemas süsteemis.

Ristkoordinaatide ruudustikuga on varustatud meie topograafiline põhikaart 1 : 25 000 ja Eesti kaart 1 : 50 000. Esi-

mesel on ruudukülgede pikkus 1 km, teisel 2 km. X väärtused märgitakse kaardilehtedel lääne- ja idaraamjoonel, Y väärtused lõuna- ja põhjaraamjoonel. Need väärtused tähendavad, nagu eespool selgitatud, iga ruudukülje ristjoonelist kaugust kilomeetrites koordinaadistiku X- ja Y-telgedest, millede väärtused on suurendatud +200 000 m võrra.

Ristkoordinaatide ruudustik võimaldab läbi viia lihtsalt, täpselt ja kiiresti järgmised tehingud:

1) määrata punkti asukoht kaardil ja anda see lühidalt edasi;
2) määrata joone suund kahe antud punkti vahel;
3) määrata kahe antud punkti vaheline kaugus;
4) teha kindlaks kaardilehtede paberi venivus ja vajaduse korral arvestada seda kaardi kasutamisel.



Joon. 22.

6. Asimuudid.

Joone AB asend on määratud, kui on teada tema asimuut, s.o. nurk meridiaani tasapinna ja seda joont läbiva vertikaaltasapinna vahel.

Geodeesias määratakse asimuuti kellaosuti liikumise suunas põhjapoolsest meridiaanitasapinnast (lõuna-põhjasuunast) mingi jooneni 0°—360°.

Kui joonisel 22 $\overline{SN}$ tähistab lõuna-põhjasuunda, siis on joone AB (tähtede järjekord märgib joone suunda) asimuudiks nurk NAB, mida märgitakse üldiselt (AB) = α_1, vastavalt sellele kujuneb ka joonisel tähendatud teine asimuut (AD) = = α_2. Need on märgitud joonte ehk suundade **otseasimuudid.** Samade joonte ehk suundade **vastuasimuudid** β_1 ja β_2 on 180° võrra kas suuremad või vähemad[1]).

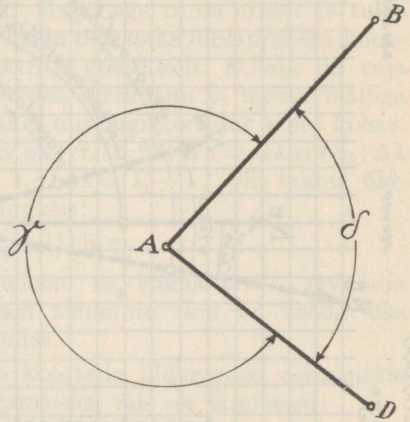
[1]) Tegelikult on geogr. vastuasimuut otseasimuudist $\pm 180° + (\Delta\lambda_1' - \Delta\lambda_2')$ võrra suurem või vähem ($\Delta\lambda_1'$ ja $\Delta\lambda_2'$ on koondused vaadeldava suuna algus- ja lõpp-punktis; vt. lk. 28 ja 39).

Nagu joonisel näeme (joon. 22), on joone ehk suuna AB vastuasimuudiks joone BA otseasimuut ja ümberpöördult:

$$\beta_1 = \alpha_1 + 180°$$
$$\beta_2 = \alpha_2 + 180°.$$

Kaks ühise algpunktiga (A) suunda (AB ja AD) moodustavad kaks nurka (joon. 23).

Samas algpunktis mõõdetud kaks asimuuti (AB) ja (AD) määravad need suunad, samuti ka nurgad, kui lahutada asimuute vastavas järjekorras (joon. 22). Selleks on olemas järgmine praktiline viis. Asume alguspunkti A vaatega määratava nurga poole. Asimuutidest on siis üks vasak, teine parem. Nurk võrdub **alati** parema asimuudiga, miinus sellest vasak asimuut. Kui parem asimuut osutub vasakust väiksemaks, tuleb sellele liita 360°, seejuures suund ei muutu.



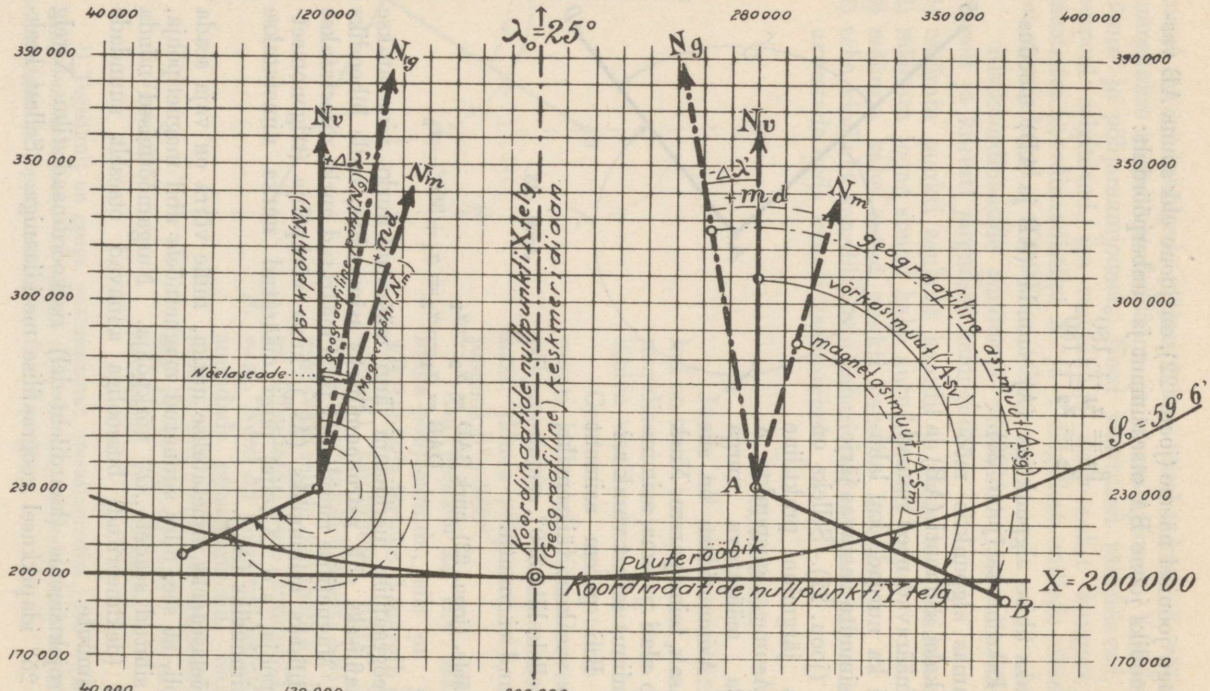
Joon. 23.

Näide. (joon. 22) nurk BAD $= \alpha_2 - \alpha_1$
„ DAB $= \alpha_1 - \alpha_2 = \alpha_1 + 360° - \alpha_2$.

Geograafilise meridiaani järgi määratud nurka nimetatakse **geograafiliseks** ehk **astronoomiliseks asimuudiks,** mille lühendiks on As_g. Magnetilise meridiaani järgi määratud nurka nimetatakse **magnetiliseks asimuudiks** (As_m), kuna võrkpõhja (trigonomeetrilise põhja, s.o. X-telje) järgi määratud nurka nimetatakse **võrkasimuudiks** (As_v).

Nõelaseadeks nimetatakse nurka, mille võrra on vaja seada bussooli, et see, olles suunatud magnetnõela abil magnetipõhja, oleks sihitud seadel „O" võrkpõhja. Nurgamõõtmised nõnda seatud (deklineeritud) bussooliga annavad otseselt suundade võrkasimuute.

Projektsioonis (kaardilehtedel) ristkoordinaadistiku X-telg ühtib 25° idapikkusel geograafilise meridiaaniga. Sellest kesk-



Joon. 24.

Ng = *geograafiline ehk astronoomiline põhi.*
Nv = *trigonomeetriline põhi ehk võrkpõhi.*
Nm = *magnetiline ehk kompassi põhi.*

$\Delta\lambda'$ = *meridiaanide koondust loetakse geogr. meridiaanist ida poole negatiivseks, lääne poole positiivseks.*
md = *magnetnõela deklinatsiooni loetakse geogr. meridiaanist ida poole positiivseks, lääne poole negatiivseks.*

meridiaanist ida- ja läänepoolsed meridiaanid koonduvad keskmeridiaani poole ja moodustavad X-joontega nurga, mida nimetatakse **meridiaanide koonduseks.** Meridiaanide koondust loetakse meie kaardilehtedel geograafilisest meridiaanist ida poole negatiivseks (esineb kohtades ida pool keskmeridiaani) ja lääne poole positiivseks (esineb kohtades lääne pool keskmeridiaani). Koondus on ühesuurune ühel ja samal meridiaanil, mis lõikab X-joont ühe ja sama nurga all. Mujal aga ta on erinev ja tuleb arvutada igal üksikul juhul. Vähem täpseteks ülesanneteks koonduse suurust võib mõõta ka kaardilt graafiliselt. Selleks on vaja joonestada kaardilehele antud koha meridiaan ja mõõta malliga nurk meridiaani ja X-joone vahel, mis ongi koondus selles kohas.

Valem koonduse leidmiseks oli (vt. lk. 28) $\Delta\lambda' = \Delta\lambda \sin\varphi_0$; $\Delta\lambda$ on nurk meridiaanide vahel, s.o. $\Delta\lambda = \lambda_0 - \lambda$. Siit saame üldvalemi $\Delta\lambda'$ leidmiseks antud punktis:

$$\Delta\lambda' = (\lambda_0 - \lambda) \sin\varphi_0.$$

Koondus $\Delta\lambda'$ ja deklinatsioon m_d võimaldavad arvutada kõiki topograafias tarvitatavaid asimuute, kui on teada üks neist, samuti määrata nõelaseadet.

Joonise nr. 24 järgi võib koostada üldvalemid asimuutide leidmiseks ja nõelaseade määramiseks, mis on järgmised:

$$As_v = As_g + \Delta\lambda'$$
$$As_v = As_m + m_d + \Delta\lambda'$$

järelikult:

$$As_g = As_v - \Delta\lambda'$$
$$As_m = As_v - m_d - \Delta\lambda'$$
$$\text{nõelaseade} = \Delta\lambda' + m_d.$$

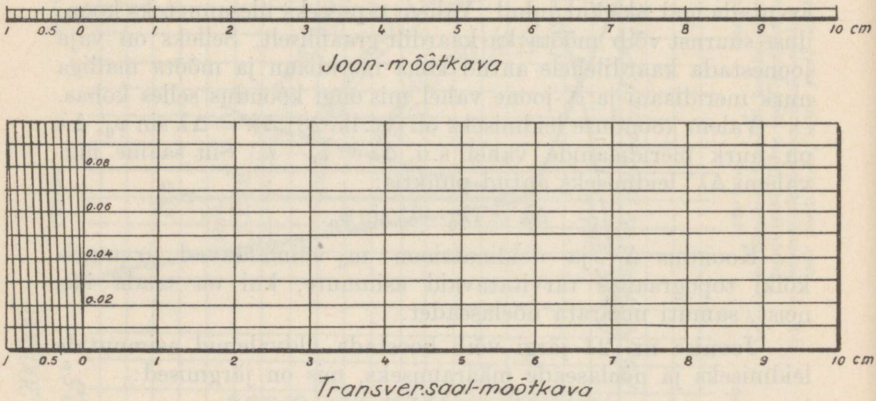
7. Mõõtkava.

a) Mõõtkavade liigid.

Maa pinna vähimatki osa ei saa kujutada kaardil tegelikus suuruses, vaid seda tuleb teha kindlas vähendamisvahekorras. Seda vähendamisvahekorda nimetatakse **mõõtkavaks.** Kui vähendamisvahekord on märgitud arvuga, mis näitab, kui suurel määral on kaardil vähendatud tegelikku pikkust, siis seda nimetatakse **arv-mõõtkavaks.** Arv-mõõtkava $\frac{1}{100\,000}$ ehk 1 : 100 000 näitab, et kaardistatud ala on kaardil vähendatud 100 000 korda.

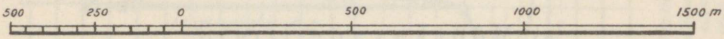
Kui seda vaadelda mõõduühikutes, siis näiteks 1 km (100 000 cm) on vähendatud 100 000 korda, s.o. 1 km vastab kaardil 1 cm.

Kui vähendamisvahekord on märgitud graafiliselt joonlõiguga, mis näitab, mitu tegelikku mõõduühikut ta asendab kaardil, siis nimetatakse seda **joon-mõõtkavaks.** Mõõtkava, mis on rajatud kindlale mõõduühikule (cm, toll jne.), nimetatakse **normaal-mõõtkavaks** (joon. 25).



Joon. 25.

Niisuguse mõõtkavana võib vaadelda iga mõõdupuud või joonlauda, millele on märgitud vastavad mõõdud (cm, toll jne.). Kui aga mõõtkava aluseks on vabalt võetud pikkus, mis asendab kindlat arvu tegelikke mõõte, siis seda nimetatakse **erimõõtkavaks** (joon. 26).



Joon. 26.

Joonlõiku, millele on rajatud mõõtkava, nimetatakse selle mõõtkava **aluseks**; aluse vähimat jaotist ja sellele vastavat tegelikku mõõtu — **mõõtkava täpsuseks.** Näiteks, joonmõõtkava (joon. 25) 1 : 100 000 (1 cm = 1 000 m) esimene aluslõik (1 cm) on jaotatud 10 ossa (à 1 mm), igale jaotisele vastab 1 000 : 10 = = 100 m maastikul, mis ongi selle mõõtkava täpsus. Pikkusi alla 100 m sellel mõõtkaval võib hinnata ainult ligikaudu silma järgi.

Mõõtmiste juures suurema täpsuse saavutamiseks koostatakse nn. **transversaalmõõt.** Ta põhjeneb nurga külgi lõikavate rööpjoonlõikude võrdelisusel.

1 : 100 000 mõõtkavas konstrueeritud transversaalmõõt võimaldab täpselt lugeda kaugusi kuni 0,1 mm (10 m maastikul) ja hinnata sajandikke mm ligikaudu silma järgi (joon. 25).

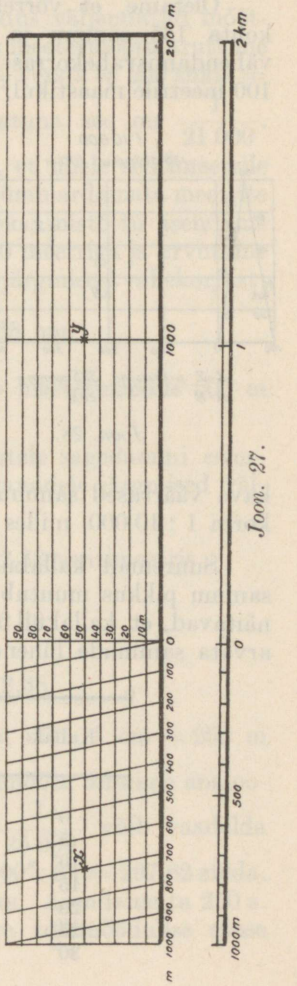
Iga mõõtkava esimene aluslõik jaotatakse väiksemateks osadeks, mis nullist vasakule märgitakse jaotiste väärtustega, kuna nullist paremale märgitakse aluse väärtus. Nii, näiteks, transversaalmõõtkaval 1 : 25 000 (joon. 27) on aluseks 4 cm, millele vastab maastikul 1 000 m (1 km); alus on jaotatud 10-sse ossa (à 4 mm), igale osale vastab maastikul 1 000 : 10 = = 100 m. Need osad on rööpjoontega lõikuvate põikjoontega jaotatud veel 10-sse ossa (à 0,4 mm), kus iga alajaotus vastab maastikul 10 m.

Joon. 27 pikkuse XY leidmiseks tuleb otsida transversaalmõõtkaval võrdse pikkusega paralleeljoon püstjoone ja põikjoone vahel ning lugeda selle väärtus järgmiselt:

Null-püstjoonest kuni Y-ni on 1 000 m
Null-püstjoonest kuni X-ni on:
— põikjoonte vahe 700 „
— null-põikjoone ja null-püstjoone vahe 50 „
kokku 1 750 m.

Kauguste määramiseks alla 10 m tuleb interpoleerida vastavaid rööpjooni.

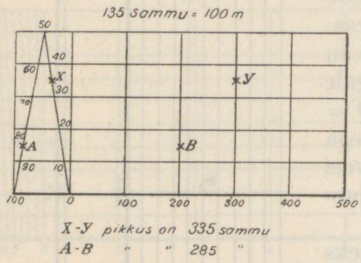
Kiirema iseloomuga ja vähem täpsete sõjaliste maastikujooniste, nagu skeemide, skitside jne. valmistamisel tuleb tihti mõõta kaugusi sammudega. Niisugustel juhtudel koostatakse **samm-mõõtkava** mingisuguses kindlas



Joon. 27.

mõõdusüsteemis, näit. meetermõõdus. Selleks, et võrrelda oma sammu pikkust meetriga, tuleb tasasel pinnal harilikkude sammudega läbi käia, näiteks, 100 m kaugus kaks-kolm korda ja siis võtta keskmine sammude arv 100 m kohta. Saadud arvu alusel võib konstrueerida transversaal-mõõtkavaga sarnlevat samm-mõõtkava.

Oletame, et võrreldes samme meetritega, saime 100 m kohta 135 sammu ja et on tarvis ehitada samm-mõõtkava vähendamisvahekorras 1 : 10 000. Kui 135 sammu vastab 100 meetrile maastikul, siis mõõtkavas 1 : 10 000 vastab 100 sammule $\frac{100}{135 \cdot 10\,000} = 0{,}74$ cm. Võtame 0,74 cm samm-mõõtkava aluseks. Jaotame esimese aluslõigu transversaal-mõõtkavaga sarnlevalt, kuid lihtsustatud kujul nurga külgi lõikavate rööpjoonlõikude võrdelisuse põhimõttel 10 ossa (joon. 28). Nende osade väärtused sammudes kirjutame põikjoonele vastavate lõikude juurde. Esimesest aluslõigust paremale märgime mõõtkava väärtused sammudes ja kirjutame peale vähendamisvahekorra 1 : 10 000, milles 135 sammu = 100 m.



Joon. 28.

Suuremail kallakuil, s.o. vastu või alla mäge mõõtmisel, sammu pikkus muutub — samm lüheneb. Sellekohased katsed näitavad, et kallakuil mõõdetud iga 100 sammust tuleb maha arvata sammude lühenemise tõttu samme järgmiselt:

Kallak	Vastu mäge	Alla mäge
0°	0 sammu	0 sammu
5°	9 „	3 „
10°	18 „	6 „
15°	26 „	9 „
20°	35 „	14 „
25°	42 „	21 „
30°	50 „	35 „

b) Mõõtkava ümberarvutamine ühest mõõdusüsteemist teise.

Kui on tegemist eri mõõtudes (sülla-, meeter- jne. -mõõdus) valmistatud kaartidega, siis tihti tekib tarvidus ümber arvutada nende mõõtkavad ühest mõõdusüsteemist teise. Tihedamini tuleb kokku puutuda endiste vene kaartidega, millede mõõtkava aluseks on toll (2,54 cm). Vene tollimõõdus väljendatud mõõtkava, näit. ½ v. tollis, ümberarvutamiseks meetermõõtu arutleme järgmiselt: ühele tollile vastab maastikul ½ versta = 250 sülda = = 21 000 tolli; arv-mõõtkavana väljendatuna see on $\frac{1}{21\,000}$. Seda arv-mõõtkava võib vaadelda ka nii, et ühele sentimeetrile vastab maastikul 21 000 cm = 210 m. See ümmardamata meetrite arv pole aga sobiv praktiliseks käsitlemiseks, mistõttu asendame selle 250 süllale (½ v.) ligikaudu võrdse 500 meetriga ja arvutame mõõtkavale vastava meetermõõdulise aluse järgmisest vahekorrast:

$$\left.\begin{array}{l}1 \text{ cm vastab } 210 \text{ m} \\ x \text{ cm vastab } 500 \text{ m}\end{array}\right\} \; x = \frac{500}{210} = 2{,}38 \text{ cm.}$$

Seega mõõtkavale ½ v. tollis vastab meetermõõdus 500 m 2,38 sentimeetris.

Samal viisil arvutades saame ka teistele sagedamini esinevaile vene tollimõõdus väljendatud mõõtkavadele järgmised väljendused meetermõõdus:

1 v. tollis ehk $\frac{1}{42\,000}$ = 1 000 m 2,38 sentimeetris

2 „ „ „ $\frac{1}{84\,000}$ = 2 000 „ 2,38 „

3 „ „ „ $\frac{1}{126\,000}$ = 3 000 „ 2,38 „

Meetermõõdus väljendatud mõõtkava, näit. 1 cm = 250 m ehk $\frac{1}{25\,000}$, ümberarvutamiseks vene tollimõõtu toimime analoogiliselt eespool kirjeldatuga. Arvmõõtu $\frac{1}{25\,000}$ võib vaadelda ka nii, et ühele tollile vastab maastikul 25 000″ : 84 = 297,62 sülda. See ümmardamata arv ei sobi kasutamiseks. Asendame ta 250 s. (½ v.) ja arvutame mõõtkavale vastava tollimõõdulise aluse järgmisest vahekorrast:

1 tollile vastab 297,62 sülda
x „ „ 250 „

$$x = \frac{250}{297{,}62} = 0{,}84 \text{ t.}$$

Seega mõõtkavale 250 m 1 sentimeetris vastab vene tollimõõdus 250 s (½ v.) 0,84 tollis.

Kasutates sellist arvutusviisi, saame teistele meetermõõtudes väljendatud mõõtkavadele järgmised väljendused tollimõõdus:

500 m	1 sentimeetris	ehk	1 : 50 000 =	1 verst	0,84 tollis
1 km	„	„	1 : 100 000 =	2 „	0,84 „
2 km	„	„	1 : 200 000 =	3 „	0,84 „

c) Mõõtkava määramine kaardi järgi.

Võib juhtuda, et kaardil puudub nii arv- kui joon-mõõtkava. Neid võib siis kindlaks määrata järgmistel viisidel.

1. Keskmine meridiaanikraadi (laiuskraadi) pikkus Eesti kohal on 111 373 m ja ühe minuti pikkus — 1 856 m. Kui mingisugusel kaardil meridiaaniminuti pikkus (vasakul või paremal kaardiraamil) on, näiteks, 37 mm, siis teame sellest, et 37 mm kaardil vastab 1 856 m maastikul, 1 mm vastab siis 1 856 : 37 = = 50 m = 50 000 mm ning seega kaardi mõõtkava on 1 : 50 000.

2. Kui kaardile on märgitud kilomeetripostid ja nende vahe teed mööda on näiteks 5 cm, siis järelikult 5 cm kaardil vastab 1 km = 1 000 m = 100 000 cm maastikul, ühele sentimeetrile vastab 100 000 : 5 = 20 000 cm ning kaardi mõõtkava on seega 1 : 20 000.

Samal viisil tuleb arvutada, kui on teada kaardile märgitud kahe raudteejaama vahemaa (näiteks sõiduplaanist) või, näiteks, sama koha teisemõõdulise kaardi järgi saadakse teada kaugus mingisuguse kahe eseme vahel, mis leiduvad ka tundmata mõõtkavaga kaardil. Kaardile märgitud ja looduses leitud kahe eseme vahelise kauguse võib kindlaks määrata ka sammudega mõõtmisel. Kui kaugus on kindlaks tehtud, siis tuleb võrrelda saadud kaugust kaardil oleva kaugusega ja arvutada mõõtkava.

II. Kaardi sisu.

A. Maastiku põhijoonis.

1. Üldist.

Kaardi sisu koosneb kaardipildil olevast kaardivõrgust, maastiku põhijoonisest ehk nn. kontuurist (randjooned, vete- ja teedevõrk, asulad jne.), pinnakujutisest (pinnavormid, pinnas, taimkate) ja kaardi kirjast.

Kõik kontuurid ja pinnavormid on kaardil seda tõetruumad, mida suurem on kaardimõõt. Randjooned, metsade, rohumaade, soode ja rabade, asulate jne. piirid kujutatakse pea kõikidel kaartidel õiges vähendamisvahekorras, kuna raudteede, maanteede, elamute, hoonete, ülekäikude ja muude väiksemate maastikuesemete põhijooniseid tuleb suurendada vastavalt nende tähtsusele kaardi tarvitamise seisukohalt, sest joonestatuina kaardimõõdus nad jääksid kas varju või üldse nähtamatuiks. Nii, näiteks, 5 m laiune maantee oleks 1 : 25 000 kaardimõõdus vaid 0,2 mm lai, 1 : 200 000 kaardimõõdus aga ainult 0,025 mm.

2. Topograafilised leppemärgid.

Kaardipildi joonestamiseks on kasutamisel erilised leppemärgid, mida on püütud sarnastada kujult maastikuesemetega, mida nad tähistavad. Leppemärgid võimaldavad peale vastava kontuuri äratundmist lugeda ka kujutatud eseme omadusi (näit. harilik maantee, kivitee jne.).

Mõõdult erinevail kaartidel on ka leppemärgid eri suurusega, kuid sarnased.

Järgnevatel lehekülgedel on toodud 1 : 50 000 kaardi leppemärgid.



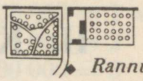
kivi **TALLINN** pealinn

NÕMME } linnad — üle 10000 el.

PALDISKI } — alla 10000 el.

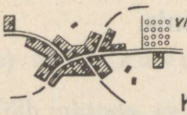
KEILA alev

puu **KOSE** alevik



Kurna Mõis

Rannu Kool



Viljapuu-aed

Jäneda küla.

Koolme as. asundus

Salu suured } talud

Otsa keskmised } ja üksikud

Aasa väikesed } elamud

NARVA JÕGI EMAJÕGI PIRITA JÕGI

Laevasõiduks kõlblikkude jõgede ja järvede nimetused kõrgus 4,4 - 2,5 mm

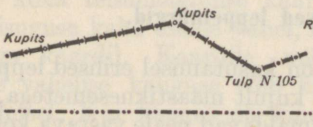
Keila jõgi **Pühajõgi** **Mustoja**

Laevasõiduks kõlbmatute jõgede, ojade, järvede ja tilkide nimetused kõrgus 2,2 - 1,3 mm

Sirtsi soo **Lasnamägi**

Mägede, soode, ja saarte nimetused kõrgus 2,6 - 1,3 mm

Siht



Telefoniliin

Elektrijuhe tulpadel

Lühendused:
tööstused

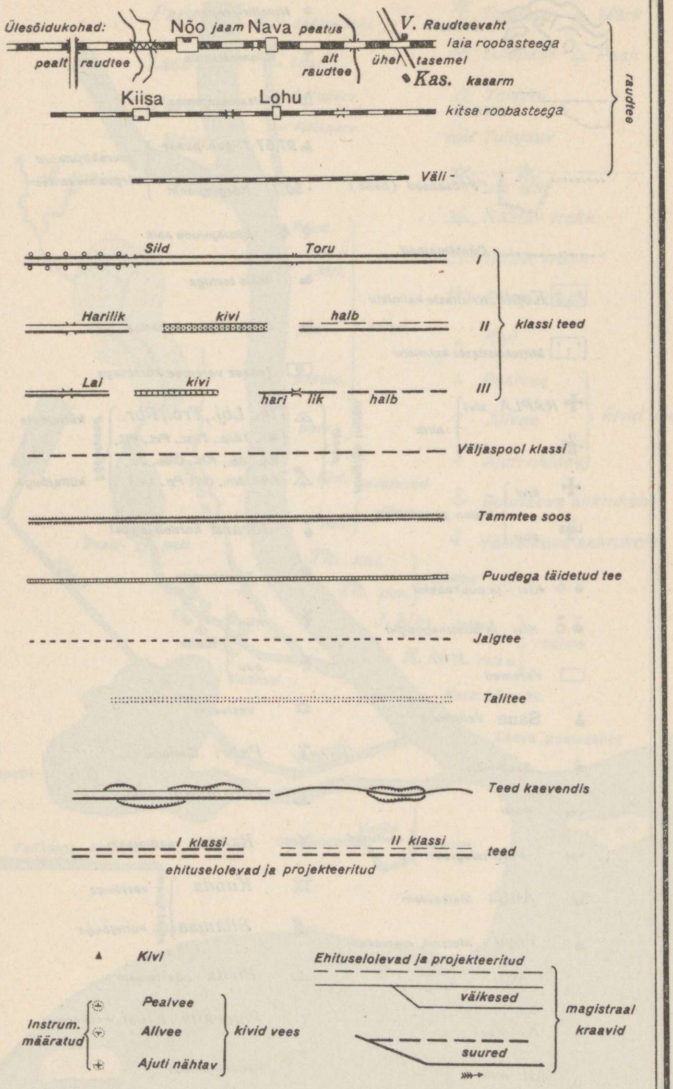
Tkst. – tekstiili

Tlk. – telliskivi
Lbj. – lubja
Trv. – tõrva
Pbr. – paberi
Mr. – meierei
Tärp. – tärpentiini
Prt. – piirituse
Sm. – semendi
Sb. – seebi
Kls. – klaasi
Vll. – villa
Õlle – õlle
Trkl. – tärklise

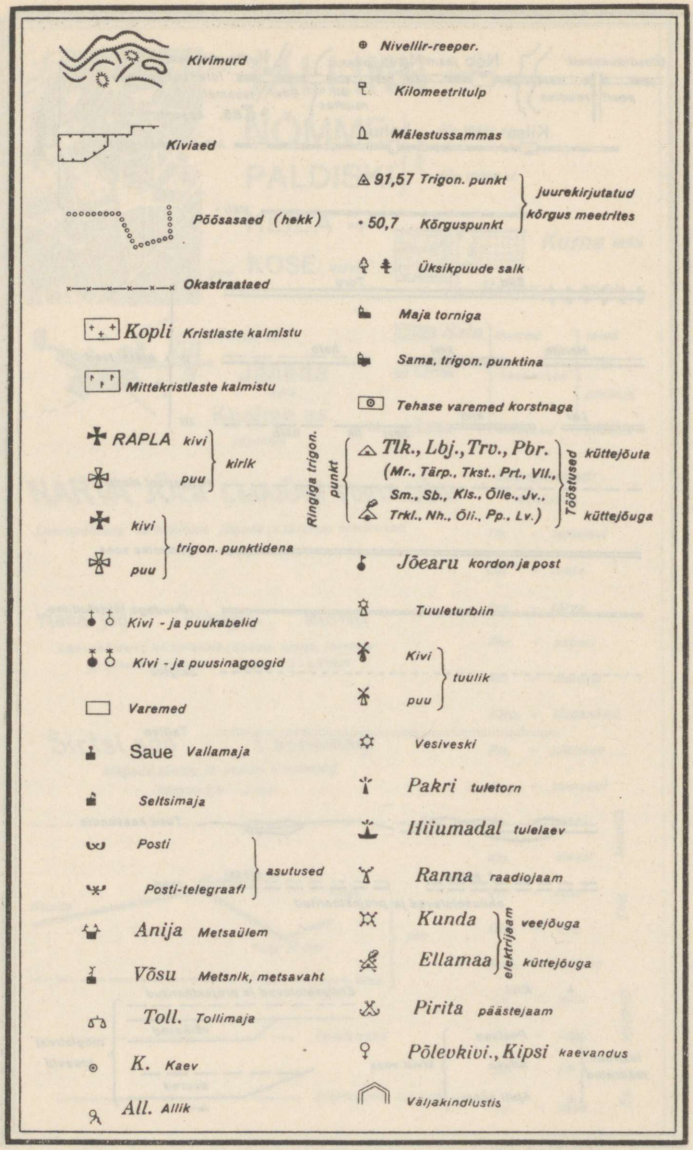
Pp. puupapi

Jv. – jahu
Nh. – naha
Õli – õli
Lv. – lauа

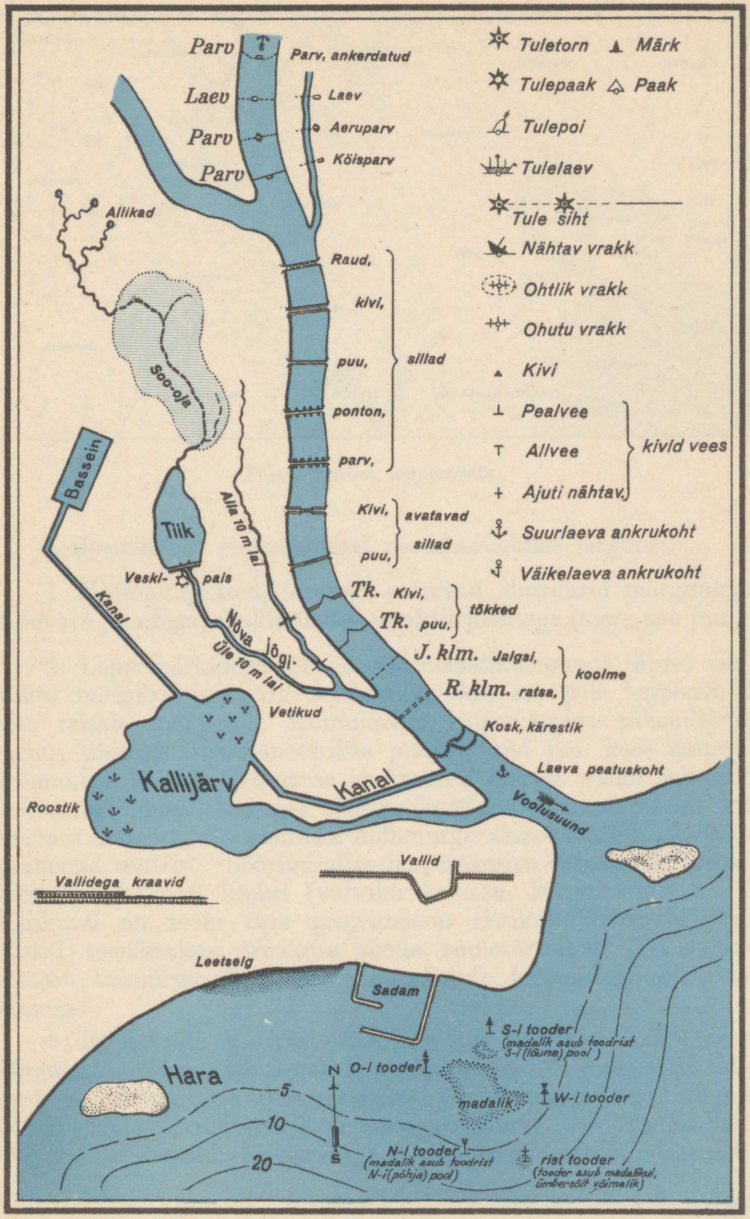
Topograafilisi leppemärke.



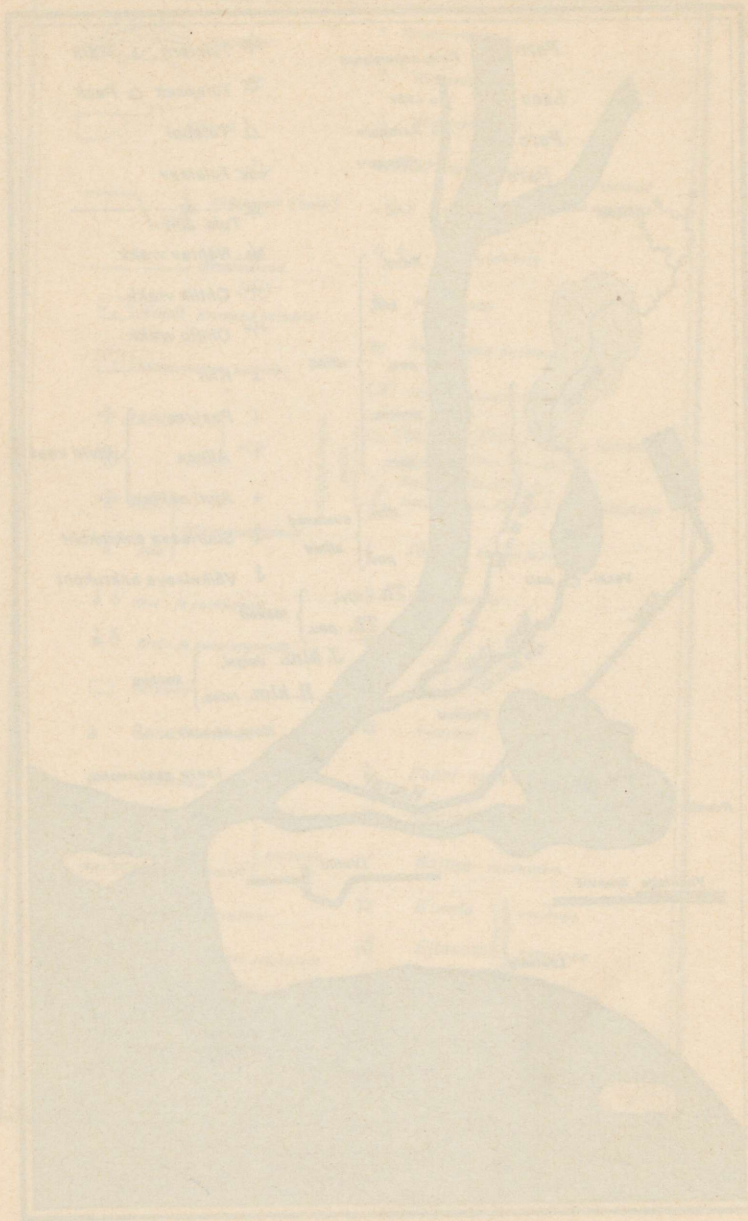
Topograafilisi leppemärke.

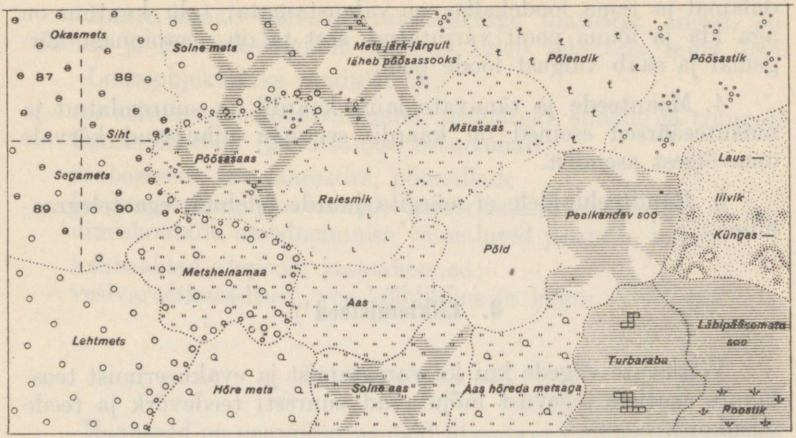


Topograafilisi leppemärke.



Topograafilisi leppemärke.





Topograafilisi leppemärke.

Leppemärkide joonestamisel peetakse silmas järgmist.

1. Kindlakujulised, teravalt esinevad kontuurid märgitakse pidevate joontega, ebakindlad — punktiirjoontega (mets, soo jne.).

2. Leppemärkidega tähendatud maastikuesemete täpset asukohta märgib leppemärgi keskpunkt, kui see pole leppemärgi sees teisale märgitud. Kolmnurkse leppemärgiga tähendatud eseme, näiteks trigonomeetrilise punkti, kivi jne. kese asetseb kolmnurga keskel. Tööstuse keskpunkti märgib väike nelinurk kolmnurga alusel, kui aga tööstus koosneb mitmest lähestikku asuvast hoonest, siis nelinurk kolmnurga alusel märgib tööstuse peahoone sentrit. Sõõrikujulise leppemärgiga tähistatud eseme senter asub sõõri keskel (vabriku korsten, kõrguspunkt jne.). Kirikutel on torni tipu projektsioon ristikujulise leppemärgi keskel; teenäitajate, üksikute puude, tuuleturbiinide jne. senter asetseb täisnurga tipus, mille moodustab leppemärgi püstjoon alusega.

3. Et kaardil esile tõsta esemeid, mis kerkivad maapinnast kõrgemale või on madalamal, kujutatakse neid valgustatuina loodest ja varjutatakse (joonestatakse jämedama joonega) lõuna ja ida poole varjuheitvate esemete kontuurid. Jõe loodekallas, näiteks, on kaardil varjutatud, sest jõgi asetseb maapinnast ma-

dalamal ja tema loodekallas on valgustamata; talu kontuur on aga ida ja lõuna poolt varjutatud, sest ta on maapinnast kõrgemal ja saab valgust loode poolt.

4. Maanteede ja tänavate laius kaardil on suurendatud ja maanteeäärsed esemed on kaardil seetõttu nihutatud kõrvale oma õigest asendist.

5. Raudteeliinidele ei märgita juurde telefoni- ega telegraafiliine.

3. Liiklemisteed[1]).

Võitlevate vägede kui ka varustamist ja evakueerimist teostavate asutiste tegevust mõjutavad suuresti teedevõrk ja teede seisukord.

a) Raudteed.

Raudteed soodustavad kiiret ja massilist jõudude koondamist ja ümberpaigutamist, samuti nende varustamist tarviliku moonaga. Roobastee laiuse järgi raudteid liigitatakse laia ja kitsa roobasteega teedeks; esimestel on roobastee laius (sisemine vahe kahe roopa vahel) 1,524 m, teistel 0,750 m. Laia roobasteega raudtee alusehitise pealispinna laius on 5,60 m, kitsa roobastee raudtee alusehitisel — 3,30 m. Raudtee alusehitise nõlva kalle on 1 : 1,5.

Raudtee läbilaskevõime[2]) sõltub lubatavast sõidukiirusest, jaamavahede pikkusest ja roobasteede arvust, sest ühel teel kahe jaama, peatuskoha või plokkposti[3]) vahel tohib normaalselt liikuda ainult üks rong.

Lubatav sõidukiirus oleneb tee ja veereva koosseisu korrasolust ja tema risti- ja pikiprooﬁili kujust.

[1]) vt. Pioneri-eeskiri II osa. Sv. Staabi VI Os. väljaanne, 1937.

[2]) Raudtee läbilaskevõime all mõistetakse maksimaalset rongide arvu, mis saab liikuda lõppjaamade vahel ööba jooksul mõlemas suunas tingimusel, et oleksid täidetud liiklemisjulgeoleku nõuded.

[3]) Plokkpost on peatus- ja teiste signaalseadistega varustatud punkt jaamavahe jaotamiseks osadesse.

Kaart annab ülevaate raudteevõrgu ulatusest, liigist, sildadest ja tõusudest, muid peenusi tuleb selgitada luure teel.

Luureobjektideks raudteel on:

— tee seisukord, signaalvahendid, teemärgid, sildade ja truupide konstruktsioon (purustamise seisukohalt);
— roobasteede arv jaamades, pöörsillad;
— laadimiskohad, platvormid, ümberlaadimisplatvormid ja laadimiskohtade moodustamise võimalused jaamade vahel;
— kaubaaidad, depood, jaamahooned;
— vesivarustisseadised, vee kõlblikkus ja kogus.

b) Maanteed.

Maanteed on enamikus asulaid ühendavad liiklemisteed maasõidukite jaoks. Olenevalt sõidupinnast teed jagunevad kindlustatud sõidupinnaga (kruusateed, killustikteed, kiviteed, bituumen-, asfalt- ja tsement-betoonteed) ja loodusliku sõidupinnaga (pinnateed, talvteed) teedeks. Üldkulul korraspeetavad avalikud teed jagunevad 1-se, 2-se ja 3-da klassi teedeks. Klassiteede sõiduosa laius on 4—8 meetrit.

Pinnateedest ja jalgteedest märgitakse kaartidele need kindlad teed, mis ühendavad maanteid, asulaid, üksiktalusid või mis läbivad soid või viivad mingile kindlale sihile, nagu järvedele, jõgedele, metsasihtidele jne., samuti need teed, milledel on tähtsust maastiku sõjalise kasutamise seisukohalt. Ajutisi teid kaartidele ei märgita.

Eesti kaardile mõõdus 1 : 50 000 märgitakse ummik- ja vähema tähtsusega teed ainult peateest hargnemise kohal. 1 : 200 000 kaardile märgitakse ainult klassiteed ja üksikud tähtsamad ühendusteed.

Kaart annab edasi teedevõrgu tiheduse ja liigituse, samuti teedel leiduvate truupide ja sildade asukohad, kuid nende seisukorda pole võimalik lugeda kaardilt. Luure ülesandeks jääb selgitada:

— teede seisukorda, laiust, sõiduosa laiust ja tõuse;
— truupide ja sildade seisukorda, nende pikkust, laiust ja kandevõimet;
— parvi, nende kandevõimet, mahutust ja konstruktsiooni; purdeid ja koolmeid teede läheduses;

— ohtlikest kohtadest möödapääsuvõimalusi ja kõrvalmaastiku kasutatavust hargnemiseks, puhkuseks ja varjumiseks;
— sobivamaid kohti purustuste ja tõkestuste läbiviimiseks.

4. Veestik.

Maaveekogud koosnevad seisu- ja vooluveekogudest, mis kokku moodustavad kaardistatava vetevõrgu.

Seisuveekogudest on tähtsaimad järved, mida suuruselt liigitatakse järgmiselt: lomp, järvik, järv ja suurjärv[1]); vee voolavuse suhtes eristatakse umb-, lähte-, läbimis- ja suubumisjärvesid.

Vooluveekogudeks on jõed. Jõe algust nimetatakse jõelähuks, suubumiskohta — jõesuudmeks. Jõesängi kallakuse järgi liigitatakse jõevoolu ülem-, kesk- ja alamjooksuks. Kui seista vaatega voolu suunas, siis on paremal pool parem ja vasakul vasak jõekallas.

Suuruselt liigitatakse jõed järgmiselt: oja, jõeke, jõgi ja suurjõgi[2]). Jõgi kõigi temasse suubuvate lisajõgedega ja harujõgedega moodustab jõestiku. Maa-ala, millest veed valguvad jõestikku, nimetatakse jõgikonnaks.

Kunstlikkude veejuhtmetena esinevad kanalid ja kraavid.

Vetevõrgu taktikaline väärtus oleneb peamiselt jõgede, järvede, kanalite ja kraavide asetusest sõjateatril teotsevate vägede rinde suhtes ja nende tõkestusvõimest.

Tõkestavate teguritena on veekogude juures mõõduandvad kallaste pinnamood (nõlvus — kõrged ja järsud kaldad), pinnas (soised kaldad), vee sügavus, voolu käredus, veekogu laius ja üleujutusvõimalused; põhjakoostis, talvel jääkatte paksus jne.

Veekogude kontuurid kaardil annavad ülevaate vetevõrgu asendist, osalt ka ulatusest, kallaste nõlvusest ja pinnakattest,

[1]) Lomp on seisuveekogu, mille keskm. diameeter on kuni 20 m.
Järvik „ „ „ „ „ „ 20—200 m.
Järv „ „ „ „ „ „ 200 m.—20 km.
Suurjärv „ „ „ „ „ „ 20 km. ja rohk.

[2]) Oja on vooluveekogu, mille laius on alla 5 m.
Jõeke „ „ „ „ „ 5—20 m.
Jõgi „ „ „ „ „ 20—200 m.
Suurjõgi „ „ „ „ „ 200 m ja rohkem.

kuid kaardilt pole võimalik lugeda vee sügavust, voolu käredust, üleujutusi, põhjakoostist, sõudeabinõusid, jää paksust, täpset kallaste nõlvust ega väiksemate veekogude laiust. Viimati nimetatud peenused on seda ebaselgemad, mida väiksem on kaardimõõt.

Topograafiline põhikaart 1 : 25 000 sisaldab kõiki veekogusid, ka väiksemaid kraave, kuid Eesti kaardile 1 : 50 000 ei märgita põllukraave, mille laius on alla 3 m. Lompe, millede pind on alla 0,5 ha, märgitakse vaid siis, kui nad kergendavad orienteerumist maastikul. Veekogudes leiduvatest saarekestest märgitakse ainult need, millede pindala on üle 0,25 ha.

Operatiivkaardile 1 : 200 000 on kantud vaid jõestikud, suuremad kanalid ja seisuveekogud.

Mere randjoon kaardil piirab keskmist veeseisu. Merepõhja pinnamoodi kujutatakse sügavusjoontega ja sügavusarvudega.

5. Pinnas ja taimestik.

Pinnase moodustavad peamiselt mulla-, liiva-, kruusa-, kivi- ja soomaa-alad või soostunud maa-alad.

Kasutamisviisilt neid maa-alasid liigitatakse põldudeks, heinamaadeks, karjamaadeks, metsamaadeks, soodeks, rabadeks, liivikuteks jne.

Taimkattena esinevad puu-, põllu-, heina- ja karjamaataimed.

Puutaimed esinevad metsadena, saludena ja üksikpuudena.

Metsi eristatakse puuliikide järgi: okaspuu-, lehtpuu- ja segamets (segametsas esineb umbes $^1/_3$ või enam teist liiki puid).

Liiklemisvõimalus väljaspool teid oleneb pinnase koostisest, niiskuse määrast ja taimkattest. Sood ja soostunud maa-alad võivad liikumist tõkestada; nende tõkestusvõimet vähendab külm. Metsad ja viljapõllud varjavad ja vähendavad tulemõju, kuid nad on ohtlikemaid kohti gaasitamisel.

Kõiki pinnase omadusi pole võimalik määrata kaardi järgi, sest pinnase seisukord oleneb aastaajast ja ilmast; samuti pole võimalik otsustada kaardi järgi taimkatte seisukorra üle, sest see on alaliselt muutuv.

6. Asulad.

Lähestikku asetsevad elamud, hooned või õued moodustavad asulaid, millede hulka kuuluvad külad, asundused, alevikud, alevid ja linnad [1]).

Külad liigitatakse elamute asetuse järgi ahel-, haja-, sumb- ja tänavküladeks [2]).

Eraldi, asulaist kaugel asetsevat õue (talu) nimetatakse erakõueks.

Olenevalt kaardimõõdust asulate väljajoonestamine kas toimub kaardi mõõtkavas, või ollakse sunnitud üldistama üksikõuede ja hoonete kontuure.

Topograafilisel põhikaardil 1 : 25 000 on võimalik eraldada üksteisest õuede ja hoonete kontuure ahel- ja hajaküladest, harvemini ka sumb- ja tänavküladest; Eesti kaardil nad märgitakse eraldi sel juhul, kui nad on üksteisest kaugemal kui 100 m. Kui nende kaugused üksteisest on vähemad, siis nad piiristatakse ühise välise kontuuriga, eraldades vaid suuremaid viljapuu- ja juurvilja-aedu, väljakuid, tänavaid ja orienteerumist soodustavaid kõrgeid ehitisi, nagu kirikud, torniga majad jne. Üldiselt on viisiks märkida õuede kontuuresse ainult eluhooneid; kõrval-

[1]) Linn on inimes-eluasemete püsiv koondis. Asetseb suuremate liiklemisteede keskuses. Rahvastiku elatusaladeks on valdavalt kultuurproduktsioon vastandina külale, mille rahvastik teotseb eeskätt naturaalproduktsiooni alal.

Linnade jaoks on tarvitatav järgmine suurusrühmitus:

üle 100.000 elaniku	— suurlinn;
20.000—100.000 elanikku	— kesklinn;
5.000— 20.000 „	väikelinn;
2.000— 5.000 „	kääbuslinn.

Alev, pool-linnaline asula; maakonnas, valla kõrval iseseisev territoriaalne omavalitsusühik.

Alevik, pool-linnaline asula, valla piires harilikult kirikute ümbruses, millel pole iseseisvat omavalitsust nagu alevil.

Asundus, grupp väikemaapidamisi maal.

Küla, enamvähem ligistikku asetsevate elamute või talundite kogum maal.

[2]) Ahelküla, külatüüp, kus õued on tihedas reas, vahelduvas kauguses teineteisest.

Hajaküla, tüüp külasid, mille õued asetsevad hajali, üksteisest kaugel.

Sumbküla, küla, milles on õued asetatud tihedalt, kuid korrapäratult teeristmete ääres ja nende vahemikul.

Tänavküla, külatüüp, tihedasti üksteise vastas kahel pool tänavat asetsevate õuedega. (Eesti entsüklopeedia).

hooned ja küünid, kui nad kuuluvad õue piiridesse, jäetakse märkimata. Üksikult asetsevad kõrvalhooned ja küünid, samuti heinaküünid heinamaadel märgitakse sel juhul, kui nende ehitusviis ja materjal on küllalt püsiv.

Kaardi järgi võib selgitada õuede, hoonete ja elamute ligikaudset arvu asulais, kuid pole võimalik saada täielikku pilti hoonete ehitusviisist ja materjalist ega ka mahutusest, mis aga on sõjaliselt tähtis. Neid kõrvalandmeid tuleb tarbe korral hankida topograafilistest kirjeldustest või luure teel.

B. Pinnavormide kujutamine.

1. Pinnavormidest üldse.

Pinnavormide all mõistetakse maa loomulikku pinnamoodi.

Pinnavorme iseloomustavad üldiselt tasandikud, lohud ja kõrgendikud[1]).

Ümmarikku kõrgendikku nimetatakse kupliks, pikergust — seljakuks. Igal kõrgendikul eristatakse jalga, nõlva ja latva.

Maastikku, millel künkad asetsevad hulgana koos, nimetatakse küngastikuks; kõrget künklikku või mägist maastikku — kõrgustikuks.

Suhteliselt negatiivseid pinnavorme nimetatakse lohkudeks, avatud lohke — orgudeks. Orgudel ja lohkudel eristatakse perve, veert ja põhja.

Laia orupõhja nimetatakse orulammiks, kitsast orgu — sälkoruks või kuristikuks.

Kohta, kus ühinevad kõrgendike tõusud ja langused, nimetatakse sadulaks, trehtrikujulist väikest lohukest — auguks ehk lehtriks.

2. Pinnavormide kujutamine kaardil samakõrgusjoontega.

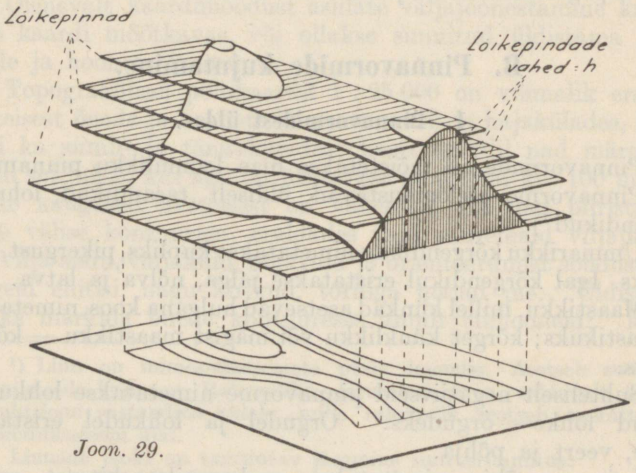
Pinnavorme kujutatakse Eesti topograafilistel kaartidel **samakõrgusjoontega** (isohüpsidega ehk horisontaalidega); see kujutusviis osutub pinnamoodi kujutamisel täiuslikumaks.

[1]) Kõrgendikke liigitatakse:

küngas — suhteline kõrgus alla 10 m,
kink — „ „ „ 10—25 m,
vaar — „ „ „ 25—50 m,
mägi — „ „ üle 50 m.

Kujutleme, et mingi kõrgendik on läbi lõigatud rõhtloodis tasapindadega, millede lõikevahed on kõigil ühesugused (joon. 29). Lõikepindade lõikejooned kõrgendiku pealispinnaga kujutavad siis ühekõrguse asendiga punktide ridu — samakõrgusjooni.

Need kujuteldavad lõikejooned (samakõrgusjooned) kantakse kaardile samuti kui muudki kaardistatavad kontuurid ja maastikujooned.



Joon. 29.

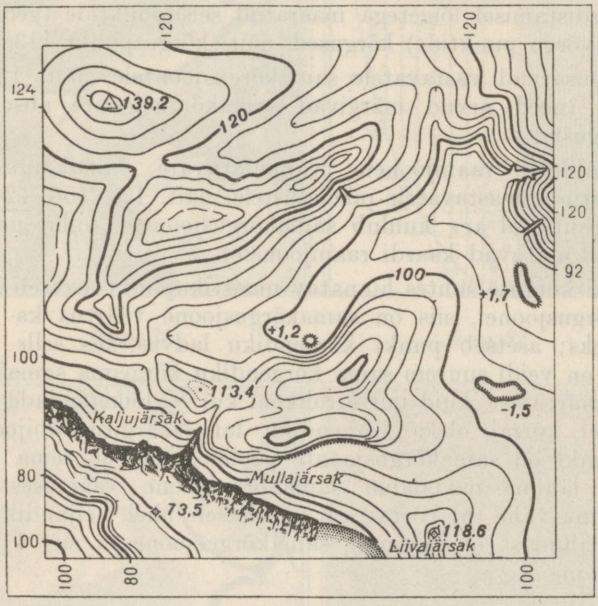
Sel teel saadakse pinnavormide mitmesuguse asendiga kihtidest horisontaalsed projektsioonid samakõrgusjoonte näol, millede abil võidakse vajadusel rekonstrueerida neid pinnavorme, koostada neist profiile ja piiristada nende vahel nähtavaid ja nähtamatuid alasid (koostada varjukaarte).

Lõikepinnad kujutletakse keskmisest merepinnast ehk nn. normaal-nullpunktist[1]) järgmiselt:

topograafilisel põhikaardil	(mõõdus 1 : 25 000)	— Põhja-Eestis 2 m tagant ja Lõuna-Eestis 4 m tagant
Eesti kaardil	(mõõdus 1 : 50 000)	— 8 m tagant
Operatiivkaardil	(„ 1 : 200 000)	— 16 „ „

[1]) Meil loetakse normaal-nullpunktiks ehk normaal-nulliks (lüh. NN) kestvate korrapäraste vaatluste abil tuletatud Soome lahe vee keskmist pinda.

Lamedal maastikul, kus pinnamoodi piltlikuks kujutamiseks ei jätku ülalnimetatud lõikepinnavahedega samakõrgusjoontest, tarvitatakse **abisamakõrgusjooni** (abijooni). Abijoon joonestatakse kahe samakõrgusjoone poolele kõrgusvahele peenikese katkendliku joonega. Iga viies samakõrgusjoon (mitte abijoon) joonestatakse jämedam.



Joon. 30.

Samakõrgusjoontega kujutatud küngas ja auk osutuvad kaardil sarnasteks; nende eristamiseks ja maapinna languse näitamiseks ühes või teises sihis tõmmatakse vastava samakõrgusjoone külge temaga ristuv väike kriipsuke maapinna (nõlva) languse sihis.

Ühtlase languse korral on samakõrgusjoonte kaugused üksteisest omavahel võrdsed. Mida järsem on langus, seda väiksemad on samakõrgusjoonte vahelised kaugused. Järsakuid üle 45° kujutatakse sellekohaste leppemärkidega (joon. 30).

Väikesed künkad ja augud, mida pole võimalik kujutada kaardi mõõtkavas samakõrgusjoontega, märgitakse samuti vas-

tava leppemärgiga. Neile tähendatakse siis juurde kõrgus või sügavus (±) künka jalast või augu pervest (kaldast).

Samakõrgusjoonte abil väljendatud kõrguste hindamise hõlbustamiseks märgitakse kaardile (joon. 30):

— kaardistamise aluseks võetud toetuspunktide (triangulatsioonipunktide) kõrgused, näit. △ 139,2;

— kaardistamisel lõigetega määratud seisupunktide (geomeetrilise võrgu punktide) kõrgused, näit. kõrguspunkt 113,4;

— kõrgusarvud vastavatele samakõrgusjoontele, näit. 120, 100 jne. (need arvud märgivad samakõrgusjoonte absoluutset kõrgust);

— kaardilehe raamjoonele väljaulatuvate samakõrgusjoonte väärtused vastavatele pikendustele, näit. 120, 100, 124 (allakriipsutatud arv kuulub samakõrgusjoonele, mille mõlemad otsad ulatuvad kaardi raamjoonele).

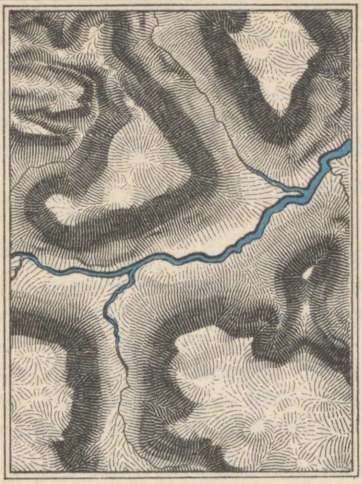
Kui kõrguse suhtes hinnatav maastikupunkt asetseb kaardil samakõrgusjoonel, siis on samakõrgusjoone väärtus ka punkti kõrguseks; asetseb punkt kõrgendiku ladvas, siis selle punkti kõrgus on veidi suurem sama kõrgendiku kõrgeima samakõrgusjoone väärtusest, kuid mitte rohkem kui ½ lõikepindade vahest (vastasel korral oleks kõrgendiku latv märgitud abijoonega). Kui punkt on samakõrgusjoonte poolel vahel, on tema kõrgus suurem lähima madalama samakõrgusjoone väärtusest poole lõikepinna vahe (h) võrra; kui ta asetseb ühel neljandikul (arvatud lähimast madalamast samakõrgusjoonest), siis ¼ võrra suurem jne.

3. Teisi pinnavormide kujutamisviise.

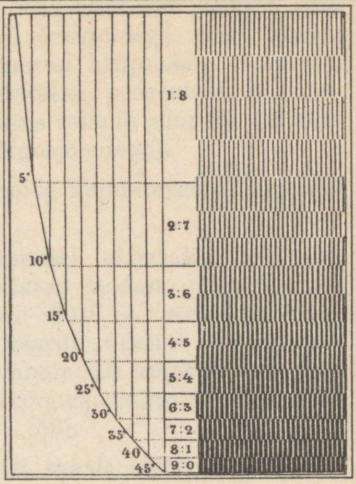
Paljudel välismaa kaartidel ja mõnel meie kaardil (vanemad väljaanded) on pinnavorme kujutatud kriipsudega, varjudega ja värvidega.

Üks vanemaid ja sagedamini esinevaid pinnavormi kujutamisviise on **kriipsutusviis** (joon. 31). Kriipsutusviis annab kaardistatud maa-ala pinnavormidest väga ülevaatliku pildi, kuid kõrguste suhete, nõlva kallete ja nõlva suundade määramine on kriipsutuse järgi ligikaudne.

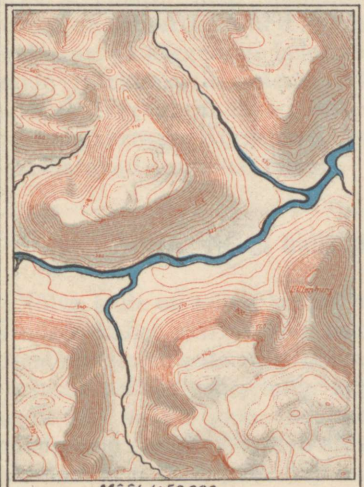
Kriipsutusviisi kasutamisel väljutakse põhimõttest, et mäenõlvad saavad suhteliselt vähem vertikaalselt langevaid valgus-



Joon. 31

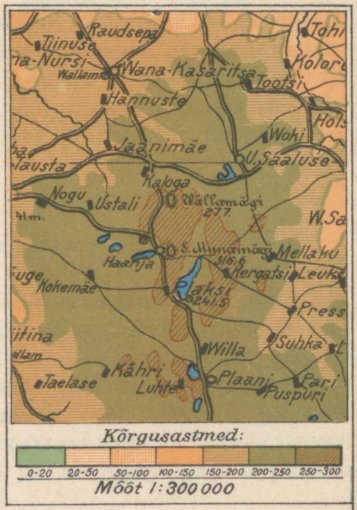


Joon. 32



Mõõt 1:50 000

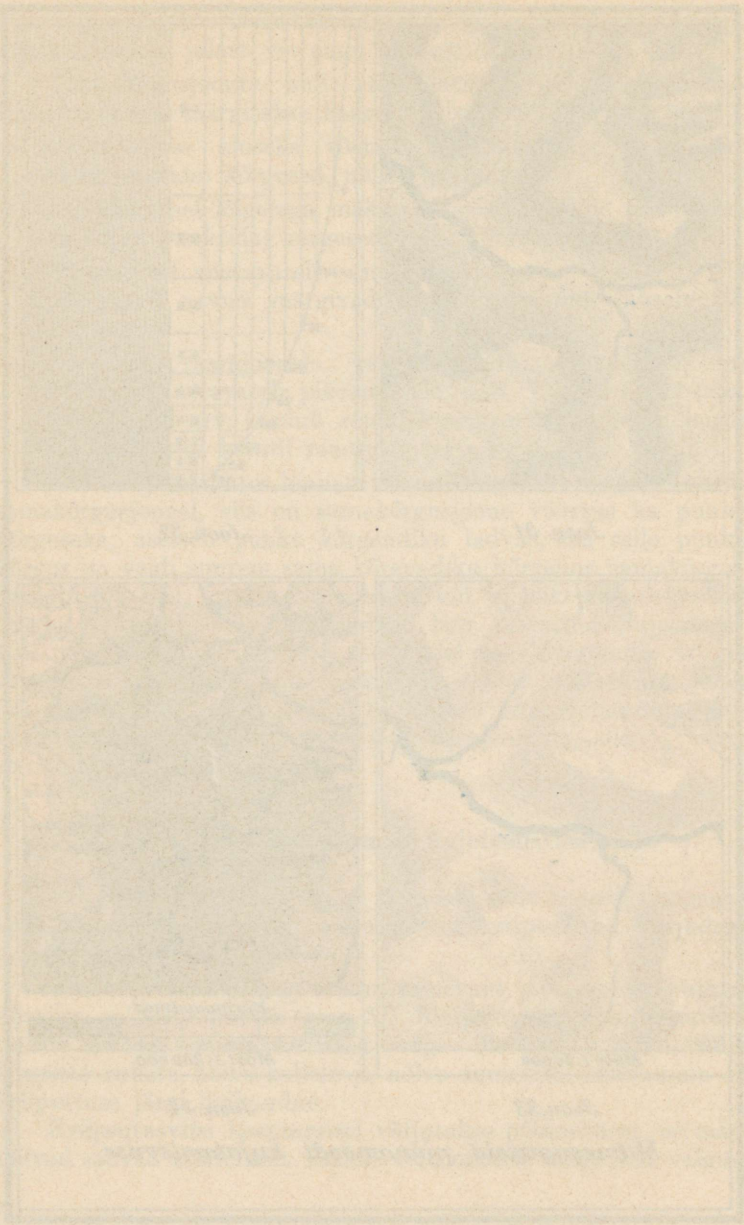
Joon. 33



Mõõt 1:300 000

Joon. 34

Mitmesuguseid pinnamoodi kujutamisviise



kiiri kui lausmaapinnad. Nõlvad kriipsutatakse kaardil seda jämedamate ja tihedamalt asetatud kriipsudega, mida järsem nõlv on, kuna lausmaapinnad esinevad kriipsudeta. Lamedamate kallakute märkimiseks kasutatakse peenemaid ja hõredamalt joonestatud kriipse. Kriipsutus toimub suurima kallaku, s.o. nõlva suuna sihis (risti samakõrgusjoontega).

Joon. 32 on toodud pinnavormide kujutamiseks kasutatav nn. Lehmanni skaala.

Varjutusviis. Selle viisi kasutamisel väljutakse eeldusest, et maastiku pinnamood on valgustatud loodest, mistõttu nõlvade kagupoolsetel külgedel on vari. Vari on seda tumedam, mida järsem on nõlv. Varjutus kaardil viiakse läbi pruunikais või halles värvitoones. See pinnamoodi kujutamisviis pole täpne, kuid kasutatuna koos samakõrgusjoontega ta võimaldab suurendada kaardi piltlikkust (joon. 33).

Pinnavormide kujutamine värvide skaala abil[1]**.** Pinnamood kaardil jaotatakse kõrgusastmeteks näit. 0—20 m, 20—50 m, 50—100 m jne. Iga kõrgusaste tähistatakse kaardil samakõrgusjoonega ja joonte vahe kaetakse sobiva värvitooniga. Näit., Eestimaa füüsilisel kaardil I kõrgusaste (kõrgused 0—20 m) on heleroheline, II kõrgusaste helekollane jne. (joon. 34). Seda pinnavormide märkimisviisi näeme väikesemõõdulistel kaartidel ja skeemidel. Värvid annavad selge kujutluse pinnamoodi kõrguste vahekorrast. Kõrgeimad kohad (valitsevad kõrgustikud) on eraldatavad esimesel pilgul.

4. Nõlva kalle ja nõlva suund.

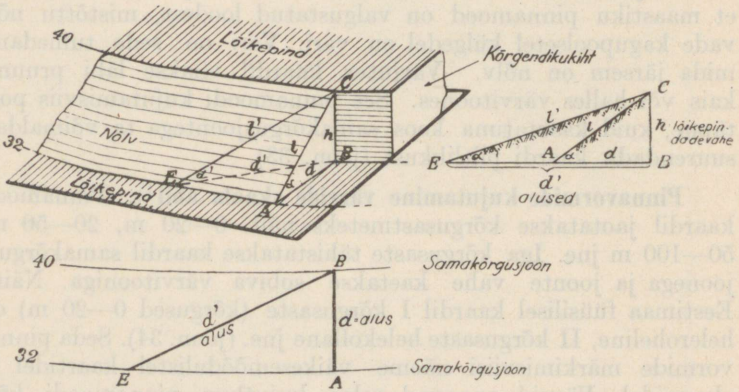
Nõlva kalle on nõlva langus vabas sihis (suund CE joon. 35). Kui nõlva kallet märkiv siht osutab kõige järsemat kohta nõlval, siis nimetame seda sihti nõlva suunaks (suund CA). Maastikul osutub selleks siht, mille suunas vesi nõlvalt alla voolab. Kaardil on selleks joon, mis asetseb risti nõlva kujutavate samakõrgusjoontega. Nii võib nõlva suund esineda sirgena (suund punktidest a ja b — joon. 36) kui ka kõverana (suund punktidest c, d ja e).

---

[1]) Kaarte, millel pinnavormid on kujutatud värvide skaala abil nimetatakse ka hüpsomeetrilisteks kaartideks.

Nõlva kallet kahe kindla punkti vahel nimetame kallaku pikkuseks, kallaku pikkuse horisontaalset projektsiooni — aluseks (joon. 37). Aluse pikkus oleneb nõlva kõrgusest ja kallakust. Kui piirata nõlva kõrgust lõikepinna vahega h (joon. 35), siis nõlva aluseks on kahe lähestikku asetseva samakõrgusjoone vahe. Nurka nõlva kallaku ja aluse vahel nimetame kaldenurgaks (CAB = α ja CEB = α').

Pole raske võrrelda kaardil, kus kohal nõlv on järsem, kus lamedam, sest kallakuse suurenedes väheneb samakõrgusjoonte



Joon. 35.

vahe. Kuid tihti ei rahulda suhteline hindamine, vaid vajatakse nõlva tegelikku kaldenurka nurkjaotistes või kallakust protsentides.

Nõlva kaldenurka võime leida arvutamise teel ja graafiliselt.

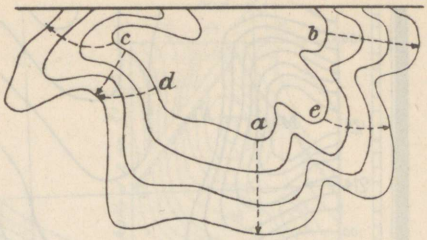
Arvutamiseks lähtume täisnurksest kolmnurgast CAB (joonis 35), mis kujutab nõlva läbilõiget kahe lähestikku asetseva samakõrgusjoone vahel. Selles kolmnurgas määrab nõlva kaldenurga (α) kolmnurga tuntud elementide h ja d suhe, s.o.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{d}, \text{ siit } d = \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha}$$

(h on lõikepindade vahe, mille suurus märgitud kaardile; d saadakse mõõtmise teel kaardilt).

Praktiliselt kallakuil alla 20° on küllaldane rakendada lihtsustatud valemit

$$\alpha^\circ \approx \frac{60 \cdot h}{d}\,^{1}).$$



Joon. 36.

Näide 1. On vaja leida nõlva kaldenurk joon. 38 näidatud suunas AB. Kaardi lõikepindade vahe h = 4 m; pikkus AB (mõõdetud kaardilt) = 120 m = d. Neil andmeil leiame:

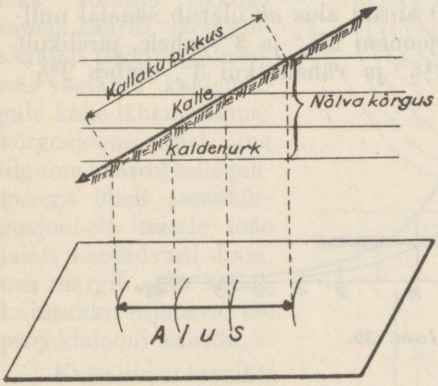
$$\alpha^\circ \approx \frac{60 \cdot 4}{120} \approx 2^\circ.$$

Ühtlase langusega nõlval, mida iseloomustavad kaardil võrdseil vahedel asetsevad samakõrgusjooned, on kaldenurk loomulikult sama, mis kahe lähema samakõrgusjoone vahelgi. Kuid kaldenurka võib määrata ka kogu nõlva ulatuses korraga.

Näide 2. Leida kaldenurk joon. 38 näidatud suunas MN.

Punktide M ja N kõrguste vahe h = 6 × 4 m = 24 m (lõikepindade vahe kaardil on 4 m ja lõikepindade vahesid, s.o. samakõrgusjoonte vahesid on 6). Kaugus MN = d = 200 m. Nende andmete põhjal leiame:

$$\alpha^\circ \approx \frac{60 \cdot 24}{200} \approx 7{,}2^\circ.$$

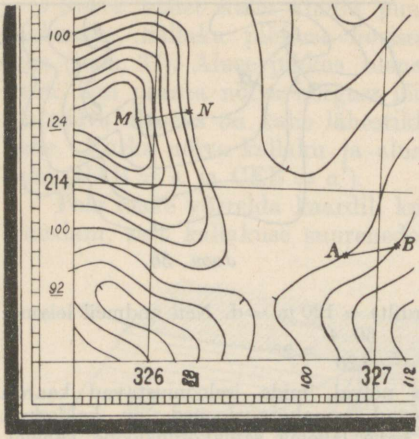


Joon. 37.

Graafiliselt võib määrata nõlva kallet järskuse- (kalde-) skaala abil, milline mõõt (joon. 39) on harilikult kaasas igal kaardilehel.

Järskuseskaala kujutab vabalt võetud joonlõigule vastava kaardi mõõtkavas vabadel vahedel püstitatud nõlvakallete aluseid, millede otsad ühendatud kõverjoonega. Aluse pikkused on arvutatud eeltoodud valemi $d = \frac{h}{\operatorname{tg}\alpha}$

[1]) Praktiliselt võib väikese nurga α tangensi asemele võtta avaldis $\alpha^\circ \operatorname{tg} 1^\circ$ ehk $\frac{1}{60}\alpha^\circ$.



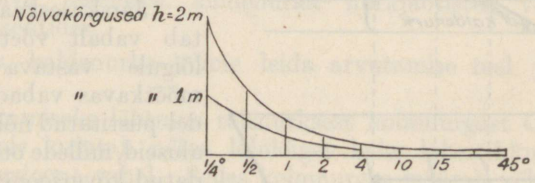
Joon. 38.

järgi kaldenurkadele (α) kuni 45° (harilikult ¼°, ½°, 1°, 2° jne. tagant, nagu näidatud joon. 39). Nõlva kõrguseks on kaardi lõikepindade vahe (h). Ühele joonlõigule võib konstrueerida mitu järskuseskaalat, mis hõlbustab ja kiirendab kallaku määramist.

Joon. 40 kujutatud järskuseskaala on konstrueeritud kaardile mõõtkavas 1 : 25 000 nõlvakõrgustega kuni 40 m.

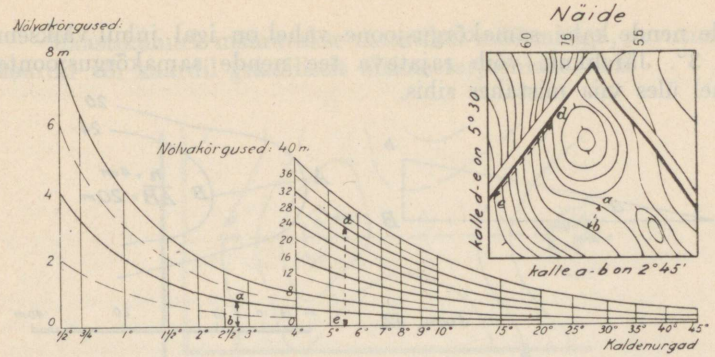
Et määrata järskuseskaala abil kaldenurka, mõõdetakse kaardil antud aluse pikkus ja loetakse aluse pikkuse otsapunktide kõrguste vahe. Aluse pikkust võrreldakse vastaval järskuseskaalal nulljoonlõigu ja loetud kõrgusvahele vastava nõlvakõrgusjoone vahel sobiva aluse pikkusega. Leitud aluse nurga väärtus ongi otsitava kaldenurga suurus kraadides.

Näiteks kaardil joon. 40 antud alus *ab* ulatub skaalal nulljoonlõigust 4 m nõlvakõrgusjooneni 2½° ja 3° vahele, järelikult kaldenurk on suurem kui 2½° ja vähem kui 3°, umbes 2¾°.



Joon. 39.

Kui soovime teada kaldenurka üle mitme samakõrgusjoone korraga, näiteks maantee sihis *de*, siis võrdleme antud aluse pikkust *de* järgmisel 40 m järskuseskaalal, sest punktide *d* ja *e* kõrguse vahe on $8 \times 4 = 32$ m (h = 4 m ja samakõrgusjoonte



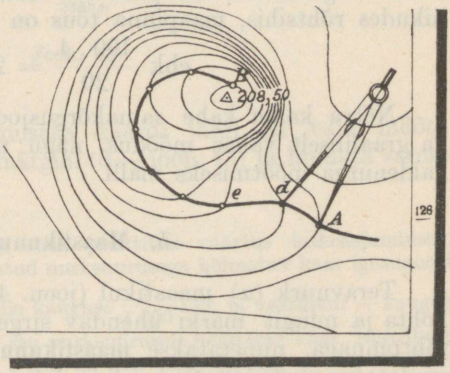
Joon. 40.

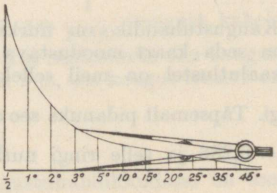
vahesid on 8). Kaardilt mõõdetud pikkus *de* sobib siin 5° ja 6° vahele (nulljoonlõigust kuni 32 m nõlvakõrgusjooneni). Järelikult on nõlva kaldenurk (maantee tõus) *ed* sihis $5\frac{1}{2}$°.

Järskuseskaala abil võime kaardil lahendada veel alljärgneva ülesande (joon. 41).

Mäkke on vaja rajada tee AB, mille tõus ei ületaks 3°. Selleks võtame sirkliga sama kaardi järskuseskaalalt pikkuse (aluse), mis vastab 3° kaldenurgale kahe lähema samakõrgusjoone vahel, ning liigume kaardil selle pikkusega ühelt samakõrgusjoonelt teisele mäe jalalt mäeladvani. Joon, mis märgib seda käiku, kujutabki rajatava tee projektsiooni kaardil.

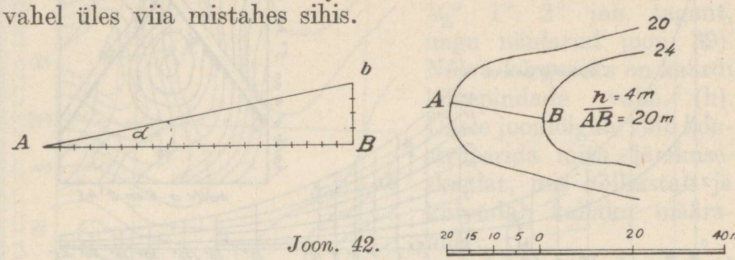
Kui niiviisi tee sihti projekteerides, sirkli jalg ei küüni järgmisele lähemale samakõrgusjoonele (näit. *de*), siis nõlva





Joon. 41.

kalle nende kahe samakõrgusjoone vahel on igal juhul väiksem kui 3°. Järelikult võib rajatava tee nende samakõrgusjoonte vahel üles viia mistahes sihis.



Joon. 42.

Kuna nõlva kõrguse ja aluse suhe $\left(\frac{h}{d}\right)$ määrab nõlva kallaku, siis võime viimast väljendada murruga, mille lugejaks on nõlva kõrgus ja nimetajaks kallaku pikkuse alus. Näiteks kalle, mis väljendatud murruga $\frac{4}{20}$ (s.o. $^1/_5$), näitab, et kahest teineteisest 20 m kaugusel asuvast punktist asetseb üks 4 m kõrgemal ehk, liikudes rõhtsihis, maapinna tõus on iga viie meetri järele 1 m

$$\text{ehk } \frac{100 \cdot 4}{20} = 20\%.$$

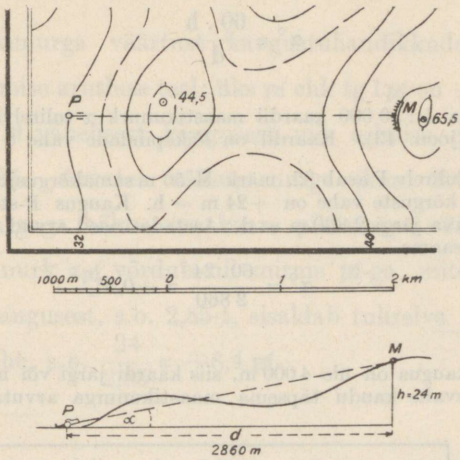
Nõlva kallet kahe samakõrgusjoone vahel võime kujutada ka graafiliselt vabas mõõdus, nagu näitab joon. 42, kasutades kaldenurga mõõtmiseks malli.

5. Maastikunurk.

Teravnurk (α) maastikul (joon. 43), mille moodustab asukohta ja mingit märki ühendav sirge sama asukoha või märgi rõhtpinnaga, nimetatakse **maastikunurgaks.** Maastikunurk väljendatakse nurkjaotistes kas kraadides või kaugustuhandikkudes[1]).

[1]) Kaugustuhandik on nurksuurus, mille poolt hõlmatav kaare pikkus on seda kaart moodustava raadiuse üks tuhandendik osa. Praktilistel kaalutlustel on meil selleks pikkuseks (kaare mõõduks) valitud $\frac{1}{6\,400}$ ringi. Täpsemalt pidanuks see olema $\frac{1}{6\,286}$; üksusringi (R = 1) pikkus on $2\pi R = 6{,}286$ ja selle ringi nurkjaotis, mille pikkus on $\frac{R}{1\,000}$, olnuks $\frac{1}{6\,286}$.

Maastikunurk määratakse maastikul mõõtmisega, arvutusega kaardil või kaardil graafiliselt altimeeterjoonlaua abil.



Joon. 43.

Maastikunurga hindamiseks kaardi järgi on vaja mõõta kaardil kaugus asukohast märgini (d — joon. 43) ja hinnata sama-

---

Kaugustuhandikkudel on suur praktiline väärtus laskeasjanduses, eriti suurtükiväes, sest kirjeldatud nurksuurusega hõlmatav kaar igasugusel kaugusel osutub praktiliselt selle kauguse $\frac{1}{1\,000}$-uks ja vastupidi — kaugus osutub 1 000 korda suuremaks kui nurksuuruselt hõlmatav kaar. Näitlikult kujutame seda nii: kui R = 1 000 m, siis ringi (kaare) pikkus $2\pi R$ = = 2 . 3,143 . 1 000 = 6 286 m; ühele kaugustuhandikule sellel ringil vastab $\frac{6\,286\text{ m}}{6\,400}$ = 0,982 m ehk ümmarguselt 1 m, s.o. $\frac{1}{1\,000}$ kaugust, kahele kaugustuhandikule 2 m jne. Ja vastupidi — kui nurksuurus üks kaugustuhandik hõlmab eset, mille pikkus kaare sihis on 1 m, siis kaugus temani on 1 000 m (täpsemalt 982 m) jne.

Kaugustuhandiku märgiks on ‰.

Kraadide ümberarvutamine kaugustuhandikkudesse on toodud lisas nr. 5.

kõrgusjoonte abil asukoha ja märgi kõrguse vahet[2]). Maastikunurk α väljendub valemis $\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{d}$ ehk lihtsustatult ligikaudu

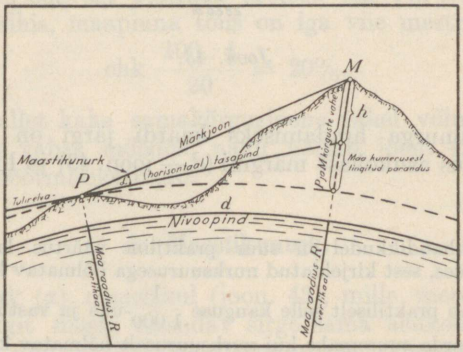
$$\alpha^\circ \approx \frac{60 \cdot h}{d}.$$

Näide. Määrata 1 : 50 000 kaardil maastikunurk α tulirelva P ja märgi M vahel (joon. 43). Kaardil on lõikepindade vahe 8 m.

Tulirelv P asub 32, märk M 56 m samakõrgusjoonel. Järelikult nende kõrguste vahe on +24 m = h. Kaugus P-st kuni M-ni on mõõtkava järgi 2 860 m = d. Asetades need arvud eeltoodud valemisse, saame

$$\alpha^\circ = \frac{60 \cdot 24}{2\,860} \approx +0{,}5^\circ,$$

[2]) Kui kaugus on üle 4 000 m, siis kaardi järgi või mõnel muul teel saadud kõrgusvahe kaudu täpsema maastikunurga arvutamisel, on vaja



Joon. 44. Maa kumerusest tingitud parandus.

võtta arvesse Maa kumerusest tingitud kõrgusvahe parandust (joonis 44). See parandus esineb avaldises $\frac{d^2}{2R}$; d = märkidevaheline kaugus; R = Maa raadius. 1 000 m kohta on parandus 7,8 cm, 10 000 m on parandus juba 7,8 m, s. o. parandus suureneb võrdeliselt kauguse ruuduga. Tabel paranduste leidmiseks on toodud lisas nr. 6. Parandus tuleb enne maastikunurga arvutamist kõrgusvahest alati maha arvutada.

ehk kaugustuhandikkudes

$$\alpha_{‰} = \frac{1\,000 \cdot 24}{2\,860} \approx 8{,}4\ ‰.$$

Maastikunurga väärtust kaugustuhandikkudes võib leida kaardil järgmise arutluse teel: üks rad ehk tg 1 ‰ on $\frac{1}{1\,000}$ asukoha P ja märgi M vahelisest kaugusest, mis eelmise näite kohta on $\frac{2\,850}{1\,000} = 2{,}85$. Arvates väikese nurga (kuni 300 ‰) tangensi võrdseks nurgaga hõlmatava kaare pikkusega, võime järeldada, et maastikunurk $\alpha_{‰}$ võrdub nii mitme ‰-ga, mitu tuhandikku vastavast kaugusest, s.o. 2,85-t, sisaldab tulirelva P ja märgi M kõrguste vahe, s.o. $\frac{24}{2{,}85} \approx +8{,}4$ ‰.

Näide. Kaugus märgini on d = 6250 m, tulirelva asukoha ja märgi kõrguste vahe on h = 29 m; vaja arvutada maastikunurk.

Tabelist lisas nr. 6 leiame Maa kumerusest tingitud paranduse järgmiselt:

6,000 km kohta parandus	2,8 m
0,250 „ „ „ umbes . .	+0,2 „
Kokku 6,250 km kohta on parandus	3,0 m.

$$29\ \text{m} - 3\ \text{m} = 26\ \text{m}.$$

$\operatorname{tg} \alpha^\circ = \frac{h}{d} = \frac{26}{6\,250}$; seda logaritmide abil lahendades saame:

lg 26 . . .	1,41497
— lg 6250 . . .	3,79588
lg tg α° =	7,61909

$\alpha = 14'$ ja lisas nr. 5 toodud tabeli abil seda ‰-sse ümber viies saame 4,15 ‰.

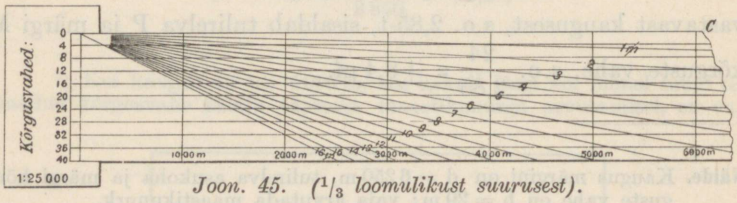
Ligikaudselt $\alpha^\circ \approx \frac{60 \cdot 24}{6\,250} \approx \frac{1^\circ}{4}$.

6. Altimeeterjoonlaud.

Altimeeterjoonlaud võimaldab kaardil graafiliselt kiiresti hinnata maastikunurki — koostada profiile, valmistada kaardi järgi perspektiive maastiku pinnavormest ja lahendada muid sääraseid ülesandeid.

Iga eri mõõduga kaart nõuab tema mõõtkavale vastavat altimeeterjoonlauda. Altimeeterjoonlauda võib valmistada õhukesest tselloonist (vahapaberist või papist), nagu on näidatud joon. 45.

Lõigatakse välja 3—5 cm laiune üle kaardi ulatuv, joon. 45 näidatud kuju omav joonlaud. Joonlaua servale veetakse rööbiti vabade, kuid võrdsete, näit. 0,5 cm vahedega sirgjooned, millede



Joon. 45. ($^1/_3$ loomulikust suurusest).

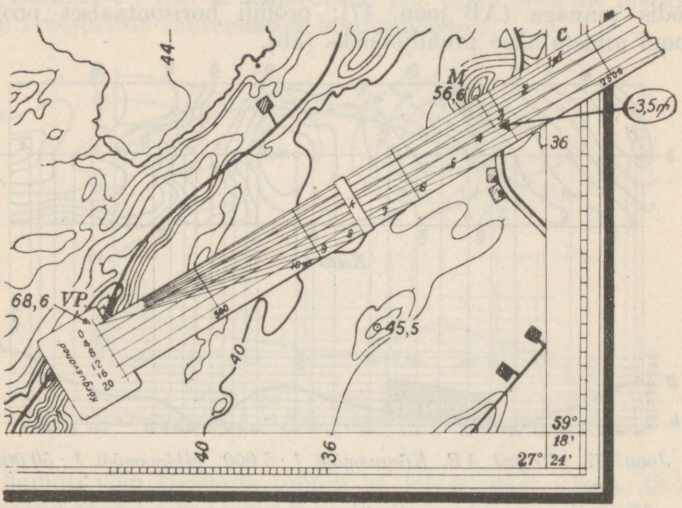
otstele märgitakse vastava kaardi lõikepindade vahede väärtused (joonisel toodud joonlaud on valmistatud 1 : 25 000 kaardile, lõikepindade vahedega 4 m). Neile joontele veetakse iga 2-he või 4 cm tagant ristjoon, nii et esimene neist asetseks joonlaua laiemal otsal. Igale ristjoonele märgitakse juurde selleni ulatuva piki-joonlõigu vastav kaugus kaardimõõdus, nagu 4 cm = 1000 m, 8 cm = 2000 m jne.

Esimese piki- ja põikjoone ristumiskohta O torgatakse väike nõelaauk ning veetakse sealt vihk kaldjooni, mis moodustavad joonlaua servaga OC kaugustuhandikkudes väljendatud maastikunurki. Need kaldjooned tõmmatakse joonlauale, vastavalt alljärgnevale tuletisele:

kui kaugus 1000 m suhtes kõrgusega 1 m on 1 ‰, siis
4000 „ „ „ 4 „ „ samuti 1 ‰;
4000 „ „ „ 8 „ „ aga 2 ‰,
4000 „ „ „ 12 „ „ 3 ‰ jne.

Kui vastavalt neile tuletistele tõmmata joonlaual kaldjoon 4000 m kohalt püstitatud ristjoone (kõrgusjoone) ja 4 m põik- (lõikepinna) joone ristumiskohalt punkti O, siis see kaldjoon

vastab kogu ulatuses nurgale 1 γ. Täisnurksed kolmnurgad, mida moodustavad kaldjoon, joonlaua serv (OC) ja püstjooned, on omavahel sarnased. Kogu kaldjoone ulatuses püstjoonlõikude ja O-st nendeni ulatuvate kaldjoonlõikude suhe on $\frac{1}{1000}$. Järelikult kõik võrdsete maastikunurkadega punktid asuvad altimeeterjoonlaual samal kaldjoonel.



Joon. 46.

Altimeeterjoonlaua käsitsemine maastikunurga mõõtmiseks kaardil toimub alljärgnevalt.

Kaardil on vaja mõõta maastikunurk vaatluspunkti VP ja mingi punkti M vahel (joon. 46).

Kaardi mõõt on 1 : 25 000, sellepärast tuleb kasutada altimeeterjoonlauda, mis on valmistatud 1 : 25 000 kaardimõõdu kohaselt.

Lõikepindade vahe kaardil on 4 m, järelikult punkt M asub VP-st madalamal 12 m võrra, s.o. nende kõrguse vahe on 12 m.

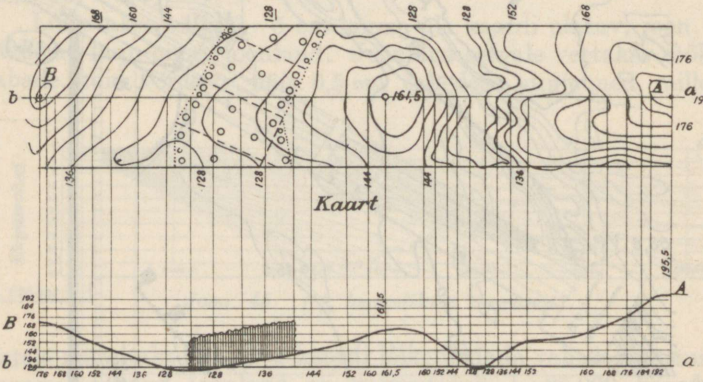
Asetame altimeeterjoonlaua kaardile ning nööpnõela abil seame punkti O kohastikku VP-ga. Nüüd pöörame joonlauda seni ümber nõela, kuni joonlaua serv OC kulgeb punkti M. Punktist M kujutleme ristjoone joonlaua servale ja selle joone ristle-

misel 12-da kõrgusvahe joonega loeme kaldejoone väärtuse —3,5 m, mis ongi maastikunurk VP ja M vahel.

Joonlauale võib konstrueerida liikuva kaeluse k, mis nihutatult punkti M asendab kujuteldavat ristjoont.

7. Profiilid.

Maastiku profiiliks nimetatakse maapinna lõikejoont püstloodis pinnaga (AB joon. 47); profiili horisontaalset projektsiooni nimetatakse profiiljooneks (ab).



Joon. 47. Profiil AB. Kõrgusmõõt 1 : 5 000, pikkusmõõt 1 : 50 000.

Maastiku profiil annab ülevaate pinnavormest ja maastikul leiduvaist muudest loodus- ja tehisvormest. Ta võimaldab piiristada kaardil nähtamatuid alasid ja ette arvestada tule mõju.

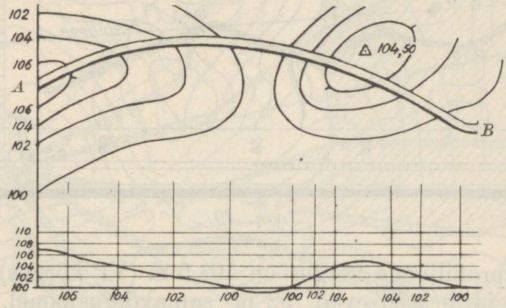
Profiili koostamiseks vajalikkude punktide vahel (AB joon. 47) tuleb ühendada need punktid profiiljoonega (a—b). Profiiljoon kantakse paberile ning märgitakse temale kõik lõikepunktid, mis saadakse tema lõikumisel samakõrgusjoontega ja kontuuridega. Lõikepunktidele tähendatakse juurde nende kõrgused kaardi järgi ja püstitatakse neist ristjooned. Profiiljoonega rööbiti tõmmatakse rida võrdsete vahedega jooni, mis kujutavad suurendatud vahedega[1]) lõikepindu. Alumise lõike-

[1]) Profiilis avalduvad kõik maapinna nõlva järskused seda järsemalt, mida enam profiili kõrgusmõõt on suurem pikkusmõõdust. Võrdsetes mõõtudes pole aga võimalik anda ülevaatlikku profiili, sest kõrgused pikkustega võrreldes on väga väikesed ja samas kaardimõõtkavas väljendatuna jääksid nad peaaegu märkamatuiks.

pinnajoone moodustab profiiljoon. Profiiljoon tähistatakse madalaima teda lõikava samakõrgusjoone kõrgusarvuga. Teised lõikepinnajooned tähistatakse kaardi lõikepinnavahe väärtuse võrra suurenevate kõrgusarvudega temast ülespoole.

Ühendades profiiljoonele püstitatud ja sama kõrgusväärtusega lõikepinnajoonte lõikepunkte, saame kõverjoone, mis kujutabki maastiku profiili antud punktide A ja B vahel.

Taimkatte-, vee- ja tehisvormid jne. tuleb profiilile märkida samuti vastavalt suurendatud kõrgusmõõdule.

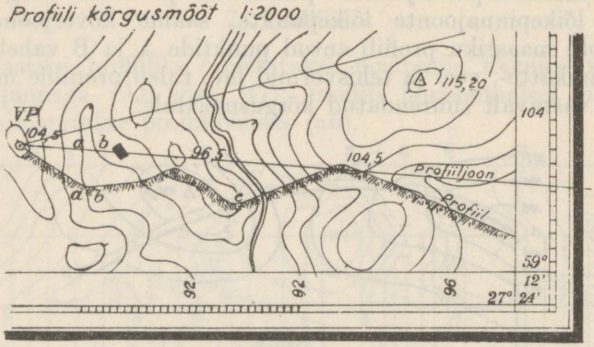


Joon. 48. Profiil piki teed.
(Kõrgusmõõt 1 : 1 000, pikkusmõõt 1 : 25 000.)

Samuti võib koostada profiili ka kõverjoonel. Joon. 48 on kujutatud profiil piki teed AB.

Profiilide koostamiseks on sobiv kasutada millimeetripaberit. Taktikaliste ülesannete lahendamiseks on tihti vaja valmistada profiil võimalikult kiiresti ja eriliste peenusteta. Sel juhul koostatakse nn. **lühendatud profiil** kaardilehel otse profiiljoonele (näit. nähtamatute alade piiristamiseks jne., vt. joon. 51). Lühendatud profiil valmistatakse üldiselt samuti kui täielikki, kuid sellele ei märgita pinnavormide kõiki peenusi. Profiiljoone ja samakõrgusjoonte lõikumispunktidest märgitakse vaid madalamad ja kõrgemad, mis vajalikud üldjoonelise profiili väljajoonestamiseks. Parema ülevaate saamiseks on soovitav vaatluspunkti (VP) läbivat profiiljoont kasutada ühtlasi lõikepinnajoonena, mille kõrgusväärtuseks on vaatluspunkti kõrgus. Muud maastikuesemete ja lõikepinnajoonte lõikumispunktid märgitakse vastavalt nende kõrgustele lõikumispunktist ristjoones kas üles- või allapoole profiiljoont.

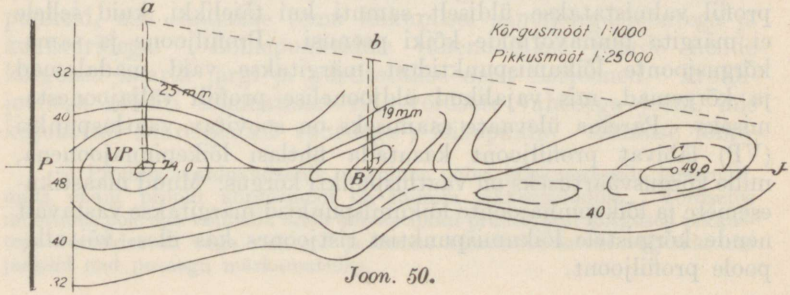
Lühendatud profiili koostamisel pole vaja tõmmata kaardile lõikepinnajooni ega ka ristjooni. Lõikumispunktid märgitakse vastavalt profiiljoone ja lõikumispunktide kõrgusvahedele silma järgi ristjoones üles- või allapoole profiiljoont. Nii joon. 49



Joon. 49.

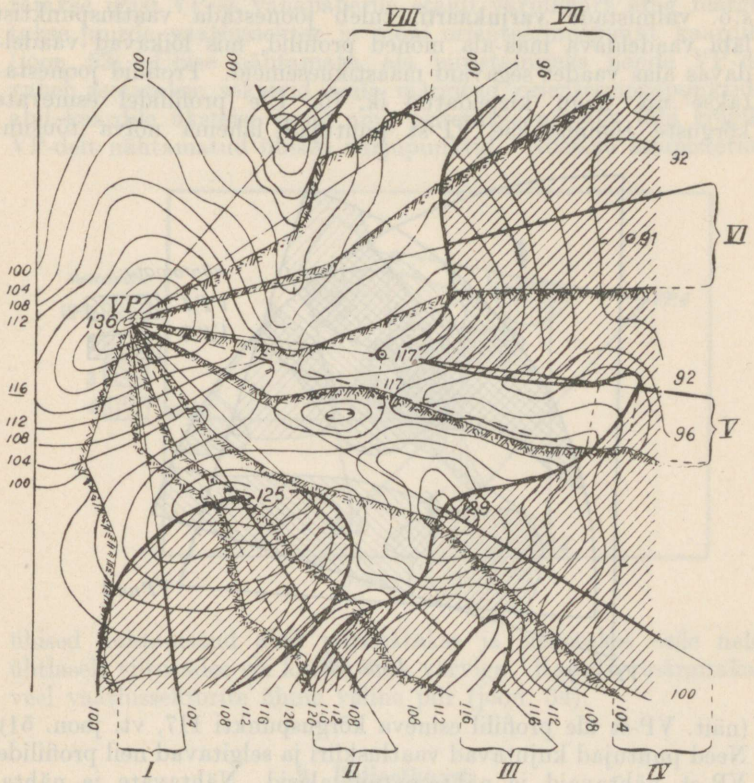
VP läbiva profiiljoone kõrgus on 104,5 m (VP kõrgus); lõikumispunktid a ja b asetsevad 92 m samakõrgusjoonel, järelikult 104,5 — 92 = 12,5 m madalamal. Võttes profiili kõrgusmõõduks 1 m = 0,5 mm, s.o. 1 : 2 000, tuleb lõikumispunktid a ja b märkida 6,25 mm allapoole profiiljoont. Samuti arvutame ka teised lõikumispunktid ja märgime nad profiiljoonel vastavatest lõikumispunktidest ristjoones üles- või allapoole. Sääraselt märgitud punkte ühendav kõver kujutab pinnamoodi profiili antud joonel. Lõikab profiiljoon ühtlasi ka teisi esemeid, siis tuleb nad märkida profiilile vastavalt nende kõrgusele profiili mõõtkavas.

Tihti on vaja selgitada ainult mingi punkti (C) nähtavust vaatluspunktist VP (joon. 50). Seda ülesannet võib kiiresti



Joon. 50.

lahendada nende vahel profiili koostamata. Selleks ühendame need punktid kaardil ja püstitame ristjooned VP-sse ja VP ja C vahele kõrgeimasse punkti B. Ristjoontele märgime vabas mõõdus (joon. 50 on märgitud millimeetrites) nende punktide



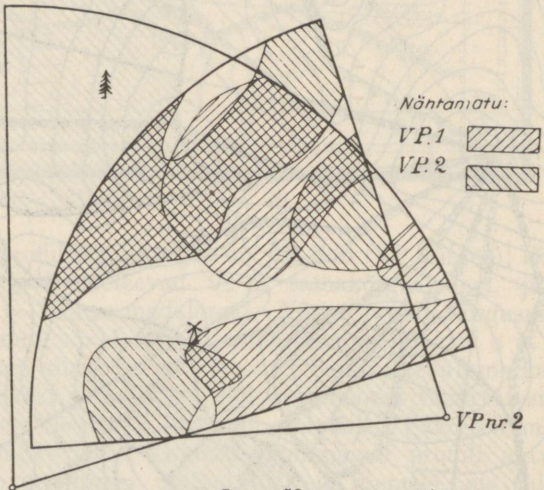
Joon. 51.

kõrgusvahed, mis arvatud vaadeldavast punktist C, nimelt VP = 74 — 49 = 25 ja B = 68 — 49 = 19. Märgitud punktide a ja b ühendusjoone pikendus üle punkti C näitab, et C pole nähtav VP-st (vaadet varjab kõrgendik B). Suunduks see joon allapoole punkti C, olnuks C nähtav VP-st[1]).

[1]) On kaugus (VP—C) suur, näit. üle 4000 m, siis on vaja ka siin arvutada Maa kumerust (vt. lk. 70).

8. Nähtamatute alade piiristamine.
(Varjukaart.)

Et piiristada kaardil vaatluspunktist nähtamatuid alasid, s.o. valmistada **varjukaarti,** tuleb joonestada vaatluspunktist läbi vaadeldava maa-ala mõned profiilid, mis lõikavad vaadeldavas alas vaadet segavaid maastikuesemeid. Profiilid joonestatakse nii, nagu kirjeldatud lk. 75. Üle profiilidel esinevate kõrguste tõmmatakse VP-st puutujad lähema nõlva tõusuni



Joon. 52.

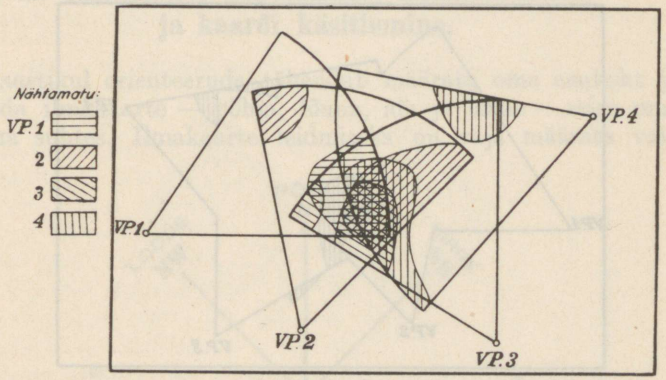
(näit. VP-st üle profiilil esineva kõrguspunkti 117, vt. joon. 51). Need puutujad kujutavad vaatluskiiri ja selgitavad neil profiilidel VP-st nähtavaid ja nähtamatuid alasid. Nähtavate ja nähtamatute alade piirid projitseeritakse ristjoonte abil profiiljoontele ja ühendatakse vastavalt varju kujuga.

Profiile tuleb valmistada nii tihedalt, et profiiljoontele kantud punktid võimaldaksid kaardile täpse piirijoone joonestamise nähtavate ja nähtamatute alade vahele. Joontega piiristatud nähtamatud alad tõstetakse esile viirutamisega või õrna värviga katmise abil.

Varjukaarte võib koostada ka õhuvaatlusteks, kui profiilide valmistamisel arvestatakse õhuvaatluspunkti (lennuki) võima-

likku kõrgust ja asukohta. Samuti võib varjukaarti koostada ühise vaatlusala kohta mitmest VP-st, nagu näidatud joon. 52.

On VP-sid rohkesti ja neist kõigist soovitakse saada ülevaadet ühise vaadeldava ala nähtamatuse kohta, siis valmistatakse igast VP-st vahapaberile eraldi varjukaart ning märgitakse juurde vaatlussektor ja mõni orienteerimispunkt kaardilt (joon. 53). Ühise nähtamatu ala piiristamiseks nende VP-de vahel asetatakse sektorid neile märgitud orienteerimispunktide abil kaardile üksteise peale ning pistetakse nõelaga läbi kõigilt VP-delt nähtamatud ühised varjupunktid. Nõelaga läbipistetud



Joon. 53.

ühised nähtamatud alad piiristatakse ja tõstetakse esile neid ühtlaselt viirutades või kattes õrna värviga. Kaardile märgitakse veel vaatlussektorite ühine väline piir (joon. 54).

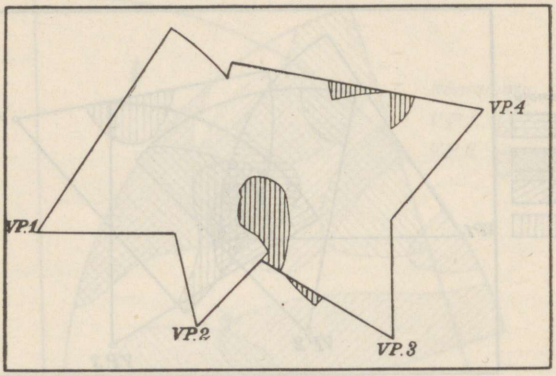
9. Reljeefkaart.

Reljeefkaart esitab maastiku pinnavorme plastiliselt, ta on kaardimudel, millel ruumiliselt on kujutatud ka kolmas dimensioon — kõrgus.

Reljeefkaarti võib valmistada järgmiselt. Võetakse, näit. 1 : 25 000 kaardi leht, millel pinnavormid kujutatud samakõrgusjoontega, kleebitakse see papile ja lõigatakse samakõrgusjooni mööda välja kõik kõrguskihtide projektsioonid. Nüüd kleebitakse viimased astmeviisi üksteisele, vastavalt lohkudele ja kõrgen-

dikele. Seejuures täidetakse väljalõigatud kõrgendikukihtide sisemised osad samapaksuse papiga. Välised astmed täidetakse läbipaistva vahaga, kitiga või mõne muu sarnase ainega ja silutakse vastavalt pinnavormi kujule. Seda mudelit võib katta venivale paberile trükitud sama koha kaardilehega.

Lamedapinnalisest maastikust valmistatakse reljeefkaart suurendatud kõrgustega. Kui näiteks 1 : 25 000 kaardist, mille lõikepindade vahed on 2 m, reljeefkaardi valmistamiseks tarvitati 1 mm paksust pappi, siis tema kõrgusmõõt on 1 : 2 000 ehk 12½ korda suurem kui pikkusmõõt, sest selle reljeefkaardi



Joon. 54.

kõrgusvahele 1 mm vastab maastikul 2 m = 2000 mm; arvmõõtkavas on see 1 : 2 000, mis 1 : 25 000-st on 12½ korda suurem.

Küljelt valgustatud reljeefkaardist võib valmistada fotomehaanilisel teel pooltoon-varjuplaadi, mille abil varjud trükitakse sama maa-ala harilikule kaardile õrna värvitooniga. Nii ületrükitud kaart omab reljeefkaardi ilme.

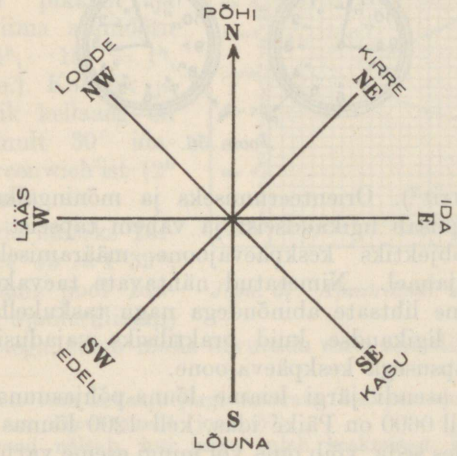
Reljeefkaart on piltlikem abinõu maateaduse õpetamisel. Reljeefkaardi abil on võimalik ka vilumatuimal kujutella maastiku pilti. Ta annab ülevaate nähtamatute alade kohta igast soovitud vaatluspunktist.

Nähtamatute alade selgitamiseks paigutatakse reljeefkaart pimedasse ruumi ja seatakse kaardil soovitud vaatluspunktidesse üles väikesed valgusallikad (elektrilambikesed). Nähtavad alad on siis valgustatud, nähtamatud on varjus. Neid varjupiire võib fotomehaanilisel või joonistuslikul teel kanda harilikule kaardile.

III. Kaart ja sõjalised maastikujoonised.

A. Ilmakaarte määramine, orienteerumine ja kaardi käsitlemine.

Maastikul orienteeruda tähendab määrata oma asukoht ja selgitada ilmakaarte — põhja, lõuna, ida ja lääne — seisu oma asukoha suhtes. Ilmakaarte leidmiseks on vaja määrata vaid



Joon. 55.

lõuna-põhjasuund, s.o. keskpäevajoon, muud ilmakaared asuvad sümmeetriliselt mõlemal pool keskpäevajoont nagu näitab joon. 55.

Ilmakaarte abil määrame suuna, kus pool meist asub ese või sünnib tegevus, või suuna, kuhu poole liigume.

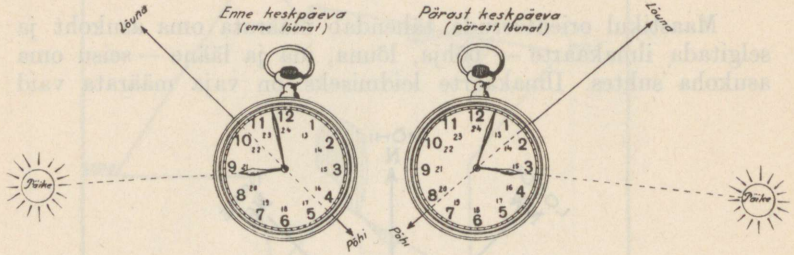
Kaart on orienteeritud, kui see on asetatud ilmakaarte järgi, s.o. kui lõuna-põhjasuund ja maastikujooned[1]) kaardil ja maastikul on rööbiti.

Kaardi orienteerimise täpsus oleneb vastava orienteerimissuuna määramise täpsusest.

Kaardi järgi ollakse orienteerunud, kui orienteeritud kaardil on teada oma asukoht.

1. Ligikaudseid ilmakaarte määramisviise.

Täpne keskpäevajoone määramine toimub astronoomiliste vaatluste abil, milleks vajatakse head nurgamõõtmiseabinõu



Joon. 56.

ja kronomeetrit[2]). Orienteerumiseks ja mõningaiks praktilisiks lahendusiks piisab ligikaudseist ja vähem täpseist määramisist.

Vaatlusobjektiks keskpäevajoone määramisel on Päike, Kuu ja Põhjanael. Nimetatud nähtavate taevakehade asendi järgi määrame lihtsate abinõudega nagu taskukellaga, päikesevardaga jne. ligikaudse, kuid praktilisiks vajadusiks tavaliselt küllaldase täpsusega keskpäevajoone.

Päikese asendi järgi leiame lõuna-põhjasuuna, kui peame meeles, et kell 0600 on Päike idas, kell 1200 lõunas ja kell 1800 läänes. Teades seda, võib oma või mingi eseme varju suuna järgi, arvestades vastavat kellaaega, leida lõuna-põhjasuuna.

Taskukellaga määrame keskpäevajoone alljärgnevalt.

[1]) Maastikujooneks nimetame kahe maastikueseme vahel kujuteldavat sirgjoont või mõne kohaliku eseme — sirge tee, kraavi, metsasihi jne. — sihti.

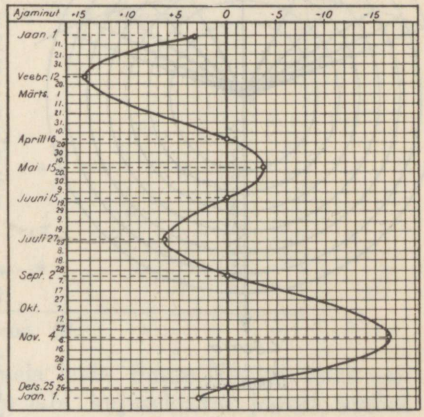
[2]) Astronoomilise asimuudi määramist hariliku taskukella ja teodoliidi abil käsitab Dr. phil. nat. R. Livländer Geodeedis nr. 3/4, 1937. (Eesti Geodeet. Ühingu väljaanne, Tallinn).

Asetame kell nii, et ta väike osuti suundub otse Päikesele. Kell on asetatud õieti, kui osuti katab sellel toimingul numbrilauale langeva oma varju; siis on põhja- ja lõunakaar joone pikendusel, mis poolitab nurga väikese osuti ja 12-ne vahel.

Enne keskpäeva (enne kella 1200) näitab **lõunakaare** suunda väikese osuti ees, ja pärast keskpäeva osuti taga asuv nurgapoolitaja pikendus (vt. joon. 56).

Mida suurema läbimõõduga on kella numbrilaud ja mida pikemad on kella osutid, seda täpsemalt võidakse määrata keskpäevajoont õiget aega näitava kellaga.

Kellaaja järgi täpsemalt keskpäevajoont määrates, tuleb arvestada kohaliku ja Ida-Euroopa (meie ametliku) kellaaja vahet[1]), milleks peab teadma koha geograafilist pikkust ja selle üle viima ajamõõtu ($360° = 24^h$, $15° = 1^h$, $1° = 4^m$ jne.). Kohalik ja meie ametlik kellaaeg on võrdsed ainult 30° ida-pikkusel Greenwich'ist (2^h ajameridiaanil).



Joon. 57. Ajavõrrandi muutmise graafik.

Et saada näiteks Tallinna ($\lambda = 24° 45' = 1^h 39^m$, s.o. 21^m lääne pool Ida-Euroopa ajameridiaani) kohalikku aega, tuleb maha arvutada meie ametlikust kellaajast

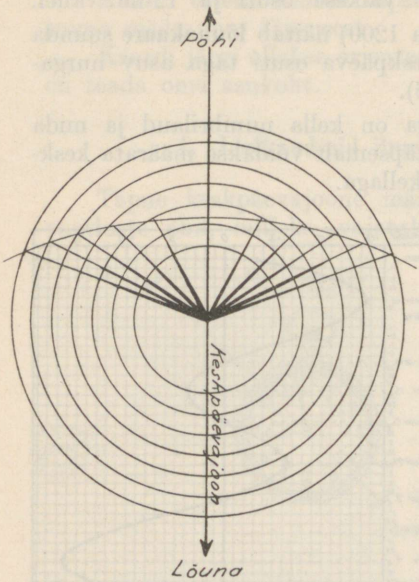
[1]) Täpselt võib kellaaja järgi määrata keskpäevajoont, kui arvestatakse veel n.n. ajavõrrandit (joon. 57).

Ajavõrrand näitab, kui palju tuleb keskmisest kohalikust ajast lahutada (arvestades + või — märgiga), et saada tõelist aega, sest ainult tõelise päikeseaja järgi päike asub kell 1200 täpselt keskpäevajoonel. Tõeline päikeseaeg ja keskmine aeg on võrdsed 16. aprillil, 15. juunil, 2. septembril ja 25. detsembril, see tähendab, et neil päevadel asub päike keskpäevajoonel ka keskmise kohaliku aja järgi kell 1200 ja täpse keskpäevajoone määramine kellaaja järgi toimub neil päevadel ajavõrrandit arvestamata. Teistel päevadel ajavõrrandit arvestamata on määramine ebatäpne eriti veebruaris ja novembris, millal lahkuminek tõelise ja keskmise aja vahel tõuseb kuni 16^m, mis keskpäevajoone määramisel annab 4°.

21 minutit, s.t. kui kell, näiteks, näitab 1000, siis on Tallinna kohalik aeg 0939.

Meie linnade kohalik aeg on ametlikust (Ida-Euroopa) kellaajast taga:

1)	Kuressaares	30 min.
2)	Haapsalus	26 „
3)	Paldiskis	24 „
4)	Pärnus	22 „
5)	Tallinnas	21 „
6)	Türil	18 „
7)	Paides	18 „
8)	Viljandis	18 „
9)	Tõrvas	16 „
10)	Tapal	16 „
11)	Põltsamaal	16 „
12)	Valgas	16 „
13)	Rakveres	14 „
14)	Tartus	13 „
15)	Võrus	12 „
16)	Jõhvis	11 „
17)	Petseris	10 „
18)	Narvas	7 „



Joon. 58.

Ühel ning samal meridiaanil asuvail kohtadel on ka üks ning sama kohalik aeg.

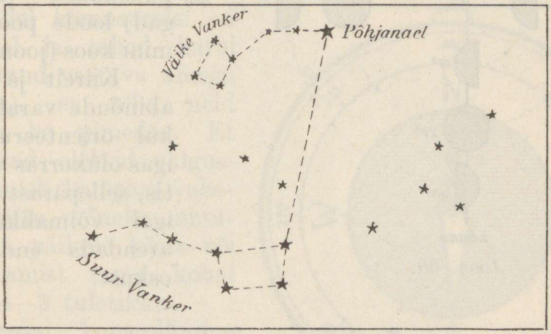
Päikesevarda ehk meil juba vanasti tuntud nn. **tunnipaku abil** ilmakaarte määramiseks on tarvis tõmmata rõhtloodis pinnale mõned ühiskeskesed ringid, millede keskpunkti püstitada täpselt püstloodis olev sirge varras. Aja vältel enne ja pärast keskpäeva märkida varda varju lõpud nende liikudes ringidele ning märgitud punktid ühendada keskpunktiga. Enne ja pärast keskpäeva saadud varjude projektsioonidest moodustatud nurkade nurgapoolitaja on keskpäevajoon, s.o. lõuna-põhjasuund (vt. joon. 58)[1]).

See keskpäevajoone määramise viis põhineb asjaolul, et päikese päevane liikumine enne ja pärast keskpäeva on praktiliselt sümmeetriline. Samuti sümmeetriline on varjude vihk keskpäevajoone suhtes võrdseil tundidel enne ja pärast keskpäeva.

[1]) Kui päikesevarras asendada püsttelje otsas liikuva magnetnõelaga, siis näitab see selle koha magnetipõhja. Nurk keskpäevajoone ja magnetipõhjajoone vahel on deklinatsioon selles punktis.

Täpselt võib selle viisi järgi määrata keskpäevajoont 22. juunil ja 22. detsembril, s.o. päevadel, kus päikese deklinatsioon on maksimaalne ja minimaalne ning kus päikese liikumine enne ja pärast keskpäeva on täiesti sümmeetriline. Teistel päevadel, eriti öö ja päeva võrduspäevadel (aequinoctium) — 21. märtsil ja 23. septembril — on määramine ebatäpne kuid ebatäpsus ei ületa $\pm 10'$.

Öösel on **Põhjanael** eelistatavaid punkte ilmakaarte määramiseks. Põhjanael (α Ursae minoris) on 2. suruusjärgu täht, mis asetseb Väikese Vankri tähtkujus taeva põhjapooluse lähedal.



Joon. 59.

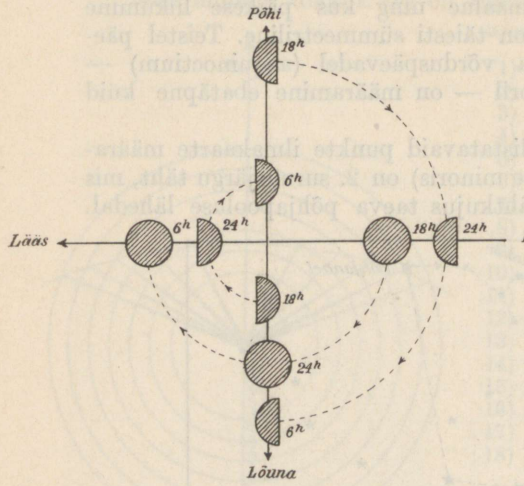
Tähistaevas võib Põhjanaela leida Suure Vankri kahe esimese tähe (tagumiste rataste) läbi kujuteldaval joonel umbes nende tähtede vahe viiekordsel pikkusel ülespoole. Ta on selles ümbruses heledaim täht (vt. joon. 59).

Põhjanaelale suunatud joone võimalik kõrvalekaldumine lõuna-põhja suunast on $< 2°$.

Kuu järgi (vt. joon. 60) võib ligikaudu määrata ilmakaari, kui pidada meeles, et

kell 1800 asub Kuu esimene veerand lõunas,
täiskuu idas,
viimane veerand põhjas,
kell 2400 asub Kuu esimene veerand läänes,
täiskuu lõunas,
viimane veerand idas,
kell 0600 asub Kuu esimene veerand põhjas,
täiskuu läänes,
viimane veerand lõunas.

Erilistel juhtudel võib ligikaudset lõuna-põhjasuunda määrata ka kohalikkude esemete järgi. Näiteks, apostliku-õigeusu ja luteri-usu kirikuil on altar harilikult idas, torn läänes. Puudel, kividel, postidel, telefonitulpadel jne. on enamasti põhjapoolsed küljed tugevamini sammaldunud. Kändudel on puusüüded (aastarõngad) loode pool tihedamini koos (joon. 61) jne.



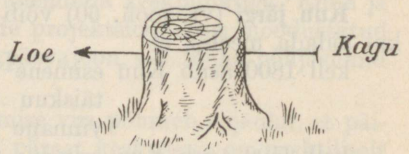
Joon. 60.

Kiirelt ja lihtsate abinõude varal maastikul orienteerumine on igas olukorras väga tähtis, sellepärast püütagu igal võimalikul juhul arendada endas seda oskust.

2. Kompass ja bussool.

Lihtsamaid ja tarvitatavamaid orienteerimisabinõusid on kompass (joon. 62). Kompassi tähtsaim osa on rauavabas karbikeses tuginõelal vabalt liikuv magnetnõel, mis alati asetub asukoha magnetimeridiaani, s.o. magnetipõhja sihis[1]).

Magnetnõela põhjaosuti (N-ots) on tavaliselt sinine, lõunaosuti (S-ots) valge. Mittetöötamisajaks tõstetakse magnetnõel tuginõelalt ja surutakse vastu kompassi klaasi vabastaja abil. Tähed N, O, S, W jne. karbi põhjal märgivad vastavaid ilmakaari. Kui karp rõhtloodis asendis pöörata nii,



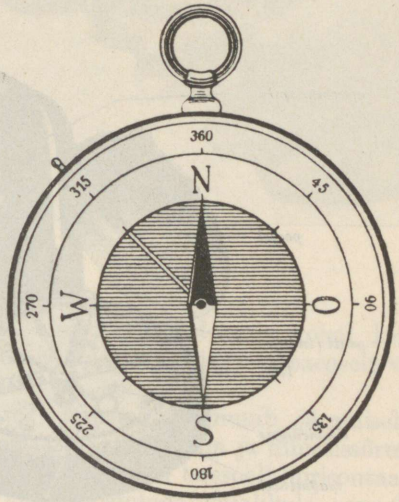
Joon. 61.

[1]) Loomuliku magneti asetumist kindlas sihis kasutasid orienteerumiseks hiinlased umbes 1000 a. e. Kr. reisidel mannermaal. Lõuna-Euroopas hakati tarvitama kunstlikku magnetit umbes 1300 a. p. Kr. meresõitudel.

et vabastatud magnetnõela sinine osuti asetub kohastikku tähega N ja valge osuti tähega S, s.o. kompassi keskpäevajoonega, siis asetsevad teised ilmakaared keskpäevajoone (magnetnõela) suhtes nagu näidatud joon. 62.

Kompassi seadmist ilmakaarte järgi nimetatakse kompassi orienteerimiseks.

Hinnalisemad kompassid on varustatud nurkjaotistega. Kompassi nurkjaotiste ringi nimetatakse limbiks. Limbi jaotised võivad olla kraadides või kaugustuhandikkudes.



Joon. 62.

Paljudel kompassidel on magnetnõel ja tähed karbi põhjal kaetud vastava ainega (fosfooriga), et teha neid nähtavaks ka pimedas. Et kaetud osad oleksid valgusjõulised, tuleb kompass vahetevahel jätta mõneks minutiks heleda päikese kätte või enne töötamist tema kohal põletada 4—5 tuletikku.

Kompassi kontrollimine toimub järgmiselt. Kompass asetatakse horisontaalsele lauale ja vabastatakse magnetnõel. Oodatakse kuni magnetnõel rahulikult paigale jääb ja märgitakse magnetnõela seis limbil. Raudesemega magnetnõelale lähenedes, viiakse see uuesti välja rahulikust seisust. Kui nüüd magnetnõel kiiresti asetub täpselt eelmisesse asendisse ja paar järgnevat katset annavad samasuguseid tulemusi, siis kompass on tarvitamiskõlvuline.

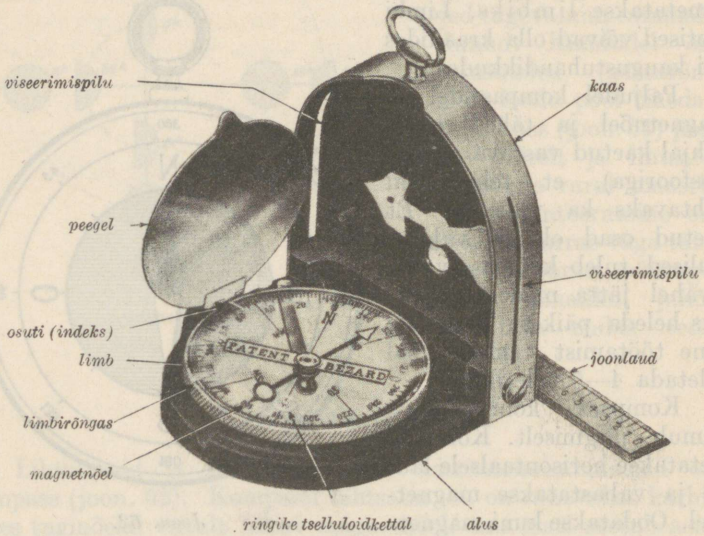
Kompassi korratut tööd võivad põhjustada nõela nõrk magnet, kandekivi pragunemine ja tuginõela terava otsa murdumine või nürinemine.

Viseerimis- (sihtimis-) abinõuga ja nurkjaotistega varustatud kompassi nimetatakse bussooliks. On käsi- ja jalg- (statiiv-) bussoole. Bussooli viseerimisabinõudeks on dioptriline seadis või pikksilm. Nurkjaotised esinevad kas kraadides (ring = = 360°) või kaugustuhandikkudes (6400 ‰). Mõnedel bussooli-

del (näit. inglise käsibussoolil) asendab magnetnõela nn. magnetsõõr.

Meil kasutatavaid bussoole ja nende käsitsemist kirjeldatakse eriraamatukeses[1]). Siin mainime vaid viimasel ajal levinud Bézardi käsibussooli (joon. 63).

Bézardi[2]) bussooli tähtsamaid osi on magnetnõel, limb ja viseerimisseadis.



Joon. 63.

Bussooli kere on alumiiniumist. Kere põhjas on ümarik karp tuginõelale toetuva magnetnõelaga (kompass). Magnetnõela N-ots on noolekujuline, S-ots — rõngakujuline. Mõlemad otsad on pimedas nähtavad. Karbikest katab keeratav kraadjaotistega või kaugustuhandikkudega varustatud klaaslimb. Limbi all vastu klaasi on keeratav tselluloidketas, millele on diametraalselt märgitud kriipsuke ja ringike. See seadis võimaldab

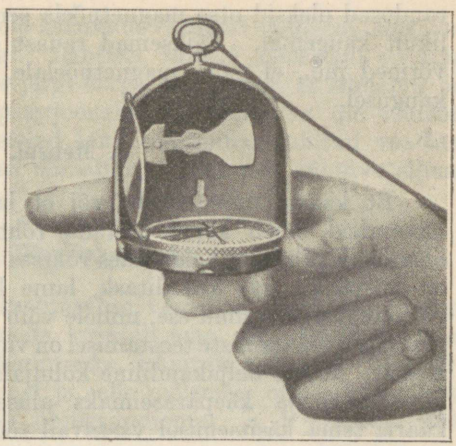
[1]) „Bussoolid" (materiaalosa, hooldamine ja kontrollimine). Kavstaabi VI Osak. kirjastus, 1929.

[2]) Kompass-bussool Bézard'i kirjeldus, V. V. Relvastusosakonna väljaanne, Tallinn, 1928.

märkida deklinatsiooni ja koonduse nurki limbile, et neid arvestada bussooli tarvitamisel[1]).

Peegli jalal limbi kraadjaotiste kohal on väike näitaja (indeks).

Bussooli kaas on avatav täpselt 90-ne kraadini. Avatult bussooli kaane alumine väline äär on rööbiti magnetnõela tuginõela ja näitaja kaudu moodustatud vertikaalpinnaga ja on kasutatav joonlaua äärena. Vajaduse korral võib kaane äärele kinnitada pikema abijoonlaua.



Joon. 64.

Ümarik peegel limbi kohal kergendab limbi kohastikku seadmist magnetnõelaga üheaegselt viseerimistoiminguga.

Käelt viseerimine Bézardi bussooliga toimub järgmiselt. Avatud bussool võetakse paremasse kätte pöidla ja nimetissõrme vahele, nagu on näidatud joon. 64. Niiviisi bussooli horisontaalselt hoides, viseeritakse läbi viseerimispilude vajalikule esemele ja vasaku käega keeratakse limbi seni, kui peeglisse vaadates limbi märgid (rõngas ja kriips) on kohastikku magnetnõelaga, s. o. rõngas on kohastikku magnetnõela S-otsa rõngaga ja kriips magnetnõela N-otsa noolega. Nüüd näitab limbi jaotiste arv peeglijalale kinnitatud osuti kohal meie asukohas nurga suurust magnetimeridiaani ja viseeritava eseme suuna vahel (magnetiasimuuti)[2]).

Bussooliga või kompassiga töötades tuleb eemalduda rauda sisaldavaist suurematest esemetest ja kõrgepingejuhtmeist, sest need mõjuvad segavalt magnetnõela liikumisele. Töötades rauda sisaldava gaasitorbikuga näol, hoitagu nägu nii, et g-torbiku

[1]) Tselluloidketta ümberseadmiseks on vaja välja keerata limbi rõngas olevad kruvikesed ja limb kompassilt maha võtta.

[2]) Korraliku magnetnõelaga määratud magnetiasimuudi täpsus on tavaliselt 0,2°.

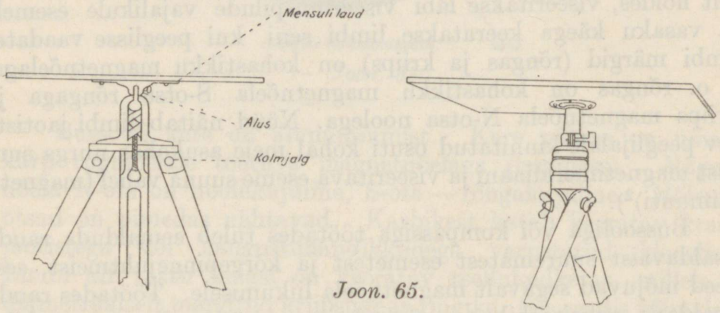
raudosad oleksid otse magnetnõela sentri kohal ja sellest võimalikult kaugemal. Väiksemad rauast esemed nagu sirkel, nuga, võtmed jne., ei mõju magnetnõelale, kui need on sellest ½ m kaugusel.

3. Mensul.

Et kaarti orienteerida, või et lahendada sellel mõningaid ülesandeid, tuleb kaart asetada rõhtsele tasasele pinnale või, lihtsamail juhtudel, hoida käes rõhtses asendis. Pea igas olukorras on käepärast kas kaarditask, lame kivi, puukänd, pink, laud või mingisugune muu ese, millele võib asetada kaarti. Täpsemate graafiliste määramiste teostamisel on vaja asetada kaart kindlamale alusele. Kerge neljakandiline kolmjalale asetatud lauake osutub lihtsaimaks ja käepäraseimaks aluseks, millele võib asetada kaarti tema käsitsemisel vastavail töödel. Seda lauast, alusest ja kolmjalast koosnevat abinõu nimetatakse mensuliks ehk plaanistuslauaks.

Joon. 65 on kujutatud lihtmensul, mis tuleb seada rõhtloodi ja asetada vajalikku suunda käsitsi. Komplitseeritud mensulid on rõhtloodi ja vajalikku suunda asetamiseks varustatud vastavate mikromeeterkruvidega (vt. joon. 141).

Mensulina võib kasutada ka bussooli või mõne muu nurgamõõteriista kolmjalga, kui sellele asetada vastavalt ehitatud kerge laud.



Joon. 65.

Töötamisel tuleb vastav kaardileht kleepimispaberi ribadega või muul teel siledalt kinnitada mensulilauale, tarvitamata rauda sisaldavaid paberinaelu, sest töötamisel bussooliga mõjuvad viimased segavalt magnetnõelale. Kolmjalg surutakse otstega

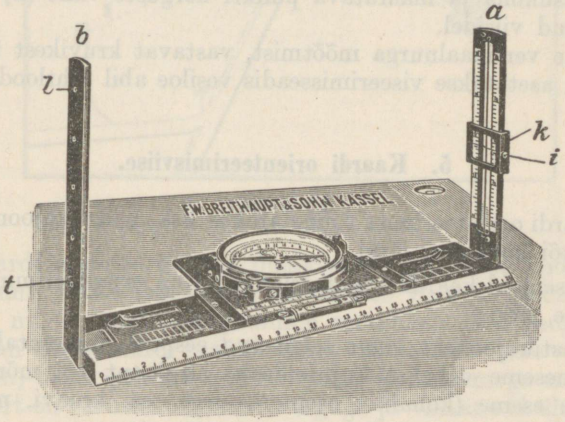
kindlalt maasse ja, kui pole kasutada vastavat vesiloodi, seatakse laud rõhtloodi silma järgi. Lahtisel, tasasel maastikul on laua rõhtloodi asetamine silma järgi kerge, kui teame, et silmapiir on kõigi rõhtsete pindade pagujooneks, s.t. vaadates üle rõhtselt asetatud mensulilaua, peavad laua tasapinnas juhitud vaatluskiired olema ühel kõrgusel silmapiiriga (lõikuma nähtava silmapiiriga — horisondiga).

4. Diopterjoonlaud.

Lihtmensuli juures kasutatakse viseerimisabinõuna diopterjoonlauda ehk alidaadi, mida kujutab joon. 66. Lihtjoonlauda, mida võib kasutada viseerimiseks, kujutab joon. 67. Diopterjoonlaud koosneb joonlauast ja selle mõlemale otsale kinnitatud dioptreist: a — asja- ehk objektiivdiopter, ja b — silma- ehk okulaardiopter.

Silma- ja asjadioptri vertikaalne viseerimispind on paralleelne joonlaua äärega.

Diopterjoonlaua suunmine mingile esemele toimub dioptrite abil samuti, nagu püssi sihtjoone võtmine sihikusälgu ja kirbu abil.

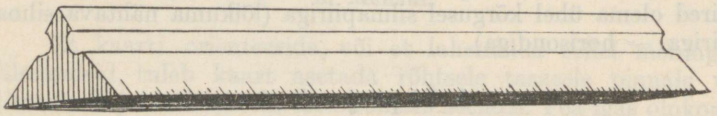


Joon. 66.

Joonlauale on kinnitatud veel vesilood mensuli rõhtloodi asetamiseks ja kompass. Kompassi lõuna-põhjajoon peab asetsema paralleelselt joonlaua servaga. Joonlauale on lõigatud transversaalmõõt.

Diopterjoonlaua kõik osad on rauavabad ega sega magnetnõela.

Diopterjoonlaud võib olla kohandatud ka vertikaalnurkade mõõtmiseks. Asjadiopter on siis varustatud nurkjaotistega



Joon. 67.

(skaalaga) ja liikuva kaelusega *k*, mille indekskriipsu *i* võib asetada kohastikku nurkjaotiskriipsudega kaelust üles-alla nihutades. Silmadioptri ülemine auk (l) on langusnurkade, alumine (t) tõusunurkade mõõtmisel silmapunktiks. Viseerides kõrguses määratavale maastikupunktile, tuleb kaelust *k* nihutades indekskriips *i* asetada viseerimisjoonele. Kraadide ja minutite arv skaalal indekskriipsu vastas märgib siis maastiku nurka (α). Kui on veel teada kaugus (d) kõrguses määratava punktini, siis leiame asukoha ja määratava punkti kõrguste vahe (h) lk. 147 kirjeldatud viisidel.

Enne vertikaalnurga mõõtmist, vastavat kruvikest üles-alla keerates, asetatakse viseerimisseadis vesiloe abil rõhtloodi.

5. Kaardi orienteerimisviise.

Kaardi orienteerimist toimetatakse kas maastikujoone, ilmakaarte või kompassi järgi.

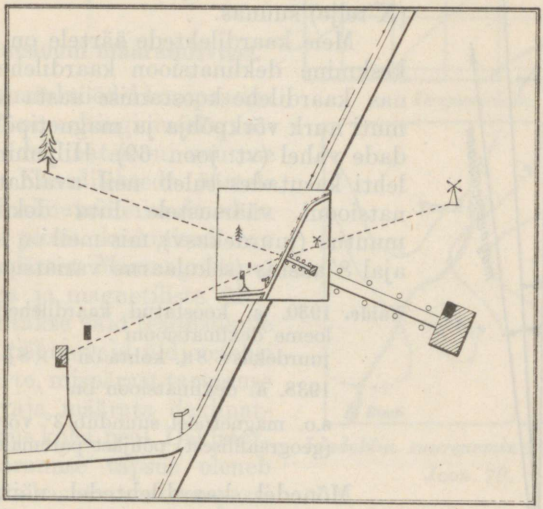
Täpsemaid kaardi orienteerimisviise on orienteerimine maastikujoone järgi.

Maastikujooneks, nagu selgitatud eespool, nimetatakse kahe maastikueseme vahelist kujuteldavat sirgjoont või mõne topograafilise eseme (kohaliku eseme — sirge tee, kraavi, metsasihi jne.) sihti.

Et orienteerida kaarti maastikujoone järgi, tuleb leida maastikul mingi kaardil esinev maastikujoon, näit. sirge tee (joon. 68). Asudes sellele teele, tuleb kaarti pöörata rõhtses asendis seni, kui tee suund kaardil ja maastikul ühtib. Seda jälgitakse viseerimisega üle kaardile märgitud tee sihi ja samas

sihis maastikul. Esemed, mis kaardil asuvad paremal ja vasakul pool teed, peavad esinema vastavalt ka maastikul.

Kui maastikul on kaks kindlat punkti, mis leiduvad kaardil, siis asutakse kaardiga ühte neist punktidest või punkte läbiva kujuteldavale joonele. Pärast seda pööratakse kaarti rõhtloodis seni, kui neid punkte läbiv joon kaardil ühtib (on paralleelne) sama kujuteldava joonega maastikul. Kui kaardi joonis on kooskõlas ümbritseva maastikuga, siis kaart on orienteeritud.

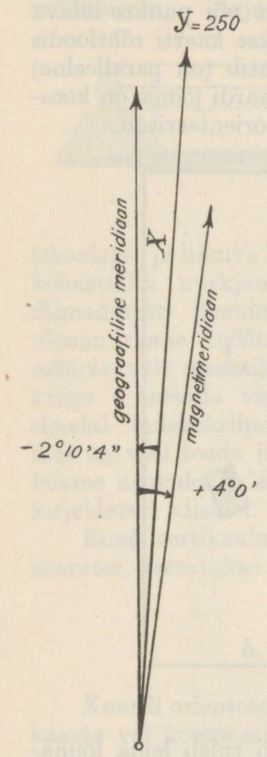


Joon. 68.

Kaardi orienteerimiseks ilmakaarte järgi tuleb leida lõuna-põhjasuund mõnel ilmakaarte määramise viisil ja asetada kaart rõhtselt nii, et tema geograafiline meridiaan (kui geograafiline meridiaan ühtib kaardi raamjoonega, siis kaardi vasak või parem raamjoon) oleks juhitud rööbiti põhja-lõunasuunaga maastikul. Kui kaart on varustatud kraadivõrguga ja viimane ei ühti kaardi raamjoonega, s.o. kaardi raamjoon ei kujuta geograafilist meridiaani, siis tuleb orienteerimist toimetada kaardile märgitud meridiaani joone järgi samuti, kui seda toimetati kaardi raamjoone abil.

Kiiremaid viise kaardi orienteerimiseks on orienteerimine kompassiga.

Kui geograafiline meridiaan ühtiks magnetimeridiaaniga, siis kaardi orienteerimine lõuna-põhja sihis kompassiga võiks toimuda vabastatud magnetnõela asendi suunas. Et geograafilise ja magnetimerediaani suunad on aga pea alati lahkuminevad, siis kaardi orienteerimisel kompassi abil on vajalik teada magnetnõela deklinatsiooni (m_d) antud kohas. Samuti, kui on teada nõelaseade, võib kaarti orienteerida kompassi abil võrkpõhja (X-telje) suunas.



Joon. 69.

Meie kaardilehtede äärtele on märgitud keskmine deklinatsioon kaardilehe piirkonnas kaardilehe koostamise aasta kohta, samuti nurk võrkpõhja ja magnetipõhja suundade vahel (vt. joon. 69). Hiljemini kaardilehti kasutades tuleb neil avaldatud deklinatsiooni väärtustele liita deklinatsiooni muutus (juurdekasv), mis meil on käesoleval ajal 8′ aastas (sekulaarne variatsioon).

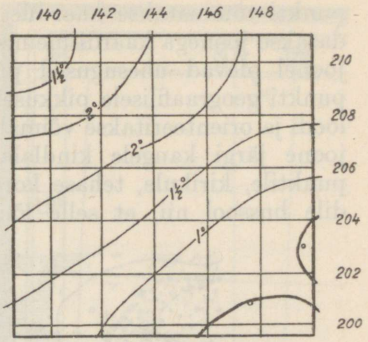
Näide. 1930. a. koostatud kaardilehelt loeme deklinatsiooni . . . . . +2°0′
juurdekasv 8 a. kohta on 8′ × 8 = +1°4′
1938. a. deklinatsioon on . . . +3°4′,
s.o. magnetnõel suundub 3° võrra tõelisest (geograafilisest) põhjast paremale.

Mõnedel kaardilehtedel näitab deklinatsiooni suurust kaardilehega kaasasolev isogoonskits (vt. joon. 70). Skits kujutab vähendatud kaardilehte koordinaatruudustikuga või mõningate kontuuridega. Ühesuuruse deklinatsiooniga kohad on ühendatud skitsil vastava isogooniga. Vahepealsete deklinatsioonide leidmiseks tuleb interpoleerida isogoonjoonte vahe. Isogoonskitsilt võetud deklinatsiooni kasutamisel tuleb arvestada samuti deklinatsiooni muutust, nagu selgitatud eelmises näites.

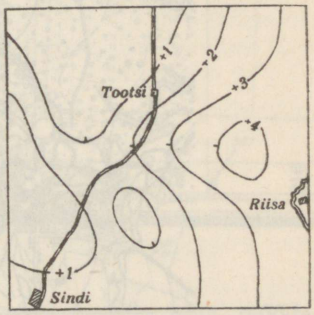
Deklinatsiooni suurust võib määrata ka koha peal (vt. järgmine peatükk), mis on tavaliselt täpsem ja kindlam kui vananenud ja ligikaudsed andmed kaardil.

Kui deklinatsioon on teada, tuleb kompass tema põhjale märgitud lõuna-põhjajoonega asetada rööbiti kaardi geograa-

filise meridiaaniga (ida- või läänеraamjoonega); vabastada magnetnõel ning pöörata kaarti ühes kompassiga seni, kui magnetnõela N-ots asetseb deklinatsiooni väärtuse võrra (käesoleval juhul 3°) paremale kompassi põhjale märgitud lõuna-põhjajoonest (limbi 0-jaotisest — vt. joon. 71).



Isogoonskits.



Idadeklin. suurenemine +8′ aastas.
Joon. 70.

6. Deklinatsiooni määramisviise.

Täpsematel töödel kompassiga ja kaardiga on eeltingimuseks vastava koha deklinatsiooni suuruse tundmine. Kaardilehtede äärtele märgitud deklinatsiooniandmed on kaardilehe piires keskmised ega rahulda seepärast. Maamagnetismi uurimustega ja magnetiliste ülesvõtetega antakse vaid teaduslikule uurimisele põhinevaid üldjoonelisi isogoonkaarte, mispärast tarviduse korral on vaja määrata deklinatsiooni väärtus koha peal. Deklinatsiooni määramise täpsus oleneb määramiseks kasutatava kompassi või bussooli ringijaotiste suurustest, mis omakorda olenevad jaotusringi (limb) läbimõõdust (sellest oleneb ka magnetinõela pikkus). Kuna ööbast deklinatsiooni muutust (variatsiooni) teaduslikult pole veel põhjalikult uuritud, siis seda täpselt arvestada ei saa.

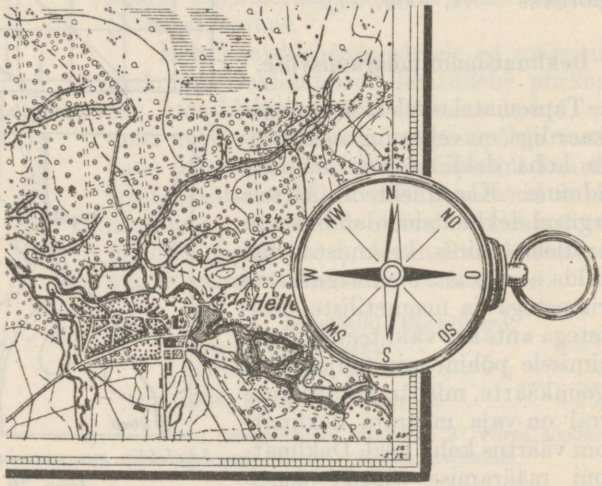
Neil põhjuseil pole mõtet teha bussooli lugemisi täpemalt kui $\pm 1/4° \approx \pm 5$ *pk*.

a) Deklinatsiooni määramine kaardi ja bussooliga.

Deklinatsiooni suuruse määramist bussooli ja kaardi abil toimetatakse alljärgnevalt.

Asutakse kaardi ja bussooliga (soovitav on selle toimingu juures kasutada mensulit) mingisugusesse, kaardile täpselt märgitud maastikupunkti (trigonomeetrilisse punkti). Läbi selle

punkti tõmmatakse kaardile geograafiline meridiaan, s.o. ühendatakse joonega kaardi ülemisel (põhja) ja alumisel (lõuna) raamjoonel olevad ühesugused pikkusjaotised, mis vastavad antud punkti geograafilisele pikkusele (joon. 72). Kaart seatakse rõhtloodi ja orienteeritakse võimalikult täpselt mõne kindla maastikujoone järgi kaugele kindlale esemele, nagu trigonomeetrilisele punktile, kirikule, tehase korstnale jne. Nüüd asetatakse kaardile bussool nii, et selle lõuna-põhjajoon oleks rööbiti punkti



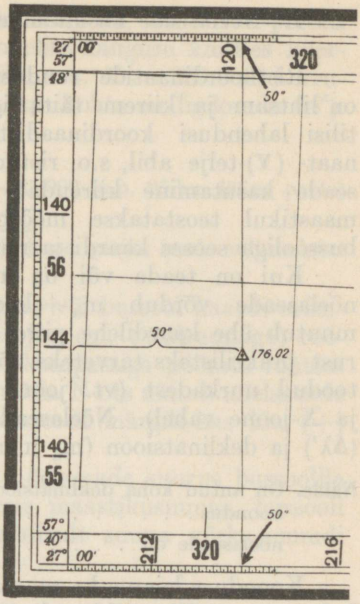
Joon. 71.

meridiaaniga (lõuna-põhjajoonega), vabastatakse magnetnõel ning loetakse rahunenud nõela seis limbilt nõela N-otsa vastast, mis ongi deklinatsiooni suurus selles punktis (ida pool +, lääne pool —).

Kui bussooliga töötamine toimub suuremal maa-alal siis määratakse deklinatsiooni suurus samal viisil veel mõnes naabruses leiduvas punktis või maastikujoonel, ja kui deklinatsiooni suuruste lahkuminek pole suur (ei ületa bussooli limbi jaotiste lugemise täpsust)[1]), võetakse neist aritmeetiline keskmine.

[1]) Bussooli limbi jaotiste lugemistäpsuse all mõistame limbi nurkjaotise seda väärtust, mis on silmaga määratav. Nii näit., kui limb on jaotatud 720 ossa, s.o. ühe nurkjaotise väärtus on 360°: 720 = 30′ ja kui seda jaotise suurust limbil on praktiliselt võimalik silma järgi näit. poolitada, siis ütleme, et selle limbi jaotiste lugemistäpsus on 15′ jne.

Deklinatsiooni määramisi tehakse võimalikult sagedasti, sest pea igas punktis on deklinatsiooni suurus isesugune; pealegi võib kompassiga töötamine seni avastamata magnetiliselt häiritud alades (anomaaliais) põhjustada eksimusi.



Joon. 72.

b) Deklinatsiooni ja nõelaseade määramine bussooliga[1]).

Deklinatsiooni võib määrata ilma kaardita ainult bussooli abil, kui on teada mingi kahe teineteisest nähtava maastikupunkti (näit. trigonom. punktide) vahelise suuna (maastikujoone) geograafiline või võrkasimuut. Sel juhul deklinatsiooni määramiseks asutakse ühte neist maastikupunktidest, asetatakse bussool täpselt punkti keskele ning mõõdetakse antud suuna magnetiasimuut. Antud geograafilise või võrkasimuudi ja mõõdetud magnetiasimuudi vahe on deklinatsiooni suurus või nõelaseade selles punktis. Deklinatsioon, samuti ka nõelaseade on positiivne, kui antud geograafiline või võrkasimuut on suurem, ja negatiivne, kui ta on vähem mõõdetud magnetiasimuudist.

Kui samast punktist on näha veel mõned maastikupunktid, millede geograafilised või võrkasimuudid teada, siis mõõdetakse kontrolliks ka neile magnetiasimuudid ja saadud deklinatsioonidest või nõelaseadeist võetakse keskmine. Kui pole tehtud jämedaid vigu, võib lahkuminek samas punktis üksikute määramiste vahel olla umbes $\pm 1/4° \approx \pm 5$ p/m.

[1]) Üksikasjalikumaid selgitusi bussoolide deklineerimise, deklineerimispunktide jne. kohta leiab asjahuviline R. Ustali Suurtükiväe Topograafiast, Kv. St. VI Osak. kirjastus, Tallinn. 1930.

7. Nõelaseade kasutamine ja koonduse $\Delta\lambda'$ arvutamine.

Ristkoordinaatide ruudustikuga varustatud kaardilehtedel on lihtsam ja kiirem täita igasuguseid graafilisi ja ka analüütilisi lahendusi koordinaadistiku abstsiss- (X)-telje ja ordinaat- (Y)-telje abil, s.o. ristkoordinaatides. Antud koha nõelaseade kasutamine kiirendab tööd ja lühendab arvutusi, kui maastikul teostatakse mõõtmisi ja määramisi kompassi või bussooliga seoses kaardi ja ristkoordinaatide kasutamisega.

Kui on teada või on määratud deklinatsioon (m_d), siis nõelaseade võrdub m_d + koondus (s.o. $m_d + \Delta\lambda'$). Koondus muutub ühe kaardilehe piires vähe (umbes 10″) ja tema suurust praktilisteks tarveteks võib võtta vastava kaardilehe äärel toodud nurkadest (vt. joon. 69; nurk geograafilise meridiaani ja X-joone vahel). Nõelaseade saamiseks tuleb liita koondus ($\Delta\lambda'$) ja deklinatsioon (m_d)nende märkidega.

Näide. On antud koha deklinatsioon $+3°$ ja
koondus . . . . . $-2°15'$, siis
nõelaseade on . . . . . $+45'$.

Koonduse leiame ka raamatu lõpul toodud lisast nr. 2 antud koha geograafilise pikkuse[1]) järgi.

Näide. Leida koondus kohas, kus geograafiline pikkus on 27°45′15″.

Lisast leiame, et geogr. pikkusel .	27°42′	on $\Delta\lambda'$	−2°19′00
ja samast abitabelist, et	3′	„	2,57
	10″	„	0,14
	5″	„	0,07
järelikult geograafilisel pikkusel . .	27°45′15″	on $\Delta\lambda'$	−2°21′,78

Arvutamise teel leiame koonduse valemi $\Delta\lambda' = (\lambda_0 - \lambda) \sin\varphi_0$ järgi, kui on teada punkti geograafiline pikkus λ.

Näide. Antud punkti geograafiline pikkus $\lambda = 27°24'$
$\Delta\lambda' = (25° - 27°24') \cdot \sin 59°6' = -8640'' \cdot \sin 59°6'$.

Seda logaritm. tabeli abil lahendades saame

$$\begin{array}{rl} & \lg(-8640'') = 3.93\,651\ \text{n} \\ + & \lg \sin 59°6' = 9.93\,352 \\ \hline & \lg \Delta\lambda' = 3.87\,003\ \text{n} \end{array}$$

$$\Delta\lambda' = -7414'' = -2°3'33''.$$

[1]) Koha geogr. pikkus, kui ta pole antud, määratakse kaardil graafiliselt, nagu on selgitatud lk. 95 ja 96.

Koonduse suuruse sekundites leiame veel, kui antud punkti Y absoluutväärtuse (tegeliku ristjoonelise kauguse km-ites koordinaadistiku X-teljest antud punktini, s. o. Y — 200 000) korrutame 54″ (koonduse $\Delta\lambda'$ muutus iga km kohta on ligikaudu 54″).

Näide. Antud punkti

$Y = 175\,000;$

$Y_1 = 175\,000 - 200\,000 = -25\,000$ (s. o. 25 km lääne poole)

$54'' \times 25 = \underline{1\,350''} = +22'.$

(Koondus on siin positiivne (+), kuna punkt asub nullpunktist lääne pool).

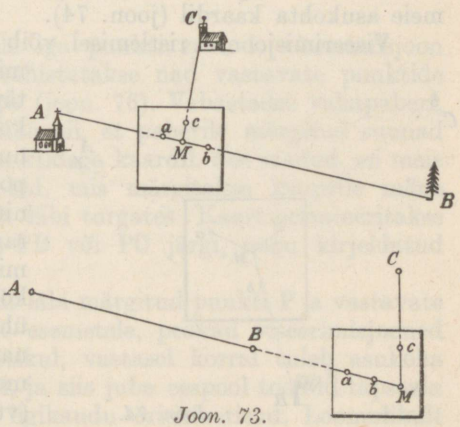
Nõelaseade saadud, tuleb kompass või bussool kaardi orienteerimiseks asetada oma lõuna-põhjajoonega (nullsuunaga) rööbiti kaardi X-joonega ja kaarti ühes kompassiga pöörata rõhtses asendis seni, kui rahunenud magnetnõela N-ots näitab nõelaseade suurust ringijaotistel vastavalt nõelaseade märgile kas ida (+) või lääne (—) pool X-joont.

Võrkasimuudi mõõtmisel tuleb nõelaseade suurus bussoolile märkida nii, et viseerides määratavas maastikusuunas, bussooli ringijaotiste lugemid annaksid vahenditult suuna võrkasimuudi suuruse.

8. Oma asukoha leidmine ja määramine kaardil.

Asukohta on kaardil kerge leida, kui see asub maastikul teravalt esineval kontuuril või esemel või selle vahenditus läheduses, nagu teederistil, kraaviristil, sihiristil, sillal jne. Neid kohti on orienteeritud kaardil kerge leida. Kui asutakse täpselt teederistil jne., siis asukoht kaardil on samal teederistil. Asutakse aga sellest veidi eemal, siis mõõdetakse sammudega või hinnatakse silmamõõdus kaugus teederistist oma asukohani ning märgitakse orienteeritud kaardile asukoha suunas.

Veidi eeltöid nõuab asukoha määramine, kui



Joon. 73.

lähemas ümbruses puuduvad vastavad kontuurid ja esemed või nad pole kasutatavad koha määramiseks. Neil juhtudel määratakse asukoht lõigetega. Lõigete sooritamiseks kaart tuleb kinnitada (asetada) mensulilauale või mensulilauda asendavale rõhtsele alusele.

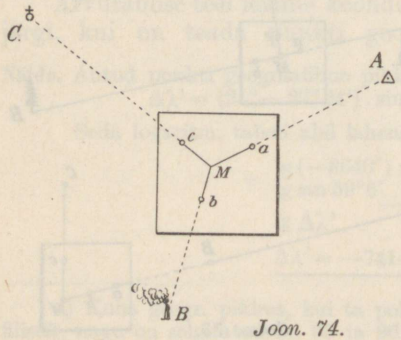
a) Asukoha määramine külglõikega.

Maastikul valitakse kolm kaardil leiduvat kindlat punkti A, B ja C (joon. 73 kirik, üksik puu ja torniga maja), nii et oleks võimalik asuda kahe punkti A B (näit. kirik ja üksik puu) läbiva joonele või selle pikendusele ja et kolmas punkt C (torniga maja) paikneks asukoha suhtes sellele joonele võimalikult täisnurga all. Maastikujoonele AB asudes, orienteeritakse kaart ja viseeritakse vastava viseerimisabinõuga (kui see olemas) või selle puudumisel pliiatsiga või tavalise joonlaua servaga läbi kolmanda punkti (c) kaardil maastikupunkti C suunas. Kaardil see viseerimisjoon, nn. külglõige, lõikab joont a b meie asukohas M.

b) Asukoha määramine vastulõikega.

Kui meie asukohalt on näha kolm lahksuunas paiknevat kindlat maastikupunkti A, B ja C (näit. trigonom. punkt, tehase korsten, kirik), mis leiduvad kaardil, siis, viseerides sellel asukohal orienteeritud kaardilt läbi punktide a, b ja c maastikul asuvatele samadele punktidele, märgib viseerimisjoonte ristumiskoht meie asukohta kaardil (joon. 74).

Viseerimisjoonte ristlemisel võib tekkida nn. veakolmnurk, mis on tingitud kaardi ebatäpsest orienteerimisest. Asukoht märgitakse siis veakolmnurga sisse või sellest väljapoole, nagu selgitatud lhk. 102 ning kaardi orienteerimist parandatakse kaardilehe pööramisega nii, et märgitud asukohta M ja punkte a b c ühendavad jooned oleksid suunatud võimalikult täpselt maastikupunktidele A B C (vt. joon. 75).

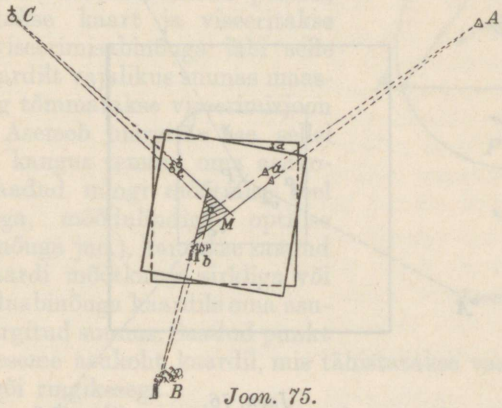


Joon. 74.

Vastulõikega võib määrata asukohta ka kahe lahus asuva punkti abil, kuid siis puudub kontroll ning pole kindel, et valitud punktid kui ka asukoht vastavad samadele punktidele kaardil.

Kolme lahksuunas asuva maastikupunkti ja kaardil leitud punkti abil, kui pole abinõusid või võimalust kaardi esialgseks orienteerimiseks, võime määrata oma asukoha järgmiselt.

Võetakse läbipaistev paber (vahapaber) ja kinnitatakse see rõhtselt ülesseatud mensulilaual kaardile. Vastava viseerimisabinõuga viseeritakse kolmele maastikupunktile A, B ja C, kus-



Joon. 75.

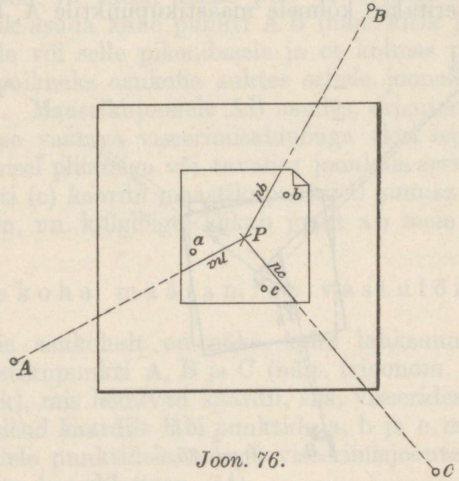
juures tõmmatakse paberile iga punkti suunalt viseerimisjoon läbi ühise punkti P ning tähistatakse nad vastavate punktide nimedega näit. pb, pc ja pa (joon. 76). Vabastades vahapaberi, püütakse see asetada kaardile nii, et paberile märgitud suunad lõikuksid neile vastavate punktidega kaardil. See saadud, on meie asukoht joonte ristumiskohal, mis märgitakse kaardile mõne terava esemega vahapaberit läbi torgates. Kaart orienteeritakse saadud maastikujoone PA, PB või PC järgi, nagu kirjeldatud juba eespool.

Viseerides nüüd kaardilt läbi märgitud punkti P ja vastavate esemete maastiku samadele esemetele, peavad viseerimisjooned läbima neid esemeid maastikul, vastasel korral tuleb asukoha määramist toimetada uuesti, ja siis juba eespool toodud täpsema viisi järgi, sest kaart on ligikaudu orienteeritud. Loomulikult

tekib ka siin veakolmnurk, milles tähistatakse siis asukoht ning parandatakse esialgset kaardi orienteerimist.

Parandatud orienteerimisel võib tekkida jällegi veakolmnurk, mis on juba väiksem eelmisest. Selle jagamist ja orienteerimise parandamist jätkatakse, kuni on saadud asukoha täpne tähistus kaardil ja õige orienteerimine.

Säärane veakolmnurga jagamine on õige siis, kui me asukoht on valitud kolmest punktist ABC moodustatud kolmnurga sees.



Joon. 76.

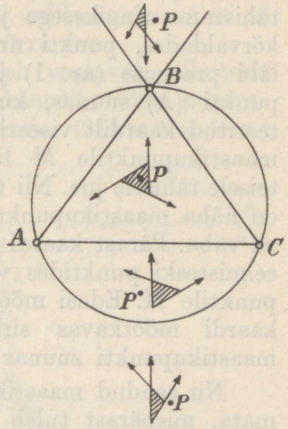
On aga asukoht väljaspool seda kolmnurka, siis tuleb esialgu tähistada asukoht tekkinud veakolmnurga suhtes kaardile järgmiselt (joon. 77):

— kui asukoht P on väljaspool kolmnurka ABC, kuid läbi selle kolmnurga tippude tõmmatud ringi piires või nurga vahel, mille moodustavad kolmnurga külgede pikendused, siis P on kaardil väljaspool veakolmnurka selle keskmisest viseerimisjoonest moodustatud külje vastas;

— kui asukoht P on väljaspool ringi, mis läbib punkte ABC, kuid neist punktidest moodustatud kolmnurga mõne külje vastas, siis ka kaardil P on väljaspool veakolmnurka, kuid selle keskmisest viseerimisjoonest moodustatud külje vastasnurga vastas.

9. Kohalikkude esemete ja suundade märkimine kaardile.

Eseme, samuti ka vaatleja asukoht maastikul on määratud, kui on teada suund ja kaugus temani antud või määratud punktist. Suund võib olla antud või määratud kas magneti-, võrk- või geograafilise asimuudiga või vaba suundadevahelise nurgaga, millest üks suund peab olema tuntud (kaardile märgitud).



Joon. 77.

Et vajalikku suunda antud või määratud punktist kanda maastikult kaardile, siis asutakse antud punkti, orienteeritakse kaart ja viseeritakse vastava viseerimisabinõuga läbi selle punkti kaardilt vajalikus suunas maastikule ning tõmmatakse viseerimisjoon kaardile. Asetseb märgitav ese sellel suunal ja kaugus temani oma asukohast on saadud mingi mõõtmise teel (sammudega, mõõdulindiga, optilise mõõduabinõuga jne.), kantakse saadud kaugus kaardi mõõtkavas sirkliga või muu mõõduabinõuga kaardile oma asukohast märgitud suunas. Saadud punkt ongi selle eseme asukoht kaardil, mis tähistatakse vastava leppemärgiga või ringikesega.

Kui on võimalik asuda märgitavale esemele, siis võib selle asukohta määrata ja kanda kaardile samuti nagu oma asukohtagi s. o. külg- või vastulõikega. Tarbe korral võib eseme asukohta märkida kaardile otselõikega või asimuutide abil.

Asetseb määratav punkt kinnisel maastikul ja seda pole võimalik otseselt viseerida, siis määratakse selle asukoht kaardil nn. vahe- ehk polügoonkäiguga.

a) Eseme asukoha märkimine kaardile vahekäiguga.

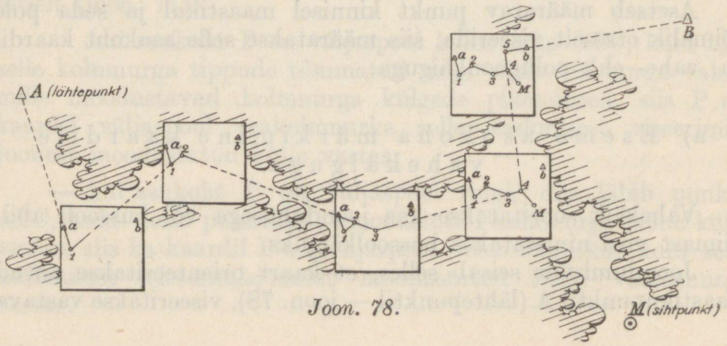
Vahekäik sooritatakse kas joondumisega või bussooli abil. Viimast viisi nimetatakse bussoolkäiguks.

Joondumisviis seisab selles, et kaart orienteeritakse antud maastikupunktil A (lähtepunktil — joon. 78), viseeritakse vastava

viseerimisabinõuga läbi sama punkti kaardil punktile M (sihtpunktile) ligipääsmiseks vabas suunas püstitatud tähisele nr. 1 (latile) ja tõmmatakse see viseerimisjoon kaardile; nüüd mõõdetakse maastikul kaugus asukohast A tähiseni nr. 1 ja kantakse see kaardimõõtkavas asukohast a tähise nr. 1 suunas sirkliga kaardile. Saadud punkt on tähise asukoht kaardil, mille tähistame ringikesega ja nr-ga 1. Järgnevalt asutakse, tähist kõrvaldades, punkti nr. 1, orienteeritakse kaart viseerimisega läbi praeguse (nr. 1) ja endise (a) asukoha kaardilt lähtepunkti (A) suunas, kuhu lahkudes püstitasime tähise. Orienteeritud kaardilt viseeritakse jällegi läbi praeguse asukoha nr. 1 maastikupunktile M ligipääsmiseks vabas suunas püstitatud teisele tähisele jne. Nii toimitakse kuni jõutakse asukohta, kust on näha maastikupunkt M ja kust ligipääs kauguse mõõtmiseks on vaba. Pärast kaardi orienteerimist (punktis nr. 4) samuti nagu eelmisteski punktides viseeritakse läbi selle punkti maastikupunktile M. Edasi mõõdetakse kaugus temani ja kantakse see kaardi mõõtkavas sirkliga praegusest asukohast märgitava maastikupunkti suunas kaardile.

Nii saadud maastikueseme M asukoht kaardil on kontrollimata, mispärast tuleb esimesel võimalusel jätkata käiku, kuni jõutakse välja kas kohta, kus asukoht on kontrollitav mõnel eespoolkirjeldatud asukoha määramise viisil, või mõnda kaardil märgitud trigonomeetrilisse punkti, või tehakse tagasikäik lähtepunkti A.

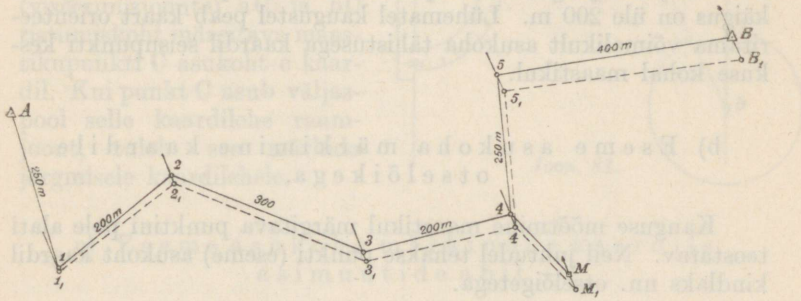
Kui kontrollimisel asukoha tähistus kaardil satub teise kohta, siis, oletades, et viga kasvas igas vahekäigu seisupunktis võrdselt käigu pikendusega, jagatakse sidumatus B_1B (joon. 79) kõigile vahekäigupunktidele proportsionaalselt nende kau-



Joon. 78.

gusega sihtpunktist A rööbiti sidumatuse B_1B sihiga. Näiteks, käigu AB üldpikkus joon. 79 on 1 600 m, sidumatus $\overline{B_1B}$ = = 32 m. Igale sajale meetrile käigus langeb siis $\frac{32}{16} = 2$ m. Järelikult — kui vahekäigupunkti nr. 1 kaugus A-st (lähtepunktist) on 250 m, tuleb teda tõsta sidumatuse B_1B sihile rööbiti $2\frac{1}{2} \times 2 =$ = 5 meetri võrra; vahekäigupunkti nr. 2, mille kaugus A-st on 450 m, tuleb tõsta $4\frac{1}{2} \times 2 = 9$ meetri võrra jne.

Ühes käigu nihkumisega kaardil tuleb vastavalt nihutada ka määratud maastikueseme M asukohta kaardil rööbiti sidumatuse $\overline{B_1B}$ sihile vahekäigupunkti nr. 4 nihkumise ($9\frac{1}{2} \times 2 = 19$ m) võrra.



Joon. 79.

Ilmneb sihtpunktis B suurem sidumatus, kui seda on $^1/_{50}$ käigu üldpikkusest, siis on mingisuguses vahekäigupunktis tehtud jäme viga (orienteerimisel või kauguse mõõtmisel), ja käik tuleb sooritada uuesti, alustades nüüd punktist B.

Vahekäigu sooritamine bussooli abil (bussoolkäik) toimub üldjoontes samuti kui vahekäik joondumisviisil. Kaart orienteeritakse lähtepunktis A, tehakse samad viseerimised ja kaugusemõõtmised, kuid ei asuta, nagu eelmise viisi juures, tööd lõpetades järgmisse kaardil kindlaksmääratud käigupunkti nr. 1, vaid üle selle punkti nr-sse 2 (vahepunkti nr. 1 püstitatakse ainult tähis). Punktis nr. 2 orienteeritakse kaart bussooli abil ja viseeritakse läbi vahepunkti nr. 1 kaardilt tagasi vahepunktile nr. 1 maastikul, tõmmatakse kaardile viseerimisjoon enese poole, mõõdetakse kaugus praegusest seisupunktist nr. 2 vahepunktini nr. 1 ja kantakse see kaardi mõõtkavas sirkliga vahepunktist nr. 1 viseerimisjoonele käigupunkti nr. 2 sihis. Saadud punkt

tähistatakse kaardil ringikesega ja nr-ga 2. Siit jätkub tegevus edasi nagu lähtepunktist A, kuni märgitav maastikuese M on kantud kaardile ja käik kontrollitud. Kontrollimisel ilmnev sidumatus jagatakse samuti kui joondumisviisil.

Nagu eestoodust nähtub, on bussoolkäik kiirem, sest kaarti tuleb orienteerida ja teha viseerimisi üle punkti. Samuti on ta ka küllalt täpne, kui kasutatakse kaardi orienteerimiseks pika magnetnõelaga orienteerimisbussooli ja kui kohapealse deklinatsiooni suurus on tuntud.

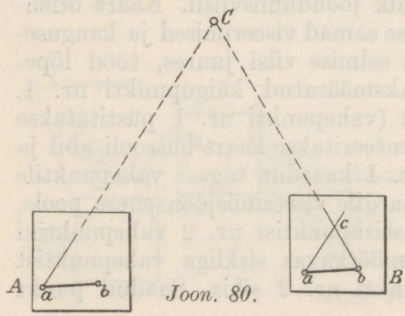
Sooritades vahekäiku joondumisviisil, tuleb tõmmata kaardile võimalikult pikemad viseerimisjooned, sest orienteerimine lühikese joone järgi on ebatäpne. Sobivamad punktide kaugused käigus on üle 200 m. Lühematel kaugustel peab kaart orienteeritama võimalikult asukoha tähistusega kaardil seisupunkti keskuse kohal maastikul.

b) Eseme asukoha märkimine kaardile otselõikega.

Kauguse mõõtmine maastikul märgitava punktini pole alati teostatav. Neil juhtudel tehakse punkti (eseme) asukoht kaardil kindlaks nn. otselõigetega.

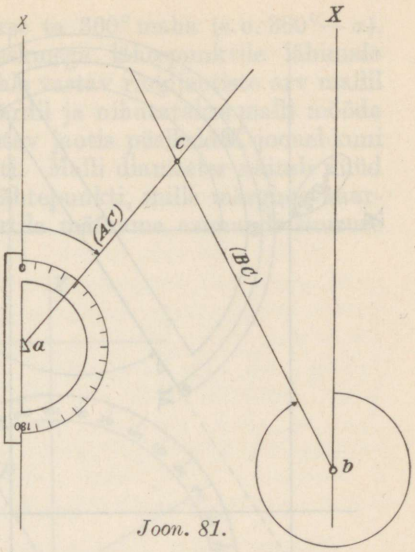
Leidlikkus kasutada iga võimalikku kaardil leiduvat kindlat maastikupunkti uue punkti asukoha määramiseks on parim tagatis toimingu usaldusväärseks läbiviimiseks vähese ajakuluga. Tuleb meeles pidada, et kaks lõiget määravad küll punkti asukoha kaardil, kuid kontrollitav on ta alles kolmanda ja järgmiste lõigetega.

Kui maastikul õnnestub leida kaks kindlat punkti, näit. trigonomeetrilised punktid A ja B (joon. 80), milledele on võimalik asuda kaardiga, ja neist punktidest on näha kolmas määratav punkt C, siis orienteeritakse kaart näit. punktis A viseerimisega läbi punktide ab kaardilt punktile B maastikul (maastikujoone järgi). Kaart orienteeritud, viseeritakse vastava viseeri-



Joon. 80.

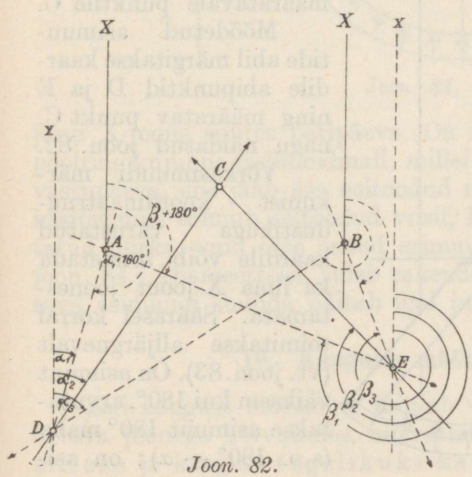
misabinõuga läbi punkti a kaardilt punktile C maastikul ning tõmmatakse viseerimisjoon (lõige) kaardile. See tehtud, asutakse kaardiga maastikupunkti B, orienteeritakse kaart eelmisel viisil ning tehakse samasugune lõige (viseerimine) läbi punkti b kaardilt punkti C maastikul. Kui punkt C asub sama kaardilehe piires, on ristlevate lõikejoonte (viseerimisjoonte) aC ja bC ristumiskoht märgitava maastikupunkti C asukoht c kaardil. Kui punkt C asub väljaspool selle kaardilehe raamjoont, tuleb see märkida järgmisele kaardilehele.



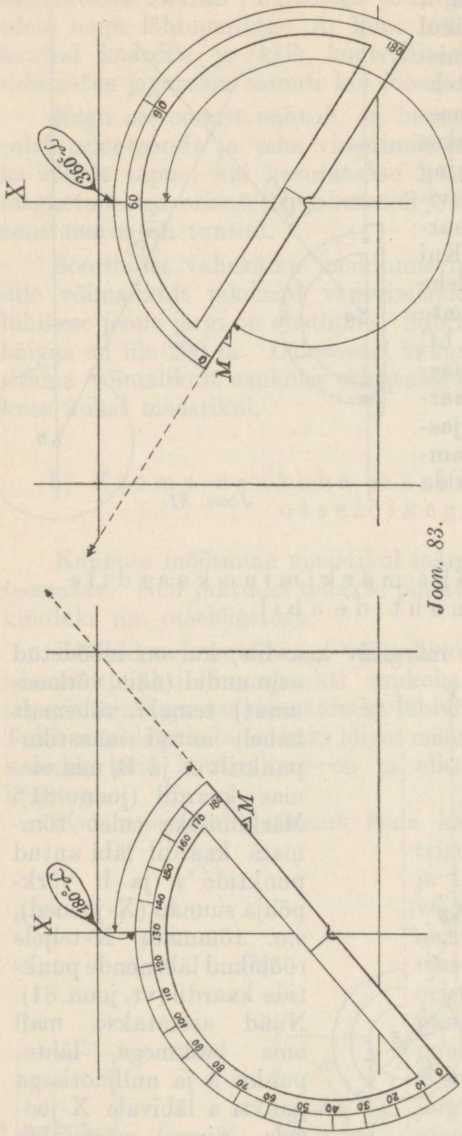
Joon. 81.

c) Eseme asukoha märkimine kaardile asimuutide abil.

Eseme C asukoht on märgitav kaardile, kui on mõõdetud asimuudid (näit. võrkasimuut) temale vähemalt kahelt antud maastikupunktilt A ja B, mis olemas kaardil (joon. 81). Märkimiseks tuleb tõmmata kaardil läbi antud punktide a ja b võrkpõhja suunad (X-jooned), s.o. tõmmata X-teljele rööbikud läbinende punktide kaardil (vt. joon. 81). Nüüd asetatakse mall oma keskmega lähtepunkti a ja nulljaotisega punkti a läbivale X-joonele ning märgitakse



Joon. 82.



Joon. 83.

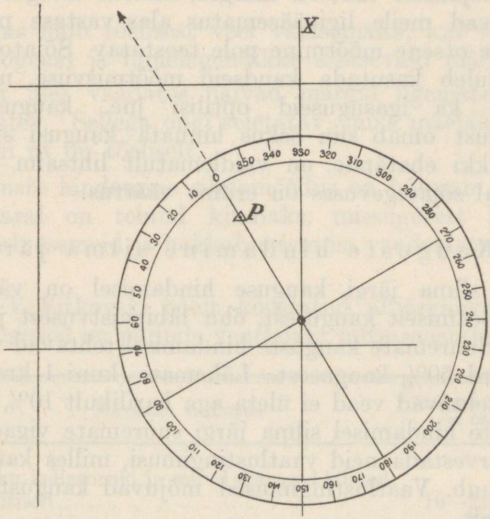
punktis A mõõdetud asimuut mõõtmise sihis (kraadides või kaugustuhandikkudes) kaardile. Mall kõrvaldatud, tähistatakse asimuudi (AC) suund. Samal viisil märgitakse kaardile ka punktis B mõõdetud asimuut. Märgitud asimuudi suundade ristumiskoht on maastikupunkti C asukoht kaardil.

Juhtumil, kui antud punktidest A ja B pole võimalik sooritada mõõtmisi või sinna asumine on võimatu, siis kolmanda punkti C määramiseks valitakse maastikul kaks abipunkti D ja E (joon. 82) ja mõõdetakse neilt mõlemailt asimuudid antud punktidele A ja B ning määratavale punktile C.

Mõõdetud asimuutide abil märgitakse kaardile abipunktid D ja E ning määratav punkt C, nagu näidatud joon. 82.

Võrkasimuudi märkimist koordinaatruudustikuga varustatud kaardile võib toimetada ka ilma X-joont joonestamata. Säärasel korral toimitakse alljärgnevalt (vt. joon. 83). On asimuut väiksem kui 180°, arvutatakse asimuut 180° maha (s.o. 180° — α); on asi-

muut suurem kui 180°, arvutatakse ta 360° maha (s.o. 360°— α). Nüüd asetatakse mall oma keskmega lähtepunktile lähimale X-joonele nii, et arvutatud nurgale vastav ringijaotiste arv mallil asetseks sama X-joone kohal kaardil ja nihutatakse malli mööda X-joont nii, et malli kese ja vastav jaotis püsiksid X-joonel kuni malli diameeter läbib lähtepunkti. Malli diameeter näitab nüüd märgitavat asimuudijoont läbi lähtepunkti, mille märgime kaardile. Asimuudi suuna sihtpunktile määrame asimuudi suuruse



Joon. 84.

järgi X-joone suhtes päripäeva. On käepärast ringikujuline või poolringikujuline tselluloidmall, millel ringijaotised tähistatud ka vastupäeva, siis jääb ära eeltoodud nurkade arvutamine. Malli käsitsemine toimub eeltoodud viisil, kuid siin ei arvestata arvutatud nurka, vaid otse antud asimuudi suurust, nagu näidatud joon. 84. Diameetreist tuleb rakendada 0—180° joont. Märgitava asimuudi suunda näitab igal juhul diameetri nullots.

10. Kauguste mõõtmisviise.

Kui kauguse mõõtmine toimub võrdlusmõõtu otseselt mõõdetava joonega kõrvutades, nimetatakse seda otseseks mõõtmiseks ja kaugust tegelikuks kauguseks.

Kui kaugust hinnatakse mõne suuruse kaudu, mis on matemaatilises seoses mõõdetava joonega, siis nimetatakse seda kaudseks mõõtmiseks.

Horisontaalpinnale redutseeritud kaugust nimetatakse topograafiliseks kauguseks[1]).

Otsestel mõõtmistel kasutatakse harilikult mitmesuguses pikkuses mõõdulinte või muid meetriga võrreldud pikkusi, nagu samm jne.

Sageli sõjaliselt tähtsad märgid, millede kaugusi vaja hinnata, asetsevad meile ligipääsematus alas vastase poolel, mispärast nende otsene mõõtmine pole teostatav. Sõjatopograafilistel töödel tuleb kasutada kaudseid mõõtmisviise, nagu silmamõõtu kui ka igasuguseid optilisi jne. kaugusemõõtjaid. Suurt tähtsust omab siin oskus hinnata kaugusi silma järgi. See viis, ehkki ebatäpne, on vaidlematult lihtsaim ja kiireim, mispärast tal sõjategevuses on eriline väärtus.

a) Kauguste hindamine silma järgi.

Täpsus silma järgi kauguse hindamisel on väga erinev. See oleneb peamiselt kaugusest, õhu läbipaistvusest ja nägemisteravusest. Suuremate kauguste hindamisel tehtavad vead ületavad mõnikord 50% kaugusest. Lähemate (kuni 1 km) kauguste hindamisel tehtavad vead ei ületa aga harilikult 10% kaugusest.

Kauguste hindamisel silma järgi suuremate vigade vältimiseks tuleb arvestada neid vaatlustingimusi, milles kauguste hindamine toimub. Vaatlustingimused mõjuvad kauguste hindamisele järgmiselt.

1. Maastikul asetsevaist ühesuurusist esemeist asetseb kaugemal see, mis vaatlusel näib väiksem. Suured märgid näivad ligematena väikestest.

2. Heledalt valgustatud märgid näivad olevat tõelistest kaugustest lähemal. Eriti suured on valgustusest tingitud vead udus ja sajus.

3. Heledat värvi (valged, kollased, punased) märgid on selgemini näha, seetõttu nad näivad olevat tõelistest kaugustest lähemal. Udus ja pimedikus näivad kaugused tõelistest suurematena, pärast vihma ja tormi — tõelistest lühematena.

[1]) Topograafilistel kaartidel esinevad ainult topograafilised kaugused. Soovitakse kaardilt mõõta tegelikku kaugust, tuleb koostada piki mõõdetavat joont selle profiil ja seda mööda mõõta kaugus või arvutada mõõdetaval joonel esinevate kauguste vahed mõnel muul viisil.

4. Mida suurem on erinevus märgi ja tausta värvustes, seda ligemana näib märk. Näit. maja, mille taustaks taevas, näib olevat lähemal kui maja, mis projekteerub metsale jne.

5. Asetseb päike ees, osutub hinnatud kaugus lühemaks, asetseb päike taga, osutub hinnatud kaugus suuremaks tõelisest kaugusest.

6. Tasandikul ja lagendikul esinevad märgid näivad ligemal olevat kui need, kus vaatlejast märgini leidub vahepealseid esemeid.

Kaugus näib tõelisest veel väiksemana, kui vaatleme teispool veekogusid ja lumelagendikke asetsevaid märke.

7. Alt üles vaadates näivad märgid ligematena kui ülalt alla vaadates. Sellega ongi seletatav, miks mäejalalt näib mägi järsum kui ta on tõeliselt.

Kauguste hindamine silmamõõdus on hõlpsam, kui vaatleja katsete varal on teinud kindlaks, missugusest kaugusest ta juba seletab esemeid ja hakkab eristama vaadeldatavate märkide peenusi.

Prof. V. Vitkovski poolt koostatud alljärgnevas tabelis esinevad kaugused on paljude vaatlejate mitmeaastane keskmine[1]).

Märkide nimetus	Kaugused, kus nad on nähtavad
Kiriku-kellatornid ja muud säärased kõrged ehitised	16—21 km
Tuuleveskid	11 „
Külad ja suuremad majad	9 „
Üksikud majad	5 „
Maja-aknad	4 „
Maja-korstnad	3 „
Üksikud puud ja üksikud inimesed	2 „
Kilomeetri-, telefoni- jne. postid	1 „
Aknaraamid	530 m
Värvus ja rõivad	270 „
Katusekivid ja -lauad	210 „
Läikivad nööbid ja muud metallilustised	170 „
Inimeste näod	160 „
Näoilme (näojooned)	110 „
Silmad	60 „
Silmavalged	20 „

[1]) V. Vitkovski. Topograafia. Moskva, 1928.

Vilumus kauguste hindamises saavutatakse praktiliste harjutustega maastikul. Tulemused olenevad vaatleja individuaalseist omadusist, leidlikkusest ja oskusest kasutada mitmesuguseid praktilisi võtteid. Eriti rahuldavaid tagajärgi kauguste hindamisel saavutatakse siis, kui hinnatavad kaugused pole väga suured ja vaatleja silma ees on võrdluseks mingisugune kindel pikkus, nagu kahe vaiaga märgitud 20—100 m pikkune joonlõik maastikul jne. Niisugusel korral hinnatakse, mitu korda mahub antud pikkus hinnatavasse kaugusse.

Kaugusi, mis asetsevad risti vaatlussihiga, hindab silm palju täpsemalt kui kaugusi vaatlussihi suunas. Kasutades seda omadust võib esialgu hinnata märgi läheduses vaatlussuunaga ristiasetseva eseme (telefoni- või kilomeetriposti, maja, inimese, üksiku puu jne.) pikkust või nende vahemaad ja võrrelda, mitu kaugustuhandikku see pikkus katab. Kaugus märgini arvutatakse valemi abil:

$$D = \frac{h}{\not{m}} \cdot 1000,$$

D = otsitav kaugus märgini, h = esialgu hinnatud märgi või eseme kõrgus, $\not{m}$ = nurksuurus kaugustuhandikkudes, mida katab esialgselt hinnatud eseme kõrgus või laius.

Nurksuurus $\not{m}$-des mõõdetakse käepäraste abinõudega. Kui puudub vastav nurgamõõtja, siis võib võrdlemisi täpselt hinnata nurga suurust lihtsa mm-mõõtjoonlauaga või muu tuntud pikkuse abil.

Näit. kui hoida mõõtjoonlauda vertikaalselt silmade kõrgusel ja 51 cm (keskm. väljasirutatud käe pikkus) kaugusel, siis moodustab joonlaua 0,5 mm jaotis silmaga nurksuuruse (vaatenurga) 1 $\not{m}$ ehk ümarguselt ühe tuhandendiku kaugusest, s.o. kaugus silmast joonlauani on ümarguselt 1 000 korda suurem kui nurksuuruse 1 $\not{m}$-line jaotis (0,5 mm) joonlaual[1]).

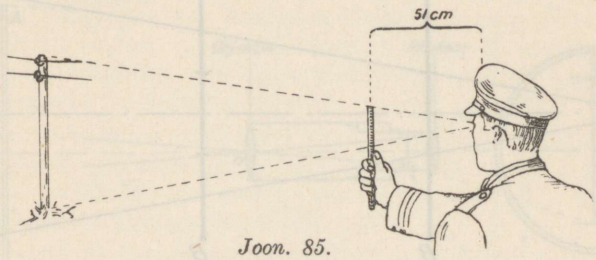
Kui nüüd märk või selle läheduses valitud ese, näit. telefonipost, mille pikkus on 5,5 m, viseerimisel katab joonlaual 50 mm, s.o. 50 : 0,5 = 100 $\not{m}$, siis on kaugus märgini (telefonipostini)

$$\frac{5{,}5 \text{ m}}{100} \cdot 1000 = 55 \text{ m}.$$

[1]) $\frac{2\pi R}{6400} = \frac{2.3{,}14.51 \text{ cm}}{6400} = 0{,}05 \text{ cm} = 0{,}5 \text{ mm}$

Viseerimist toimetatakse nii, et joonlaud tõstetakse vertikaalselt silmade kõrgusele 51 cm (keskm. väljasirutatud käe) kaugusele silmast (vt. joon. 85). Suletakse üks silm ja lahtisega viseeritakse joonlaua äärt mööda märgile ning loetakse, mitu jaotist joonlaual katab märgi pikkus.

Mõõtjoonlaua asemel võib kasutada mitmesuguseid vähemaid käepärast olevaid asju, millede mõõtmed teada, nagu tuletikku, pliiatsit, pöialt, kämmalt jne.



Joon. 85.

Näide. Vaatlussuunaga risti on telefoniliin; vahemaa 2 telefoniposti vahel on keskmiselt 55 m. Viseerimisel katab see tuletiku (50 mm), s. o. $50 : 0{,}5 = 100$ ‰. Kaugus postideni on $\frac{55\text{ m}}{100} \cdot 1\,000 = 550$ m.

Niimoodi toimetatud kauguse hindamist ei mõjusta maastiku, ilmastiku jne. kõrvalmõjud.

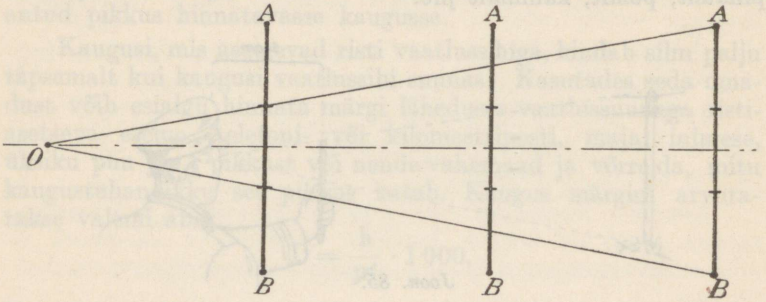
b) Optilisi kaugusemõõtjaid.

Kauguse mõõtmiseks kohandatud pikksilm võimaldab hinnata kaugusi otsese mõõtmiseta. Topograafilistel töödel kasutatakse harilikke, nn. muutumatu (konstantse) nurga ja muutuva baasiga kaugusemõõtjaid, nagu kipreegel, teodoliit, käärpikksilm jne. või muutuva nurga ja muutumata baasiga kaugusemõõtjaid, nagu saksa bussool. Nende kaugsemõõtjate ehitus põhjeneb järgmisel asjaolul.

Kui vaatleja silmast O (vt. joon. 86) mõnesugusel kaugusel asetseva eseme (pikkuse AB), mida katab vaatenurk AOB (vaatluskiir OA ja OB), toome vaatenurka muutmata silmale lähemale, siis näeme sellest esemest järjest väiksemat osa ja nimelt nii mitu korda väiksemat, kui mitu korda tõime eseme AB silmale O lähemale. Ja vastupidi: vaadeldes muutmatut pikkust

AB, teda lähendades vaatleja silmale O, suureneb vaatenurk nii mitu korda, kui mitu korda tõime vaadeldava eseme vaatleja silmale lähemale[1]). Järelikult muutumatu nurga all vaadeldava pikkuse järgi või vaatenurga järgi muutumatule pikkusele võime määrata kauguse selle vaadeldava esemeni.

Kauguste mõõtmiseks pikksilma fokaalpinda on asetatud nn. jaotisplaat (joon. 87 ja 88). Jaotisplaadi hori-



Joon. 86.

sontaalkriipsud pikksilma objektiivi optilise sentriga moodustavad vaatenurki (aOb = AOB); baasi moodustab nn. mõõdulatt, mille jaotised peavad olema kohandatud vastava pikksilma jaotisplaadi jaotistele[2]).

Kauguse mõõtmiseks asutakse kaugusemõõtjaga mõõdetava joone ühte otsa. Mõõdulatt asetatakse vertikaalselt joone teise otsa. Pikksilm suunitakse mõõdulatile nii, et okulaarist sisse vaadates jaotisplaadi alumine kriips oleks kohastikku mõõdulati ülemise algjaotisega (lati otsaga). Muutumatu nurgaga kaugusemõõtja juures lugem mõõdulatil pikksilma jaotisplaadi ülemise kriipsu kohal näitab vaatenurgaga kaetud mõõdulati jaotiste arvu. Kui on määratud kindlaks, missugusele pikkusele maas-

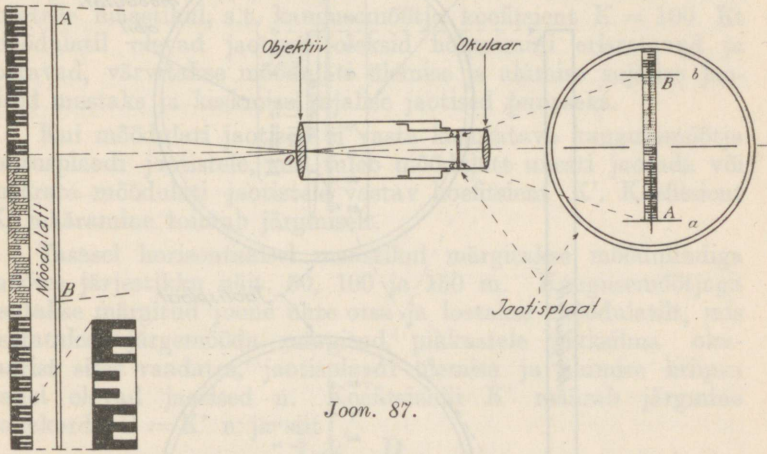
[1]) Oletusel, et vaatenurk on väike.

[2]) Laskeasjanduses kasutatav stereoskoopne kaugusemõõtja on samuti konstrueeritud muutumatu baasi põhimõttel. Baasi moodustab kaugusemõõtja kahe objektiivi vahe, mis ulatub harilikult 1 m-ist mitme meetrini (näit. rannapatareides). Objektiivid (objektiivi optilised sentrid) koos kauguses määratava esemega moodustavad vaatenurga, mis on identne eespoolkirjeldatud vaatenurgaga. Mõõtmise täpsus nende kaugusemõõtjatega oleneb peamiselt kaugusemõõtja baasi pikkusest. Täpsus langeb proportsionaalselt kauguse ruuduga.

tikul vastab üks mõõdulati jaotis (s.o. kaugusemõõtja koefitsient), võime arvutada kogu joone pikkuse[1]).

Muutuvale vaatenurgale rajatud kaugusemõõtja juures pikksilma okulaarist sisse vaadates kriips jaotisplaadil, mis osutub kohastikku vertikaalselt asetatud mõõdulati ülemise otsaga, märgib kaugust mõõdulatini (joon. 87).

Mõõtmise täpsus muutumatu nurgaga kaugusemõõtjatel on märksa suurem muutumatu baasiga kaugusemõõtjate omast.



Joon. 87.

Ebatäpsus ei ületa 300-meetrilist kaugust korraga mõõtes $^1/_{300}$ kaugusest, s.o. 1 m.

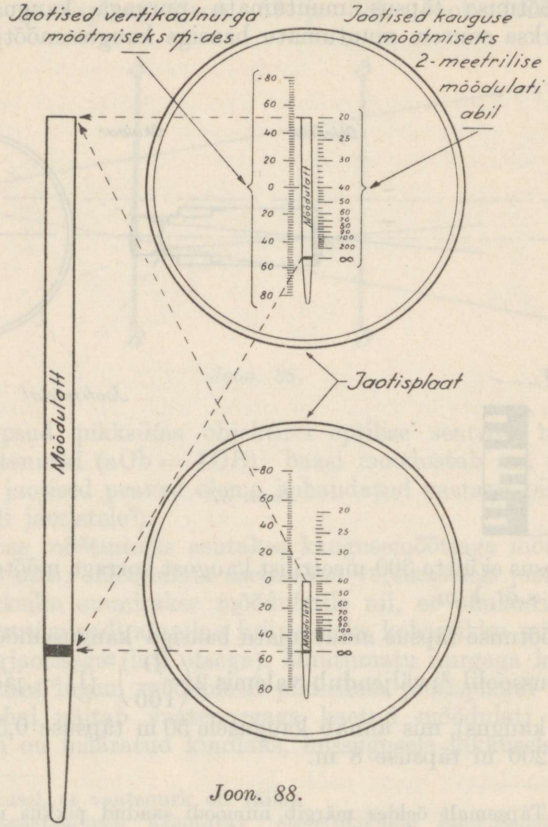
Mõõtmise täpsus muutumatu baasiga kaugusemõõtjail, näit. saksa bussoolil [2]) väljendub valemis $2\left(\frac{D}{100}\right)^2$ (D = jaotisplaadilt loetud kaugus), mis annab kaugusele 50 m täpsuse 0,5 m ja kaugusele 200 m täpsuse 8 m.

[1]) Täpsemalt öeldes märgib niimoodi saadud pikkus mõõdulati ja kaugusemõõtja pikksilma tulipunkti vahelist kaugust. Tegelikult vajatakse aga kaugust riista sentrist, mispärast tõelise kauguse saamiseks tuleks mõõdulati järgi loetud kaugusele veel liita kaugus pikksilma tulipunktist objektiivini ja objektiivist riista sentrini. See tegur on igal riistal juurde märgitud, kuid ta on ka otseselt mõõdetav. Et see tegur võrreldes mõõdetava kaugusega ja töö täpsusega osutub väikeseks, siis ei arvestata seda üldse.

[2]) Bussoolid. Kv. St. VI Osak. kirjastus, Tallinn, 1929.

Mõõdulatt valmistatakse kuivast puust, ta on umbes 1,5 cm paks ja 8—10 cm lai. Kipreegli, teodoliidi jne. mõõdulatt on harilikult 3 m pikk.

Mõõdulatile jaotiste märkimine toimub järgmiselt. Tasasel horisontaalsel maastikul mõõdetakse mõõdulindiga 200 m pikkune



Joon. 88.

joon. Joone ühele otsale asutakse kaugusemõõtjaga ning teise otsa asetatakse vertikaalselt mõõdulatt. Pikksilm suunatakse mõõdulatile nii, et pikksilma okulaarist sisse vaadates jaotisplaadi alumine kriips oleks kohastikku mõõdulati ülemise otsaga. Täpselt ülemise kriipsu viseerjoone lõikumise kohale tõmmatakse

mõõdulatile horisontaalne kriips. Saadud vahemaa mõõdulati ülemise otsa ja märgitud kriipsu vahel jaotatakse pooleks. Niiviisi saadud lõik mõõdulatil vastab 100 m-le maastikul. Neid sajalisi lõike märgitakse latile kolm. Iga lõik jaotatakse kümneks ja iga kümnes veel viieks (võib ka kümneks) ühesuuruseks osaks, nagu näidatud joonisel 87. Seega kõige väiksem jaotis mõõdulatil vastab 2 meetrile maastikul ja pool sellest jaotisest vastab ühele meetrile maastikul. Uuematel kaugusemõõtjatel kriipsud jaotisplaadil on asetatud nii, et 1 cm mõõdulatil vastab ühele meetrile maastikul, s.t. kaugusemõõtja koefitsient K = 100. Et mõõdulatil olevad jaotised oleksid hõlpsamini eristatavad ja loetavad, värvitakse mõõdulati ülemise ja alumise sajalise jaotised mustaks ja keskmise sajalise jaotised punaseks.

Kui mõõdulati jaotised ei vasta kasutatava kaugusemõõtja jaotusplaadi jaotistele, siis tuleb mõõdulatt uuesti jaotada või määrata mõõdulati jaotistele vastav koefitsient K'. Koefitsient K' määramine toimub järgmiselt.

Tasasel horisontaalsel maastikul märgitakse mõõdulindiga mõõtes järjestikku näit. 50, 100 ja 150 m. Kaugusemõõtjaga asutakse märgitud joone ühte otsa ja loetakse mõõdulatilt, mis asetatakse järgemööda märgitud pikkustele pikksilma okulaarist sisse vaadates, jaotisplaadi ülemise ja alumise kriipsu vahel olevad jaotised n. Koefitsiendi K' määrab järgmine vahekord: D = K'. n ja siit

$$K' = \frac{D}{n}.$$

(D on mõõdetud kaugus — 50, 100, 150 m —, millel asetses mõõdulatt.)

Näide. Mõõdulati asetsemisel 50 m kaugusel oli lugem 45 jaotist
„ „ 100 „ „ „ „ 89 „
„ „ 150 „ „ „ „ 135 „

Rakendades valemit $K' = \frac{D}{n}$, leiame järgemööda

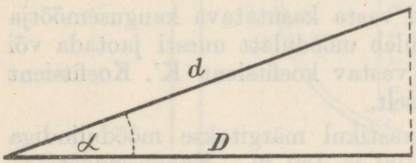
$$K'_1 = \frac{50}{45} = 1{,}11;\quad K'_2 = \frac{100}{89} = 1{,}12;\quad K'_3 = \frac{150}{135} = 1{,}11.$$

Aritmeetiline keskmine neist on:

$$K' = \frac{1{,}11 + 1{,}12 + 1{,}11}{3} = 1{,}11,$$ s. o. ühele mõõdulati jaotisele vastab 1,11 m maastikul.

Muutumatu baasiga kaugusemõõtjale, näit. saksa bussoolile, mis võimaldab määrata kaugusi 20 m — 200 m, valmistatakse mõõdulatt järgmiselt.

Tasasel horisontaalsel maastikul mõõdetakse mõõdulindiga 20 m pikkune joon. Joone ühte otsa asutakse kaugusemõõtjaga, teise otsa asetatakse vertikaalselt mõõdulatt. Kaugusemõõtja pikksilm suunatakse mõõdulatile nii, et pikksilma okulaarist sisse vaadates jaotisplaadi ülemine kriips (20 m kriips) oleks kohastikku lati ülemise otsaga. Täpselt alumise kriipsu (⌒) viseerjoone lõikumiskohale tõmmatakse latile horisontaalne kriips. Kriips värvitakse 2—3 cm laiuselt mustaks. Asetades selle lati (baasi) nüüd vertikaalselt, näit. 40 m kaugusele kaugusemõõtjast ja suunates pikksilm mõõdulatile nii, et jaotisplaadi alumine (⌒) jaotiskriips oleks kohastikku mõõdulati musta kriipsuga, peab jaotisplaadi 40 m kriips olema kohastikku mõõdulati ülemise otsaga (vt. joon. 88).



Joon. 88-a.

Kui kauguse mõõtmine toimub kaldpinnal, siis topograafilise kauguse saamiseks või kõrgusvahe arvutamiseks on vaja mõõdetud pikkus d redutseerida rõhtpinnale valemi abil $D = d \cos \alpha$ (joon. 88-a). Selle valemi abil redutseeritud joone D leiame lisast nr. 3, kui on teada kaldpinnal mõõdetud pikkus d ja kaldenurk α.

Näide. Mõõdetud kaldjoone pikkus d = 152 m, kaldenurk $\alpha = 20°$, vaja leida kaldjoone rõhtpinnaline pikkus D.

Lisast leiame, et 20° kaldenurga juures:

100	m	kaldjoonele	vastab	93,969	m rõhtpinnal
50	„	„	„	46,984	„ „
2	„	„	„	1,879	„ „
			D =	142,832,	ümmarguselt 143 m.

Kui kaldjoon mõõdeti mõne optilise kaugusmõõtjaga (pikksilm, käärpikksilm, bussool jne.) vertikaalselt asetatud mõõdulatile, siis kaldjoone d redutseeritud pikkus D arvutatakse valemi

$$D = d_1 \cos^2 \alpha$$

järgi või D leitakse lisast nr. 4 (d_1 = latilt optilisel teel loetud kaugus).

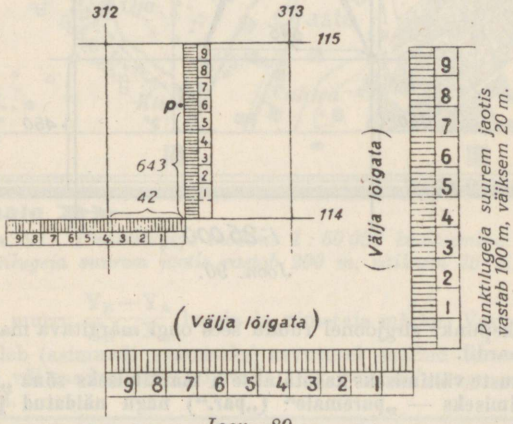
11. Lahendused kaardil ristkoordinaatides.

Nagu eespool juba selgitatud, märgivad kaardilehtede raamjoontele paigutatud numbrid koordinaatruudustikku moodustavate X- ja Y-joonte kaugusi vastavast koordinaatteljest +200 000 m. X-joonte (Y = konst.) kaugused +200 000 m (väärtused) on paigutatud kaardilehe ida- ja lääneraamjoonele, Y-joonte (X = konst.) kaugused +200 000 m (väärtused) põhja- ja lõunaraamjoonele.

Punktilugeja
(mõõdus 1 : 25 000).

Punkti koordinaatide määramiseks asetada punktilugeja horisontaalne skaala kaardi koordinaatruudustiku horisontaal-(Y-)joonele nii, et vertikaalne skaala läbiks määratavat punkti.

Näide. Punkti P koordinaadid on:
X = 114 643, ehk üles: 114 643
Y = 312 420, „ paremale: 312 420



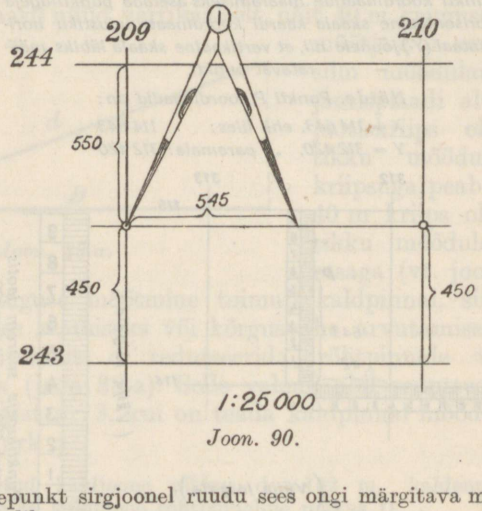
Joon. 89.

Kui määratav punkt asetseb täpselt kaardilehel trükitud X- ja Y-joonte ristumise kohal, siis punkti koordinaatide väärtusi märgivad vastavate joonte väärtused põhja- (lõuna-) ja ida- (lääne-) raamjoonel. Asetseb aga määratav punkt koordinaatruudustiku mõnes ruudus, tuleb mõõta määratava punktini vastava koordinaadi juurdekasv ruudu sees eraldi. Mõõtmiste hõlbustamiseks on meie kaardilehed varustatud nn. punkti-

lugejaga (joon. 89). Punktilugeja tuleb välja lõigata ja kasutada kaardilehel toodud juhendi järgi.

Ülesanne. *Märkida kaardile mõõdus 1 : 25 000 maastikupunkt X = 243 450, Y = 209 545.*

Antud koordinaatidest näeme, et punkt peab asetsema täiskilomeetrilises koordinaatruudus $243 < X < 244$, $209 < Y < 210$. Kui vastavalt kaardilehelt see ruut on leitud, siis võetakse kaardi mõõtkavas märgitava punkti X-i väärtuse meetrite osa 450 m ja märgitakse ruudu mõlemale X-joonele Y-joone lõikepunktist ülespoole ning saadud punktid (joon. 90) ühendatakse sirgjoonega. Y väärtuse meetrite osa 545 m kantakse sellele sirgjoonele X-joonest (vasakust ruuduküljest) paremale.



Joon. 90.

Saadud lõikepunkt sirgjoonel ruudu sees ongi märgitava maastikupunkti asukoht kaardil.

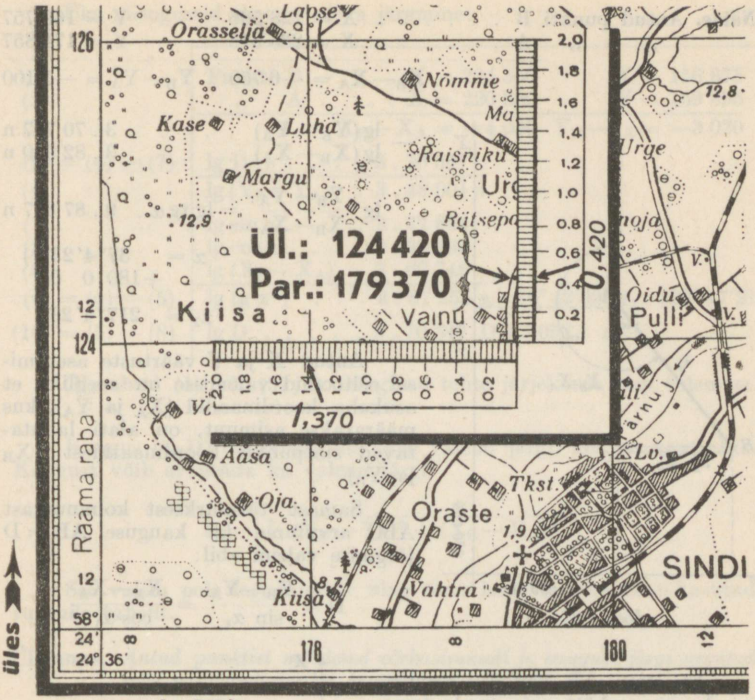
Eksimuste vältimiseks kasutatakse X märkimiseks sõna „üles" („ül.") ja Y märkimiseks — „paremale" („par.") nagu näidatud joon. nr. 91.

Ülesanne. *Teada oleva kahe punkti ristkoordinaatide abil arvutada nende vahelise suuna võrkasimuut α_1 ja kaugus D.*

Olgu antud 2 punkti A ja B (joon. 92), millede koordinaadid vastavalt on X_A, Y_A ja X_B, Y_B. Täisnurkses kolmnurgas ABC, mille kaatetid on $AC = X_B - X_A$ ja $BC = Y_B - Y_A$, arvutame nurga α valemist

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \right| .$$

Selle valemi järgi saame nurga, mille arvsuurus on 0° kuni 90°. Kuid, et selgitada, millises veerandis (asukoha A suhtes) asub otsitav suund,



Joon. 91. Punktilugeja mõõdus 1 : 50 000 käsitsemine. Punktilugeja suurem jaotis vastab 200 m, väiksem 40 m.

tuleb jälgida murru $\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$ lugeja ja nimetaja märke. Vastavalt neile märkidele tuleb (asimuudi saamiseks) arvutusel saadud teravnurgale α kas liita 180° või saadud nurk lahutada 180° või 360°, nagu seda näitab järgmine tabel.

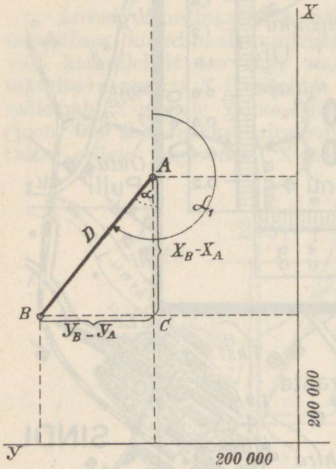
Kui murru $\frac{Y_B - Y_A \text{ (lugeja)}}{X_B - X_A \text{ (nimetaja)}}$ märgid[1]) on	+ +	+ —	— —	— +
siis nurk asub veerandis	I	II	III	IV
Arvutatud teravnurgale α tuleb liita . . .	—	—	180°	—
Arvutatud teravnurk α tuleb lahutada . . .	—	180°	—	360°

[1]) Valemi logaritmilise kuju puhul märgib lugeja ja nimetaja märke negatiivsuse tunnusmärgi „n“ esinemine või puudumine lugeja ja nimetaja logaritmides.

Näide. Antud punkti B . . . . . $X = 228\,566$ $Y = 169\,757$

„ „ A . . . . . $X = 235\,316$ $Y = 174\,857$

$X_B - X_A = -6\,750$ $Y_B - Y_A = -5\,100$



Joon. 92.

$-\lg(Y_B - Y_A)$ . . . . . 3 . 70 757 n

$\lg(X_B - X_A)$ . . . . . 3 . 82 930 n

$$\lg \left| \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \right| = \lg \operatorname{tg} \alpha \quad 9\,.\,87\,827\ \text{n}$$

$\alpha = 37°4'23''$ [1])

$+180\ 0\ 0$

$\alpha_1 = 217°4'23''$

Antud X ja Y väärtuste asetamisel eeltoodud valemisse on reegliks, et asukoha koordinaadid (X_A ja Y_A), kus määratakse asimuut, on alati lahutatavad sihtpunkti koordinaatidest (X_B ja Y_B).

Samast täisnurksest kolmnurgast ABC arvutame ka kauguse AB = D järgmise valemi abil:

$$D = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_1} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_1};$$

Et lõigu $\overline{AB}$ kauguse arvutamiseks on eeskätt vaja teada tema asimuuti, siis asimuudi ja kauguse arvutamine teostatakse ühiselt.

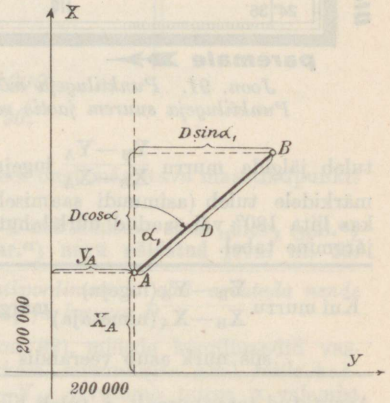
Näide. Antud punkti A ja B koordinaadid on:

$X_A = 220\,500$ $X_B = 224\,550$

$Y_A = 159\,895$ $Y_B = 156\,875$;

arvutada võrkasimuut (AB) = α_1 ja kaugus AB = D.

Arvutamist tuleb täita kindla, alaliseks valitud skeemi järgi, mis kergendab tööd ja võimaldab vältida eksimusi.



Joon. 93.

[1]) Murru $\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{-5100}{-6750}$ märgid $\frac{-}{-}$ (lg-es „n") osutavad, et nurk asub III veerandis, järelikult tuleb sellele liita 180°, et saada asimuuti (α_1).

Üks niisuguseid skeeme oleks järgmine:

(1)	Punkti B	X = 224 550 Y = 156 875
(2)	„ A	X = 220 500 Y = 159 895
(3)		$X_B - X_A = +4\,050$ $Y_B - Y_A = -3\,020$
(9) = (4) — (7)	lg D	3 . 70 347
(4)	$\lg(Y_B - Y_A)$ . .	3 . 48 001 n
(7)	lg sin α	9 . 77 654
(8)	lg cos α	9 . 90 399
(5)	$\lg(X_B - X_A)$.	3 . 60 746
(6) = (4) — (5)	lg tg α[1]) . . .	9 . 87 255 $\alpha = 36°42'39''$ $\alpha_1 = 323°17'21''$
(10) = (5) — (8)	lg D	3 . 70 347 D = 5 052,1 m

(Numbrid (1), (2), (3) jne. märgivad tehte järjekorda resp. tulemust.)

Kaugus (lg D) on arvutatud kahe valemi järgi, mis on kontrolliks. Kaugust võib arvutada ka valemi järgi

$$D = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2}$$

See valem pole logaritmitav ning tema lahendamisel tuleb kasutada ruutude tabelit.

Ülesanne. *Antud punktist mõõdetud võrkasimuudi ja kauguse järgi arvutada selle mõõdetud punkti koordinaadid X ja Y.*

Tehtud mõõtmised tuntud punktist A määratavale punktile B on joon. 93 kujutatud graafiliselt. Antud X_A, Y_A ja mõõdetud $(AB) = \alpha_1$ ja $\overline{AB} = D$ võimaldavad konstrueerida koordinaatruudustikku täisnurkse kolmnurga.

Konstrueeritud kolmnurgas tuntud elemendid trigonomeetria põhjal lubavad teha järgmisi tuletusi:

$$X_B = X_A + D \cdot \cos \alpha_1.$$
$$Y_B = Y_A + D \cdot \sin \alpha_1.$$

Näide. Antud $X_A = 242\,125{,}5$
$Y_A = 236\,820{,}0$
$(AB) = \alpha_1 = 48°30'10''$; $\overline{AB} = D = 2\,480$ m.

---

[1]) Murrul $\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$ märgid $\frac{-}{+}$ osutavad, et nurk α on IV veerandis, mispärast tuleb see lahutada 360°, et saada $(AB) = \alpha_1$ asimuuti.

(10) = (8) + (1)	X_B = 243 768,7	
(1)	X_A = 242 125,5	
(8)	D . cos α_1 = . . .	+1 643,2
(6) = (3) + (5)	lg D . cos α_1 = ...	3 . 21 569
(5)	lg cos α_1	9 . 82 124
(3)	lg D	3 . 39 445
(4)	lg sin α_1	9 . 87 448
(7) = (3) + (4)	lg D sin α_1	3 . 26 893
(9)	D sin α_1 =	+1 857,5
(2)	Y_A =	236 820,0
(11) = (9) + (2)	Y_B =	238 677,5

Toimetades goniomeetriliste funktsioonide logaritmimist, tuleb silmas pidada üldiselt järgmist.

Kui antud nurk (asim.), mille tarvis otsitakse goniomeetrilist funktsiooni, asub II, III või IV veerandis, siis arvutatakse sellest maha 90°, 180° või 270° ja võetakse log. tabelist ülejääva positiivse **terava** nurga järgi:

1) juhul kui vaja lg sin,
siis lg sin kui on maha arvutatud 180°,
lg cos, kui on maha arvutatud 90° või 270°;

2) juhul, kui vaja lg cos,
siis lg cos, kui on maha arvutatud 180°,
lg sin, kui on maha arvutatud 90° või 270°;

3) juhul, kui vaja lg tg,
siis lg tg, kui on maha arvutatud 180°,
lg cotg, kui on maha arvutatud 90° või 270°;

4) juhul, kui vaja lg cotg,
siis lg cotg, kui on maha arvutatud 180°,
lg tg, kui on maha arvutatud 90° või 270°.

Järgnev tabel, milles α_1 märgib antud nurka (asimuuti) ja α märgib peale 90°, 180° või 270° mahaarvutamist saadud **teravnurka**, kujutab seda reeglit ülevaatlikus vormis. Tabelis on ühtlasi näidatud, kas funktsioon on positiivne või negatiivne.

Funktsioon	I veerand $\alpha_1 = \alpha$	II veerand $\alpha_1 = 90° + \alpha$	III veerand $\alpha_1 = 180° + \alpha$	IV veerand $\alpha_1 = 270° + \alpha$
sin α_1	+ sin α	+ cos α	— sin α	— cos α
cos α_1	+ cos α	— sin α	— cos α	+ sin α
tg α_1	+ tg α	— cotg α	+ tg α	— cotg α
cotg α_1	+ cotg α	— tg α	+ cotg α	— tg α

Kui antud nurk α_1 on suurem kui 360°, siis arvutatakse sellest 360° maha, kuni üle jääb nurk, mis on 360° väiksem ning talitatakse eespooltoodud reeglite järgi. Kui aga antud nurk α_1 on negatiivne, siis tuleb sellele liita 360° positiivse märgiga seni, kui saadakse positiivne nurk 0° ja 360° vahel.

Näide. kui $\alpha_1 = 137°45'22''$, siis $\alpha = 47°45'22''$ ja

lg sin $137°45'22'' =$ lg cos $47°45'22'' = 9.82756$
lg cos $137°45'22'' =$ lg (—sin $47°45'22'') = 9.86940$ n,
lg tg $137°45'22'' =$ lg (—cot $47°45'22'') = 9.95815$ n,
lg cotg $137°45'22'' =$ lg (—tg $47°45'22'') = 0.04185$ n.

12. Mõõtmised deformeerunud kaardilehel.

Kaardilehelt mõõdetud kaugus ei vasta pea kunagi tõelisele kaugusele maastikul, sest kaardi paberi suurus muutub, s.o. deformeerub nii trükimasinas kaardi trükkimisel, laos seismisel kui ka käsitsemisel vahelduvas ilmastikus. Kaardileht võib olla veninud ühes sihis, teises kokku tõmbunud. Mõõtude moonutus tavaliselt võib ulatuda kuni 3%.

Suurimat täpsust vajavate tööde juures tuleb määrata kaardilehe deformeerumise koefitsient K, kaardil mõõdetud pikkused korrutada ja kaardile kantavad pikkused jagada sellega.

Deformeerumise koefitsiendi K saame, kui tõelise pikkuse D jagame deformeerunud kaardil mõõdetud sama pikkusega D', s.o.

$$K = \frac{D}{D'}.$$

Näide. Määrata deformeerumise koefitsient K antud 1 : 25 000 kaardi lehe X-telje (lõuna-põhja) sihis.

Ülesande täitmiseks mõõdame sirkliga kaardil X-joonelt, näiteks, viie ruutjaotise pikkuse. Hinnates seda pikkust transversaalmõõdul[1]), saame näit. 19,78 cm = D'. Tõeliselt vastab aga viiele ruutjaotisele 5 km, mis kaardi mõõtkavas on 20 cm = D.

$$K = \frac{20{,}00}{19.78} = 1{,}011.$$

[1]) Pikemaid jooni hinnatakse täpsetel mõõtmistel kaardil varbsirkli ja metalljoonlauale lõigatud transversaalmõõdu abil. Puuduvad aga need abinõud, siis konstrueeritakse harilik transversaalmõõt paberile ning pikkused mõõdetakse kaardilt osade viisi hariliku sirkliga.

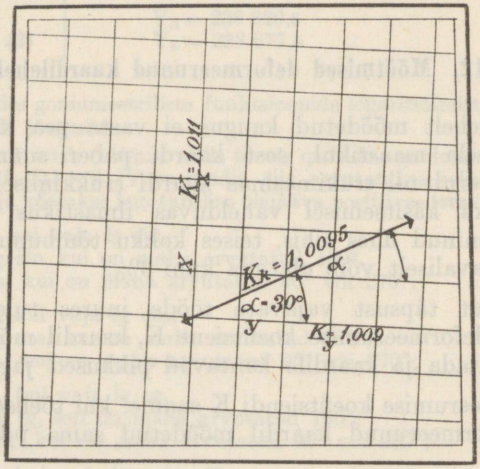
Kui samal kaardilehel X-ide sihis mõõdetud kahe punkti kaugus teineteisest on 3 345 m, siis nende tõeline kaugus on

$$3\,345 \text{ m} \times 1{,}011 = 3\,382 \text{ m}.$$

Kui sellele kaardilehele on vaja kanda X-ide sihis mõnda pikkust, näit. 3 382 m, siis kaardil oleks see

$$\frac{3\,382 \text{ m}}{1{,}011} = 3\,345 \text{ m}.$$

Samal viisil määrame ka kaardilehele deformatsiooni koefitsiendi K_Y. Vajame aga deformatsiooni koefitsienti (K_k) mõnes



Joon. 94.

teises antud joone sihis, siis selle arvutamiseks on küllalt täpne praktiline valem

$$K_k \approx K_y + (K_x - K_y) \cdot \sin^2 \alpha,$$

milles K_x ja K_y on määratud deformatsiooni koefitsiendid kaardilehe X ja Y sihis, α on antud joone ja Y-joone vaheline nurk kaardil (joon. 94).

Näide. Deformatsiooni koefitsient antud kaardilehel X ja Y sihis on:

$$K_x = 1{,}011$$
$$K_y = 1{,}009,$$

määrata K_k sihile, mis moodustab Y-joonega 30° nurga.

$$K_k = 1{,}009 + (1{,}011 - 1{,}009) \cdot 0{,}5^2 = 1{,}0095.$$

Deformeerunud kaardilehel võib hinnata ka pikkusi sama kaardilehe koordinaatruudustiku ruudu külgedel, mis koos kaardi teiste joontega on loomulikult moonutatud samal määral.

Kaardilehe deformeerumise vältimiseks ja tema vastupidavaks tegemiseks niiskusele immutatakse kaarti 21,26 g parafiini ja 1,13 *l* bensiini lahuses.

Kaardilehte võitakse pehme käsnaga või pintsliga rikkalikult selle lahusega, lastakse siis hästi kuivada, mille järele kõrvaldatakse kaardile sadestunud õhuke parafiinikord eetrise käsnaga. Lõpuks kaardileht puuderdatakse tublisti süsihapu magneesiaga (magneesium-karbonaat).

Nõnda ettevalmistatud kaardileht või kaardistamiseks kasutatav paber ei deformeeru ja on vastupidav niiskusele.

B. Sõjaliste maastikujooniste valmistamine.

1. Üldist.

Tänapäeva komplitseeritud sõjapidamises omavad sõjalised maastikujoonised (krokii, skeem, perspektiivid, aerofoto jne.) kasvavat tähtsust vägede juhtimisel; nad on õigel rakendamisel paljudel juhtudel kirjalikkude ja sõnaliste käskude ja ettekannete asendajaiks ja täiendajaiks. Maastikujoonis aitab säästa aega, sest selle valmistamine nõuab vähem aega ja on sealjuures märksa hõlpsamini mõistetav kui vastavasisulised sõnalised ja kirjalikud väljendused. Graafiline märkimisviis peab aitama luua vägede juhtimiseks vajalist lühikest ja tabavat keelt. Vastavalt neile nõudeile igasugune maastikujoonis peab olema **otstarbekohane, usaldusväärne, selge ja arusaadav.**

Maastikujoonise täpsus ja täiuslikkus oleneb eesmärgist, milleks seda koostatakse, oludest, milles selle koostamine toimub ja koostamiseks kasutada olevast ajast. Mõningail juhtudel on küllalt mõnest üksikust joonekesest, et anda juhile õige kujutlus oma üksuse kriitilisest olukorrast lahingus või et anda teateid vastase tegevusest. Kui on aga vajalik, näiteks, valmistada tulekaarti, kirjeldada ühendusteid tundmatul vaenulisel maa-alal, teostada maastiku topograafilist ettevalmistust pealetungiks või kaitseks, muretseda andmeid kaartide uuendamiseks jne.,

siis tuleb muidugi hinnata, määrata koht ja piltlikult kujutada ka muidu tähtsusetuid esemeid ja uurida täpselt nende kontuure.

Eesmärgist sõltuvalt peab maastikujoonis selgitama ainult teatud ülesannet, ta peab sisaldama suurima selgusega ainult seda, mis vajalik eesmärgi saavutamiseks. Kõik muu, mis tähtsuseta taoteldava eesmärgi suhtes ja mis võib ainult segada, jäetakse ära ka siis, kui olekski aega selle fikseerimiseks. Peatingimuseks on ka kõige kiiremini ja kõige täbaramas olukorras valmistatud maastikujoonise juures selle tõelisus, usaldusväärsus ja õigeaegsus. Kõik ebakindel ja oletatav tuleb sellisena ka joonisele märkida. Usaldusväärsuse puudumine ei tee joonist mitte ainult väärtusetuks, vaid võib tuua koguni kahju.

Iga maastikujoonise koostaja on vastutav oma töö tõelisuse eest, samuti nagu ta kannab vastutust antud käsu või ettekande eest, mistõttu joonis tuleb varustada koostaja allkirjaga, koostamiskoha nimetusega, kuupäevaga ja kellaajaga samuti kui iga teinegi kirjalik käsk või ettekanne.

Tähtis pole niivõrd joonestuslik külg, kuivõrd oskus tõsta esile ja eraldada paljudest maastiku- ja tegevustikuelementidest seda, millel on tähtsust antud olukorras. Ebaselge joonestus pole tingitud ainult halvast joonestamisoskusest, vaid teatud määral ka oskuse puudumisest mõelda selgelt ja kujutada edasiantavat ülevaatlikult. Sellepärast ühendatagu joonestusharjutused alati teatud taktikalise ülesandega ning pearõhk olgu suunatud oskusele:

— noppida välja kirevast maastikupildist ja tegevustikust ainult seda, mis on antud ülesandeks või olukorras vajalik ja tähtis;

— märkida kõik tarvilik paberile graafiliselt piltlikus järjekorras lihtsalt ja selgelt.

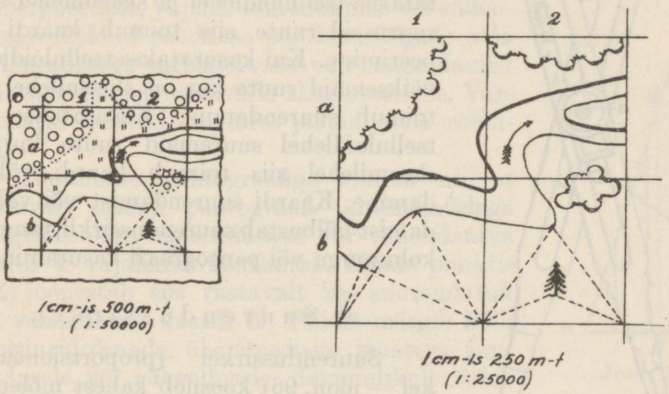
Jõuda oskuseni — anda olukorrast ja ümbrusest lihtsate abinõudega väheste joonte varal v i s a n d l i k kujutis — peab suutma igaüks, kuna eriteadlaste poolt valmistatud meie ajakohane kaardimaterjal rahuldab täielikult vägede nõudeid t ä p s e maastikukujutamise suhtes.

2. Kaartide kopeerimine, suurendamine ja vähendamine.

Kõigile nõuetele vastava puhtakujulise krokii ja perspektiivi valmistamine nõuab aega ja võrdlemisi suurt vilumust, kuid harilikult vajatakse selliseid täpsemaid maastikujooniseid vaid erijuh-

tumeil ja eriotstarbeiks. Vägede juhtimisel ja lahinguliste ülesannete täitmisel kasutatakse sagedamini perspektiivjoonestamis- ja krokeerimisvõtete abil kaardi alusel loodud lihtsamaid, kiiresti valmistatavaid sõjalisi maastikujooniseid nn. skeeme ja skitse, millede valmistamiseks tuleb antud kaardileht või tema osa kas kopeerida, suurendada või vähendada.

Lihtsamaid kopeerimisviise on läbijoonestamine kas läbipaistvale paberile (näit. vahapaberile) või kopeerpaberi abil mõnele teisele paberile.

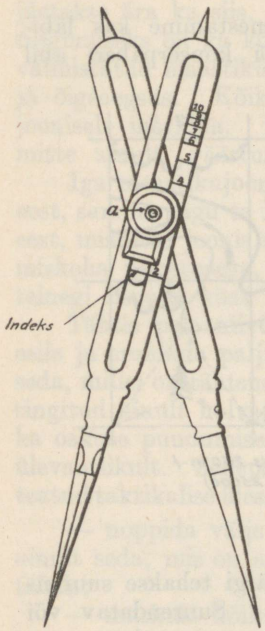


Joon. 95.

Suurendamisi ja vähendamisi kaardi järgi tehakse suurendusvõrgu (ruudustikvõrgu) abil (joon. 95). Suurendatav või vähendatav kaardileht või tema osa ja vastav joonestuspaber kaetakse vajalikus suurusvahekorras ruutudega. Nende ruutude abil kantakse üle kõigepealt kaardi põhijoonis, milleks annavad tuge vastavate ruudukülgede ja kontuuride lõikepunktid. Ülekandmist alustatakse teedevõrguga, edasi joonestatakse veed, asulad ja piirid ning lõpuks taimkate, pinnas ja pinnavormid niivõrd, kui see on tingitud ülesandest, milleks suurendust või vähendust valmistatakse. Kui vajatakse täpsemat suurendust või vähendust, tuleb teha ülekandmisi ruutude siseossa suurendussirkli (joon. 96) või tangenskolmnurga (joon. 97) abil, skeemilisteks otstarveteks aga silma järgi.

Sõjaväelase varustisse kuuluva kaarditasku välist külge katab harilikult ruutudega kaetud läbipaistev tselluloidleht.

Lehe alla asetatakse tegevusrajooni kaardileht. Kui on kasutada välikirjavahetuseplokk, mille lehed samuti kaetud ruutudega, siis vajaliku kaardi osa kopeerimine, suurendamine või vähendamine ei vaja mingisuguseid eeltöid ja on läbiviidav igas olukorras vähese ajakuluga. Kaardilt kantakse vajalikud kontuurid läbi tselluloidlehe ruutude skeemilehe vastavaisse ruutudesse silma järgi viisil, nagu selgitatud eespool.



Joon. 96.

Kui kontuuride ülekandmiseks kasutatakse tselluloidlehel ja skeemilehel ühesuuruseid ruute, siis toimub kaardi kopeerimine. Kui kasutatakse tselluloidlehel väiksemaid ruute kui on skeemilehel, siis toimub suurendamine. Kasutatakse aga tselluloidlehel suuremaid ruute kui on skeemilehel, siis toimub kaardi vähendamine. Kaardi suurendamist või vähendamist hõlbustab suurendussirkli, tangenskolmnurga või pantograafi kasutamine.

a) Suurendussirkel.

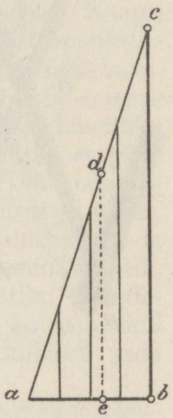
Suurendussirkel (proportsionaalsirkel — joon. 96) koosneb kahest mõlemast otsast teritatud sirklijalast. Jalgade pöörlemistelg a on tellitav. Kui telg on jalgade keskmes, siis näitavad sirkli mõlemad avatud pooled ühesugust pikkust. Asetame pöörlemistelje indekskriipsu kohastikku jalgadele märgitud kriipsuga 2, siis näitab sirkli pikem pool 2 korda pikemat kaugust kui lühem, asetame indeksi kohastikku kriipsuga 4, siis 4 korda pikemat kaugust, kriipsuga 5, siis 5 korda jne.

b) Tangenskolmnurk.

Tangenskolmnurk (proportsionaalmõõt — joon. 97) valmistatakse vastavalt nõutavale suurendus- või vähendusvahekorrale. Kui näiteks tahame tangenskolmnurga abil suurendada kolm korda, peame valmistama täisnurkse kolmnurga kaatetite vahekorraga 1 : 3. Suurendamiseks määratud kaardilt hariliku sirkliga võetud pikkus ab on siis suurendusel bc, ae on ed jne.

c) Pantograaf.

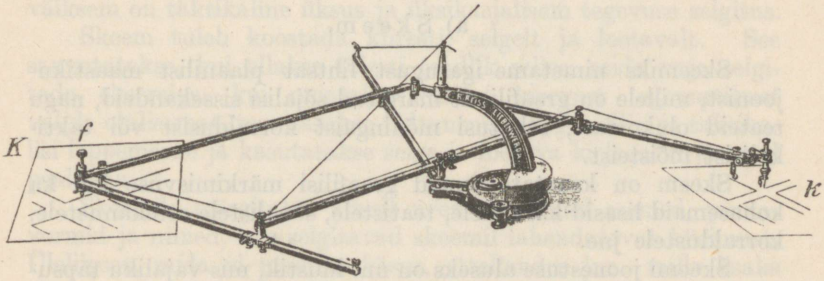
Tõhusamaid abinõusid kaartide suurendamiseks ja vähendamiseks on pantograaf (joon. 98). Lihtsamal kujul koosneb ta paarikaupa ristakuti asetatud neljast skaalaga varustatud sirgest varvast (joon. 99). Nende ühenduste kinnituspunkti P (poolus) võib pöörlevalt ühendada joonestuslauaga. Suurendamisel pistetakse punkti Z juhtnõel ja punkti F pliiats, vähendamise korral talitatakse ümberpöördult. Vajalik suurendamis- või vähendamisvahekord saadakse pöörlemistelgede a ja b nihutamisega varbadel vastavalt suurendamist või vähendamist näitavaile skaalajaotisile. Varvapaarid peavad seejuures jääma alati rööbikuiks.



Joon. 97.

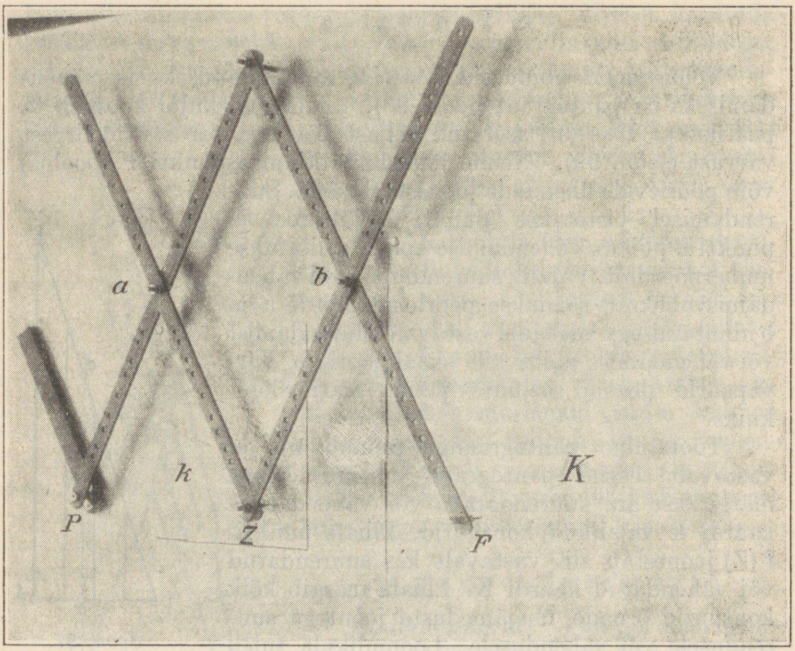
Töötamine pantograafiga toimub nii, et vastavalt seatud pantograafi juhtimisnõelaga märgitakse ära suurendatava või vähendatava kaardi k vajalikud kontuurid. Pliiats punktis f (Z) joonestab siis vastavalt kas suurendatud või vähendatud kaardi K. Pliiats märgib kõik kontuurid õrnade, ühejämeduste joontega suurendusele või vähendusele. Loomulikult tuleb jooned pärast siluda vastavalt leppemärkidele.

Kaarte suurendades tuleb arvestada seda, et kaardil leiduvad ebatäpsused suurenevad vastavalt suurendamisvahekorrale,



Joon. 98.

kuna küllaldase vähendamise juures ebatäpsused muutuvad märkamatuiks.



Joon. 99.

3. Skeem, kaardiskits ja kalkajooonis.

a) Skeem.

Skeemiks nimetame igasugust lihtsat plaanilist maastikujoonist, millele on graafiliselt märgitud sõjalisi sissekandeid, nagu teateid olukorrast, selgitusi mõningaist korraldusist või taktikalisist mõisteist.

Skeem on kasutatavamaid graafilisi märkimisviise kui ka kohasemaid lisasid käskudele, teatistele, sõnalistele ettekannetele, korraldustele jne.

Skeemi joonestuse aluseks on nn. luustik, mis vajaliku täpsusega ja soovitud mõõtkavas kantakse üle vastavalt kaardilt skeemilehele. Luustik koosneb teede- ja vetevõrgust, asulaist ja üldse neist kaardilt võetud kontuurest, mis omavad tähtsust vajaliku skeemi koostamisel ja orienteerimisel.

Luustiku ülekandmist skeemile toimetatakse eespool-kirjeldatud kaardi kopeerimise, suurendamise või vähendamise viisil. Mõningais olukorris tuleb luustik kaardilt kanda skeemile silma järgi. Niisugusel korral joonestatakse kaardilt paberi äärtele skeemistatava rajooni neli äärmist (ilmakaarte järgi) kontuuri. Nende nelja luustikutoetuspunkti ülekandmisel tuleb hoida alal nende kauguste vahekord ja suhteline asetus, kasutades seejuures mõõtmiseks pliiatsit, tikku, pabeririba, nööri jne. Kaardi mõõdus või suurendatud või vähendatud mõõdus toetuspunktide ülekandmisega kaardilt antakse skeemile soovitud mõõtkava. Vahepealsete kontuuride joonestamine kaardilt skeemile toimub nende nelja toetuspunkti suhtes silma järgi. Skeemi luustikku võib koostada ka aerofotode järgi, kasutades selleks eespool-kirjeldatud kaardi kopeerimis-, suurendamis- või vähendamisviise. Peamisi nõudeid luustiku joonestamisel on kiirus ja selgus.

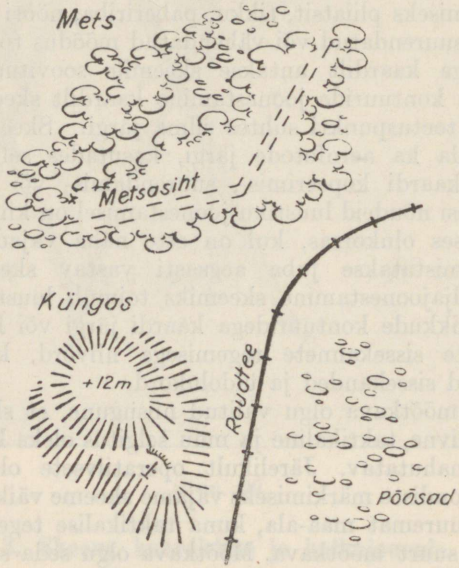
Igasuguses olukorras, kui on ette näha vajadus koostada skeemi, valmistatakse juba aegsasti vastav skeemi luustik. Luustiku väljajoonestamine skeemiks toimub luustiku täiendamisega vajalikkude kontuuridega kaardi järgi või ka maastikul ühes sõjaliste sissekannete tegemisega niivõrd, kuivõrd seda tingivad need sissekanded ja üldolukord.

Skeemi mõõtkava olgu valitud niisugune, et skeemil käsitletav operatiivne, taktikaline ja muu selgitus oleks küllalt loetav ja täpselt mahutatav. Järelikult operatiivsete olukordade ja suurte väekoondiste märkimiseks vajame skeeme väiksemas mõõtkavas, s.o. suuremat maa-ala, kuna taktikalise tegevuse selgitamine nõuab suurt mõõtkava. Mõõtkava olgu seda suurem, mida väiksem on taktikaline üksus ja üksikasjalisem tegevuse selgitus.

Skeem tuleb koostada kiiresti, selgelt ja loetavalt. See saavutatakse, kui ollakse täiesti teadlik selles, mida vaja selgitada skeemiga, kui omatakse oskust kirevast tegevustikust valida olulisemat, tarvitatakse üldtuntud topograafilisi ja taktikalisi leppemärke ja kasutatakse selge ja loetava kirjaga kirjutatud pealkirju.

Skeemile märgitakse ainult need kohalikud esemed, pinnavormid ja nimed, mis selgitavad skeemil lahendatavat küsimust. Üleliigset, mida ei mainita käsus, ettekandes jne., mille lisaks skeem on määratud, pole vaja skeemile kanda, sest see ainult segab skeemi lugemist. Teed, jõed ja muud pikemad kontuurid märgitakse skeemile üldjoontes, jättes vahele väiksemad käänakud, mis antud olukorras on harilikult tähtsusetud.

Asulad märgitakse skeemile nende välise piirjoonega seest viirutatult. Vajaduse korral eraldatakse vaid orienteerimist soodustavad ehitised. Asulate ja elamute nimed kirjutatakse neid tähistavatest leppemärkidest paremale. Mets ja põõsastik tähistatakse joon. 100 toodud leppemärgiga juhul, kui topograafiline leppemärk osutub segavaks.



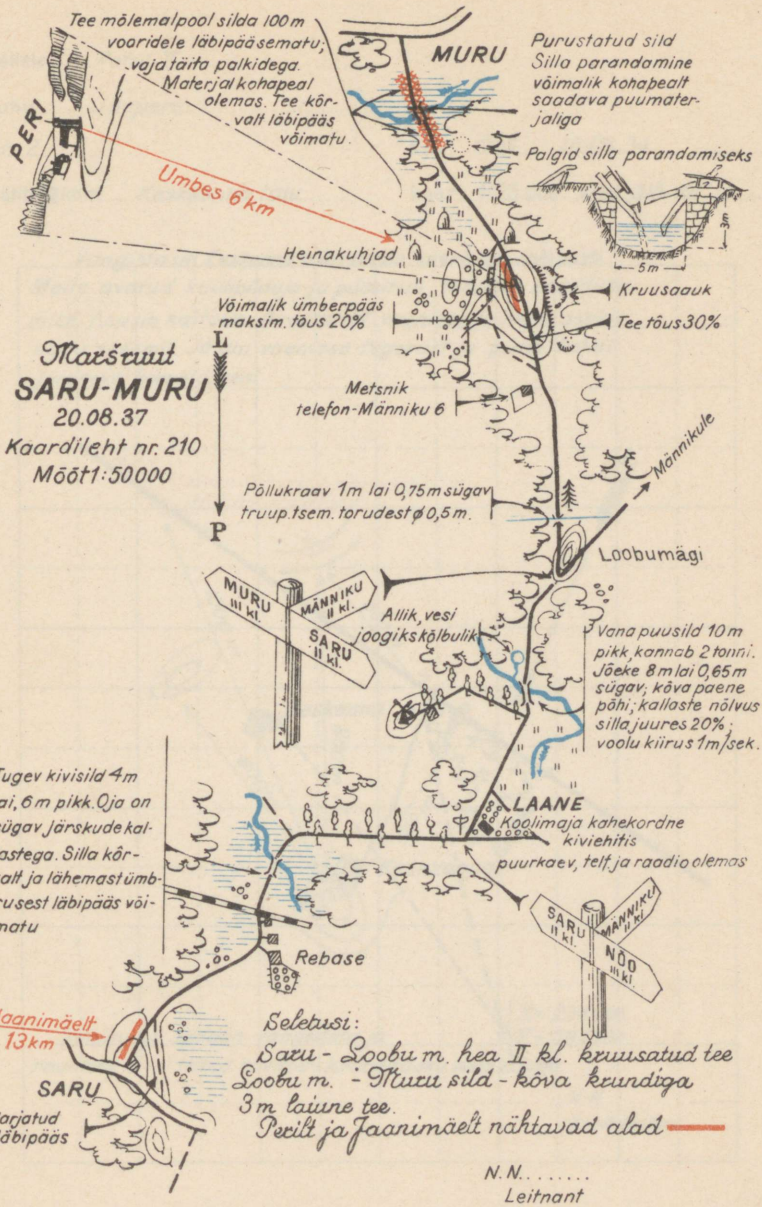
Joon. 100.

Skeemidel ja skitsidel tarvitatavaid leppemärke.

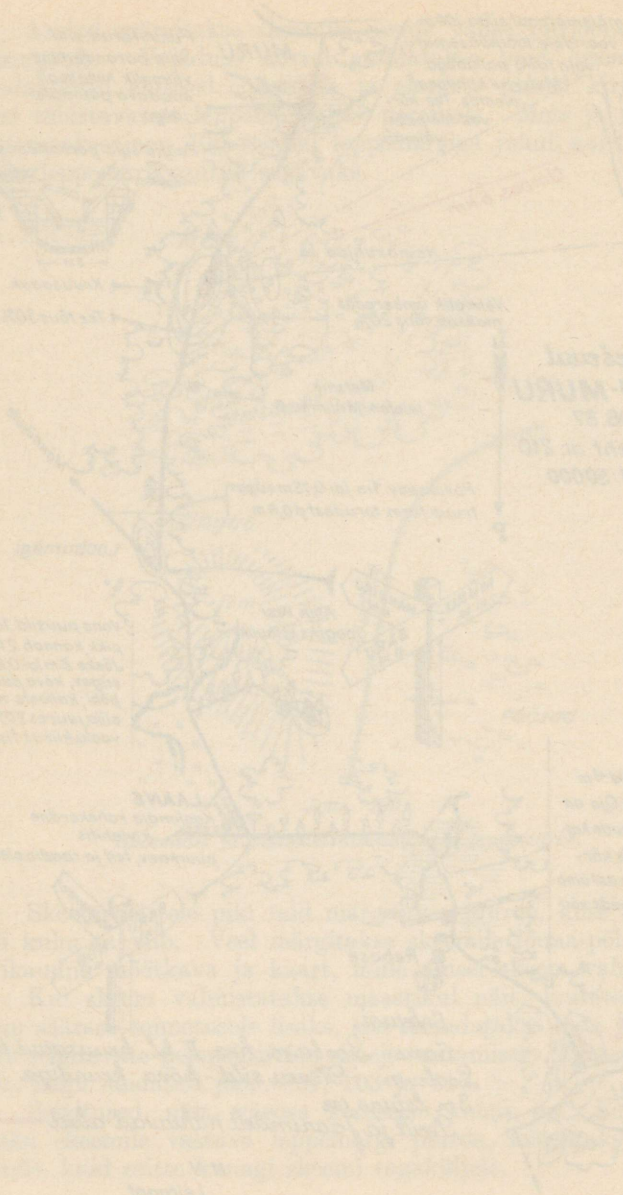
Skeemi äärtele piki teid märgitakse juurde, kust tee tuleb või kuhu ta viib. Veel märgitakse skeemile lõuna-põhjasuund, ligikaudne mõõtkava ja kaart, mille alusel skeem valmistatud.

Kui skeem valmistatakse maastikul näit. luureteatise või muu säärase toimetusele lisaks, siis täiendatakse seda kohapealsete selgitavate perspektiivide sissejoonistamisega ülesande kohaselt, nagu näidatud joon. 101, 103 ja 110.

Selgitused, näit. väeosa koosseisu kohta jne., kui nad ei mahu skeemile vastava leppemärgi juurde, märgitakse skeemi äärele, kuid mitte kunagi skeemi tagaküljele.



Joon. 101. Teeluureskeem.



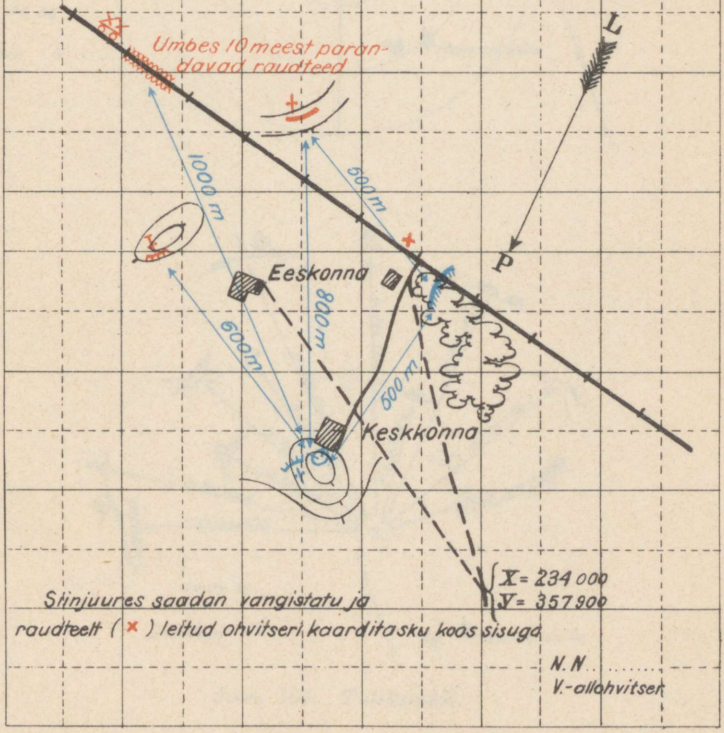
Kellele ..... *Patül II* .....

Kuhu ..... *Jõepere* .....

Nr. *2* ..... kell *1705* ..... *10.08.34* .....

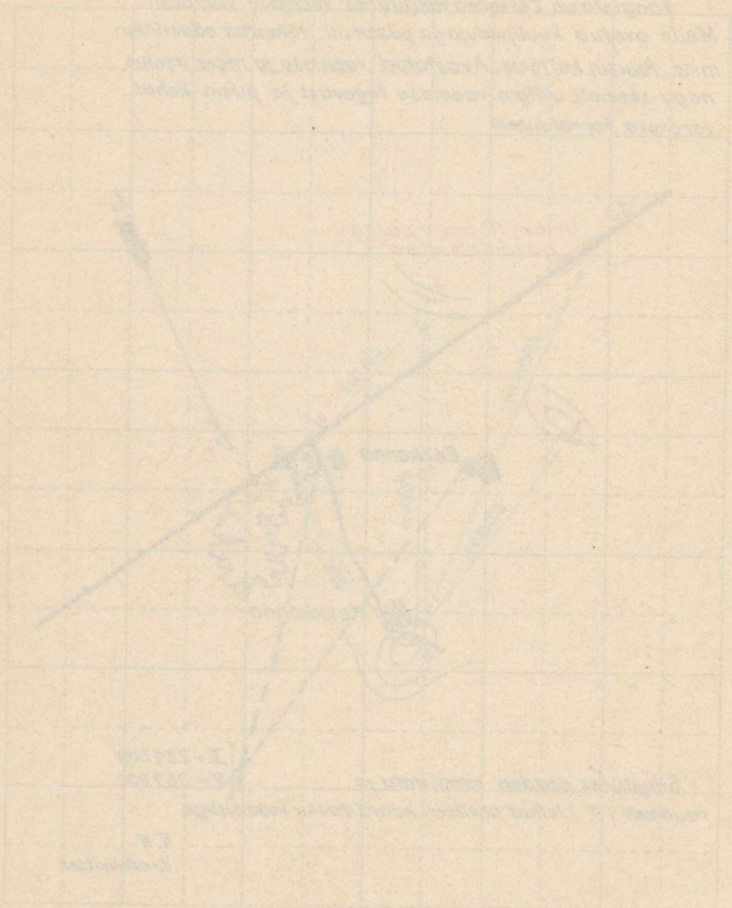
Lähte[illegible] koht .... *Keskkonna talu* ..... kaart *1:25 000* *leht „315-Ka"* .....

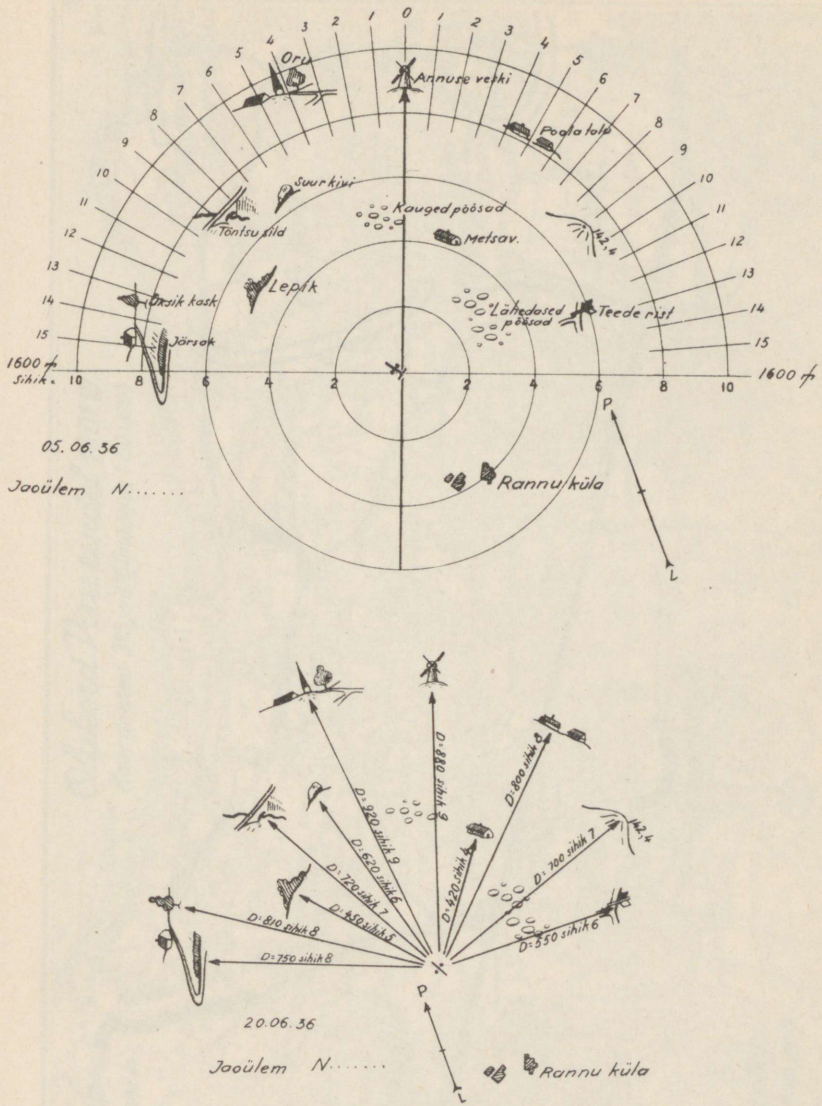
Vangistasin Eeskonna talujuures vaenlase vahiposti. Meile avatud kuulipilduja- ja püssituli tõkestas edasiliikumise. Asusin kaitsele. Avastatud vaenlase ja meie asetus nagu skeemil. Jälgin vaenlase tegevust ja püsin kohal järgneva korralduseni.



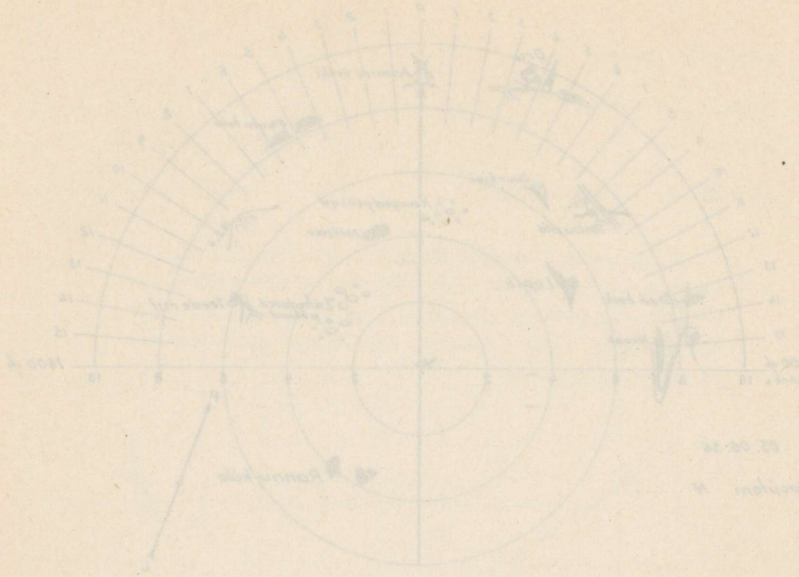
Sihtjuures saadan vangistatu ja raudteelt (×) leitud ohvitseri kaardikasku koos sisuga.

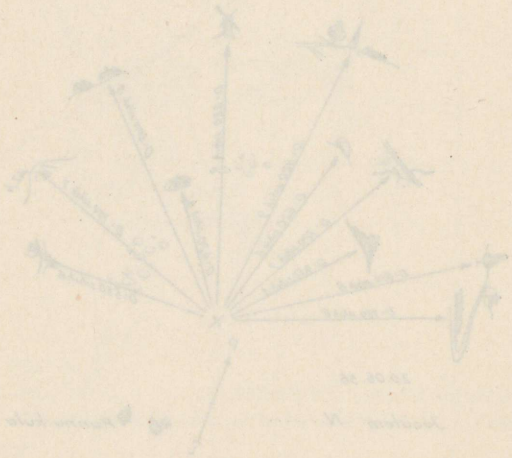
Joon. 102. Luureteatis.

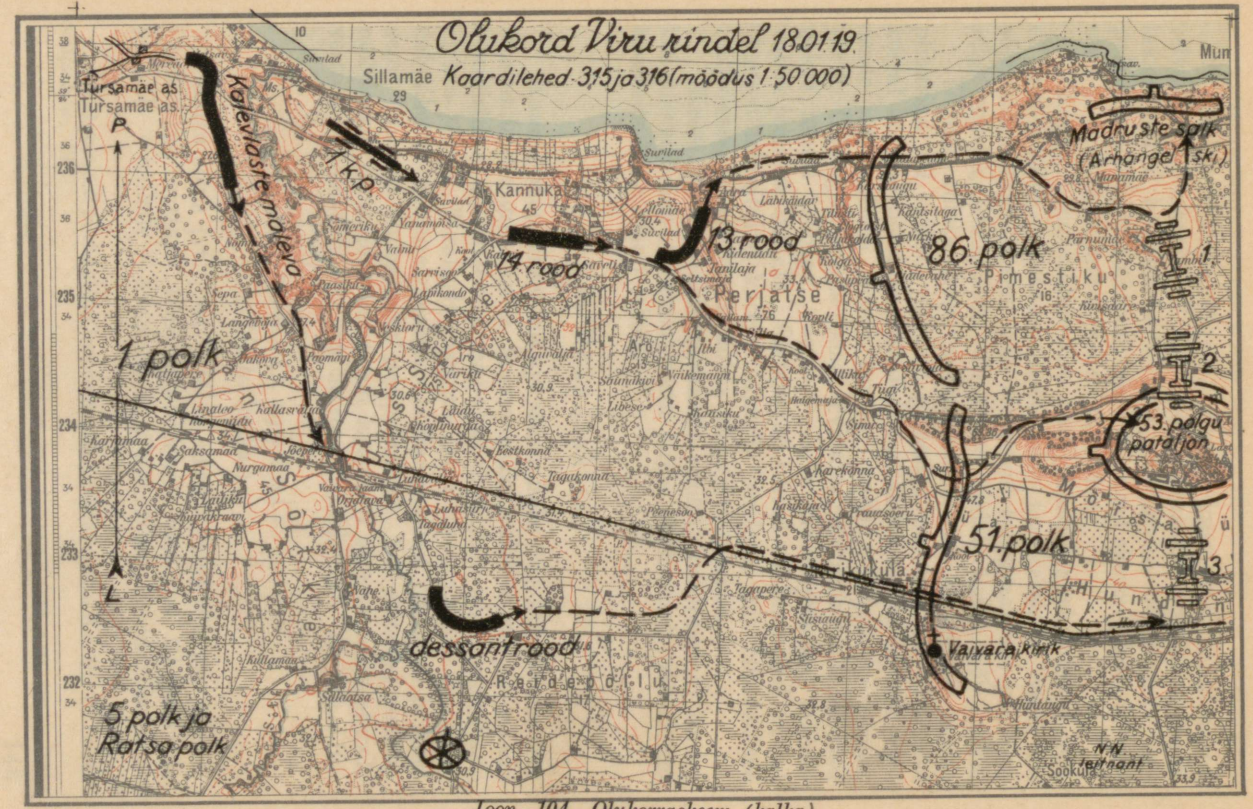




Joon. 103. Tulekaardid.







Joon. 104. Olukorraskeem (kalka).

Oblačna Mesta nivoja 18013
Koordinirano 3315 jo 3316 mesta 1:50 000)
Moderna stolpnica
(Arhitekt)
1. blok
2. blok
3. blok
4. blok
5. blok
6. blok
Turistična pot
Kolesarska steza
Kolesarska steza
Vzpenjača
Vzpenjača
Vzpenjača


Sillamäe
29
Tursamäe as.
Kannuka
45
Perjatse
Pimestiku
Kirikukula
Raadevälja
Vaivara kirik
Sookula
Mäetaguse
Jõesuu
Mõisaküla
Hundi
Haava
Kaasiküla
Kallastaguse
Kallastaguse
Kallastaguse

Oma ja vastase vägede, tõkete, kaevikute, kindlustiste, relvade jne., märkimisel skeemile kasutatakse ametlikult kindlaksmääratud leppemärke.[1]) Kui tarvitatakse leppemärke, mis pole ametlikult ette nähtud, siis tuleb need skeemi äärele joonestada ja kirjutada juurde nende tähendus.

Skeemi topograafiline sisu peab jääma tagaplaanile ja seda ei tohi rohkete tugevate värvitoonide tarvitamisega tõsta üle sõjalisest sisust. Skeem pole määratud topograafiliste peenuste selgitamiseks, kuna seda ülesannet täidab kaart või krokii.

Üldiselt tuleks skeemi topograafiline sisu joonestada musta pliiatsiga või tušiga, värvilise pliiatsiga tehtagu aga võimaluse korral kõik sõjalised sissekanded, tarvitades seejuures oma väeosade märkimiseks sinist, vastase osade märkimiseks punast värvi. Ühesugust musta tooni tarvitades märgitakse oma väeosad paksu musta joonega, vastase — kahe peene joonega, millede vahed jäetakse tühjaks. Oletatavad teated või liikumisel olevad üksused märgitakse katkendlikkude joontega, mis muudetakse täisjoonteks pärast nende kohta tõenduste saamist.

Skeem joonestatakse tavaliselt välikirjavahetusploki lehele, kui pole vajadust suurema kausta järgi. Erakordselt võib skeem koosneda ka mitmest lehest.

b) Kaardiskits.

Kaardi puudumisel või aja säästmiseks eriti luureteenistuses luureandmete graafiliseks kujutamiseks tuleb tihti joonestada kaardiskitse ümbritsevast maa-alast (harilikult ühest asukohast) silma järgi. Tavaliselt niisuguse skitsi topograafiline sisu koosneb lähema ümbruse maastiku horisontaalsest visandist ja kaugema ümbruse olulisemaist perspektiivest. Neil skitsidel puudub mõõtkava; silma järgi hinnatud kaugused tähendatakse skitsile vastava vahemaa juurde (vt. luureteatis, tulekaart ja joon. 110).

c) Kalkajoonis.
(Lüh. kalka.)

Kalkajoonis (vt. joon. 104) on skeem, mille sõjaline sisu on joonestatud vastava koha kaardilehele asetatud läbipaistvale paberile — kalkale — kaardilehelt läbipaistvate kontuuride järgi.

[1]) Juhendid taktikaliste leppemärkide kasutamiseks. Kv. St. VI Osak. väljaanne, 1930.

Seega kalkajoonis on kasutatav ainult koos vastava kaardilehega, mispärast kalka orienteerimiseks kaardilehel märgitakse kalkale vähemalt kaks kaardilehega ühist kontuuri (teederist, triangulatsioonipunkt jne.), kaardilehe nimetus ja mõõtkava. Kalkajoonis varustatakse sisukohase pealkirjaga ja koostaja allkirjaga nagu iga teinegi skeem.

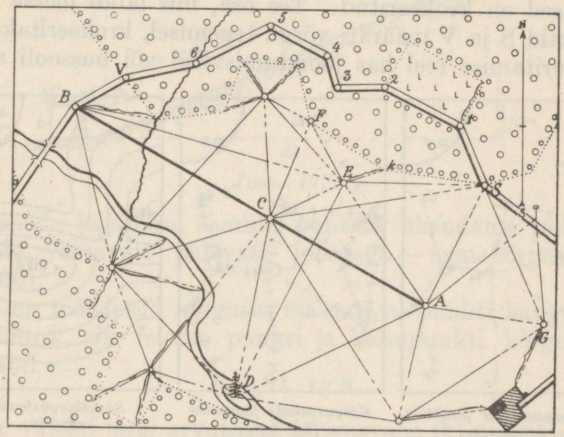
Kalkajoonis leiab kasutamist igal juhul, kui on teada, et asjaosalised omavad ühiseid kaardilehti ja kasutatava kaardi mõõtkava võimaldab loetavalt märkida vajalikke peenusi kalkale.

4. Krokii.

Krokii on käepäraste abinõudega võimalikult täpselt ja mõõtkavatruult valmistatud väiksema maa-ala *plaaniline ülesvõte*. Säärane ülesvõte tehakse sõjalisteks, sõjatehnilisteks ja teaduslikeks (geograafilisteks, geoloogilisteks, arheoloogilisteks) otstarveteks, kui vajatakse antud kohast detailsemat graafilist kujutust suuremas mõõdus, kui seda on vastav kaart. Maastik kantakse paberile võimalikult lihtsamate abinõudega, ammutades kaardilt mõningaid toetuspunkte suurendatud teedevõrgu, kõrgusvõrgu jne. näol. Krokii valmistatakse lihtmensulil, kaugused hinnatakse kas samm-mõõdus või kasutades optilisi kaugusmõõtjaid (näit. harilikku või käärpikksilma). Horisontaalnurgad kantakse joonisele kas viseerimisjoonlaua abil otsekohe või mõõtes neid bussooliga; kõrgused määratakse kas diopterjoonlauaga (alidaada, joon. 66) või hinnatakse lihtsate, kuid küllalt tõhusate praktiliste võtetega. Krokii joonestamisel kasutatakse kaardileppemärke. Värvilise pliiatsi kasutamine (teed pruunid, veed sinised, metsad rohelised) tõstab märksa krokii piltlikkust.

Krokeerimise aluse saamiseks mõõdetakse sammudega või muul teel tavaliselt krokeeritava maa-ala keskel tasasel lagedal kohal võimalikult pikem sirge maastikujoon, nn. *baas*. Joone otsapunktid A ja B (joon. 105), samuti joone keskel head ülevaadet pakkuval kohal punkt C märgitakse maastikul tähistega (latid lipukestega, vaiad j.m.). Need alusjoone punktid A, B ja C kantakse soovitud mõõtkavas (näit. 1 : 5 000) mensulilauale kinnitatud paberi keskele tõmmatud sirgele joonele. Nüüd asetatakse diopterjoonlaud paberile kantud põhijoonele ja laud pööratakse selle joone suunda maastikul (orienteerimine maastikujoone järgi). Kui kaart on orienteeritud, määratakse bussooli

abil magnetimeridiaani suund, märgitakse see joonise äärele, viseeritakse mensulilt diopterjoonlauaga läbi punkti a valitud maastikupunktidele D, E, G jne., mis vajaduse korral tehtud nähtavaks tähistega, ja tõmmatakse nende viseerimisjooned joonisele. Samasugused mensuli orienteerimised ja viseerimised maastikupunktidele C, D, E, G jne. sooritatakse ka alusjoone teistes punktides (C ja B)[1]).



Joon. 105.

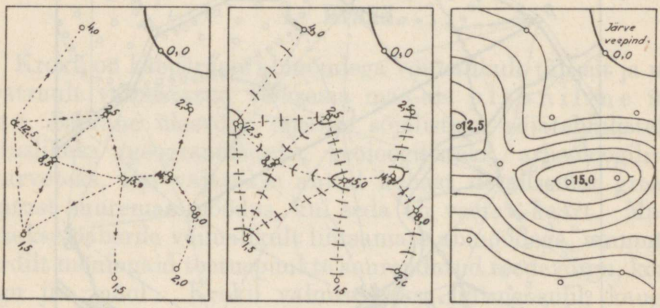
Nii määratud esimestest toetuspunktidest tehakse uusi määramisi otse- ja vastulõigetega, kuni on saadud küllaldane arv toetuspunkte, millede alusel tähistatud maa-ala krokeeritakse võimalikult tõetruult paberile kujundatud võrgu sisse.

Krokeerimine algab sellest, et asutakse järjekorras kõigile määratud toetuspunktidele ja joonestatakse neist nähtav maastikupilt paberile, luues vajadusel toetuspunktide vahele uusi seisupunkte.

Alustame krokeerimisega, näiteks, otselõikega määratud toetuspunktis E. Siin orienteerime mensuli maastikujoone järgi, milleks pakuvad võimalust jooned $\overline{EA}$, $\overline{ED}$, $\overline{EC}$ ja $\overline{EB}$ (magnetiliselt häirimatus alas võib nüüd orienteerimist toimetada ka

[1]) Punktis B korratakse veel magnetimeridiaani määramist sellega, et asetatakse bussool tema lõuna-põhjajoonega punktis A saadud magnetimeridiaani joonele. See määramine magnetiliselt häirimata alas ei tohi märgatavalt erineda esimesest määramisest punktis A. Esineb aga märgatav erinevus, tuleb mensuli orienteerimisel ainult bussooli abil olla ettevaatlik.

bussooli abil, kuid maastikujoone järgi on toiming kiirem). Siin viseerime läbi punkti E metsanurgale k, mõõdame kauguse selleni, kanname selle mõõtkavas krokiile, millega metsanurk on leitud. Metsanurgas panime tähele, et metsaserv suundub sealt sirgelt punktidesse S ja F. Ühendanud omavahel need punktid joonisel, on metsapiir S-st kuni F-ni kantud krokiile. Nii teotsedes, tehakse ringkäik läbi kõigi toetuspunktide, kuni vajalikud kontuurid ja peenused on krokeeritud. Tee osa, mis läbib metsa ja mille otsapunktid S ja V määrati võrgu tegemisel, krokeeritakse vahekäigu sooritamise teel kas joondumisviisil või bussooli abil.



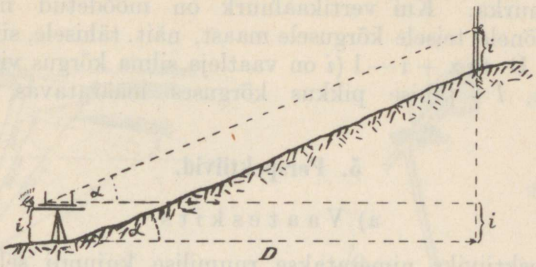
Iseloomustavate punktide märkimine. *Kõrgusvahede jagamine (h = 2 m).* *Samakõrgusjoonte vedamine.*

Joon. 106.

Krokii kõrguste aluseks võetakse olemasolevalt topograafiliselt kaardilt mõne krokeeritavas alas leiduva trigonomeetrilise või geomeetrilise punkti absoluutkõrgus[1]) või määratakse suhtelised kõrgused krokeeritava maa-ala madalaimast punktist (järve või jõe veepind), mille väärtuseks, näiteks, antakse 0, 50, 100 m jne. Lihtsalt ja küllalt tagajärjekalt ühesuguse kõrgusasendiga punktide (samakõrgusjoonte) kindlaksmääramiseks võib kasutada poolenisti veega täidetud klaaspudelit, üle mille veepinna kujuteldav viseerimispind lõikub maastikuvormidega ühel ning selsamal kõrgusel. Kui, näiteks, vaatleja silm üle veepinna viseerimisel oli 2 m kõrgemal lähtekõrgusest, siis viseeritav (määratav) punkt asub samuti 2 m üle lähtekõrguse. Kui asume juba viseeritud

[1]) Rüklikkude loodimistöödega on loodud kõrgusvõrk üle maa. Kõrgusvõrgu punktid on maastikul tähistatud reeperitega (vt. lk. 190), mis müüritud kiviehitiste seintesse (raudteejaamades, kirikutes, ka taluehitistes), sildadesse jne. või asetatud maasse valatud betoonsammastesse. Andmed reeperite kohta on toodud sellekohastes kataloogides.

punktile ja viseerime siit edasi uuele punktile, siis asetseb see uus punkt 2 m + meie silma kõrgus üle lähtekõrguse. Nii astmeviisi üles nivellides, määrame kindlaks pinnavorme iseloomustavad ülemised ja alumised kõrguspunktid. Need ja vahepealsete



Joon. 107.

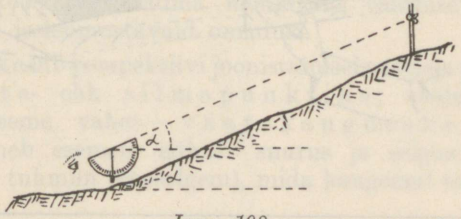
kõrgusvahede jagamisel saadud punktid ühendame pinnavormi iseloomule vastavalt pidevate joontega — samakõrgusjoontega (joon. 106).

Kui on mõõdetud kõrguses määratava punkti kaugus (D) ja maastikunurk, siis leiame punkti ja seisupunkti kõrgusvahe h valemi abil

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Selle valemi järgi arvutatud kõrgusvahe (h) meetrites leiame lisas nr. 7 toodud graafikust vastava nurga α ja kauguse D järgi,

näit. kui kõrguses määratava punkti maastikunurk on $3°30' = \alpha$
ja kaugus punktini on . . . . . 55 m = D,
siis tabelist leitud kõrgusvahe h on . . . . 3,4 m.



Joon. 108.

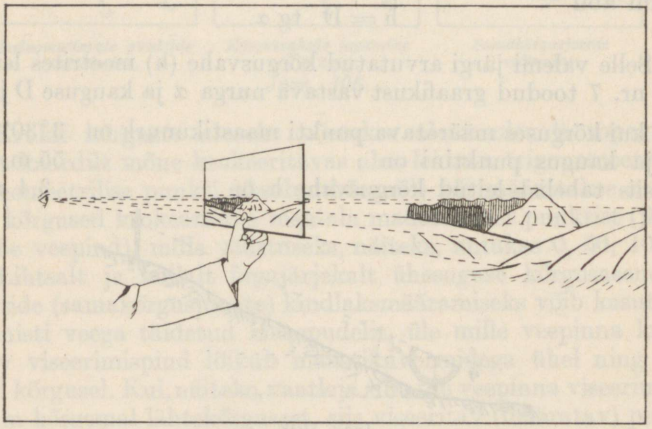
Kui krokeerimisel on kasutada diopterjoonlaud (joon. 107), siis loomulikult tehakse sellega ka maastikunurga mõõtmisi. Neid mõõtmisi võib teha ka kraadidesse jaotatud poolringilise malliga, mille keskmesse kinnitatakse niit rippuva raskusega

(joon. 108). Viseerides seisupunktist vertikaalselt hoitud malli sirget äärt mööda mõõdetavasse punkti samale kõrgusele maast, kui on seda viseerimisel vaatleja silm, näitab malli jaotiste arv vabalt allarippuva niidi ja malli ristjoone (90°) vahel maastikunurka. Kui vertikaalnurk on mõõdetud määratava punkti mõnele teisele kõrgusele maast, näit. tähisele, siis kõrgusvahe $h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - l$ (i on vaatleja silma kõrgus viseerimisel asukohast, l — tähise pikkus kõrguses määratavas punktis).

5. Perspektiivid.

a) Vaateskits.

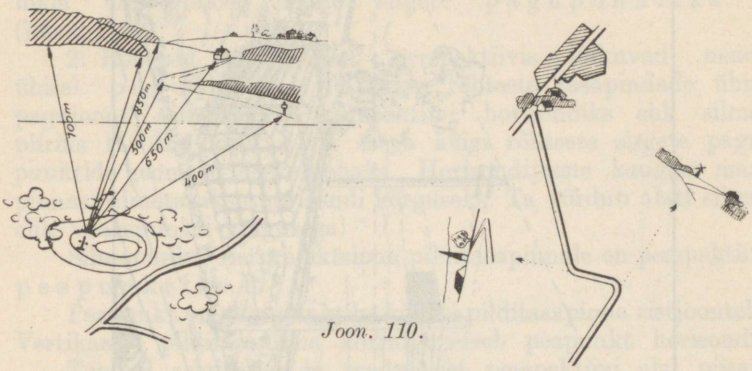
Perspektiiviks nimetatakse ruumilise kujundi sellist tasapinnalist projektsiooni, mille projektivad kiired läbivad üht kindlat punkti — vaatleja silma (foto läätsa). Perspektiiv esitab pildi pinnal kujutatud ruumilist eset (maastikku) nii, nagu teda näeb meie silm vaadeldavast kohast (järelikult kõik fotograafilised ülesvõtted on neil esinevate ruumiliste esemete perspektiivid).



Joon. 109.

Kui kujutada väljasirutatud käe ulatuses vertikaalselt asetatud läbipaistvat klaasi pildipinnana (joon. 109) ning vaadata selle läbi maastikku, siis saabub igalt maastikuesemelt meie

silma kimp vaatluskiiri, mis lõikavad pildipinda. Ühendades pildipinnal kujutist iseloomustavad lõikepunktid, saame lihtsate joonte varal vaadeldavast esemest (maastikust) pildipinnale perspektiivse skitsi (visandi), mida nimetatakse **vaateskitsiks.**



Joon. 110.

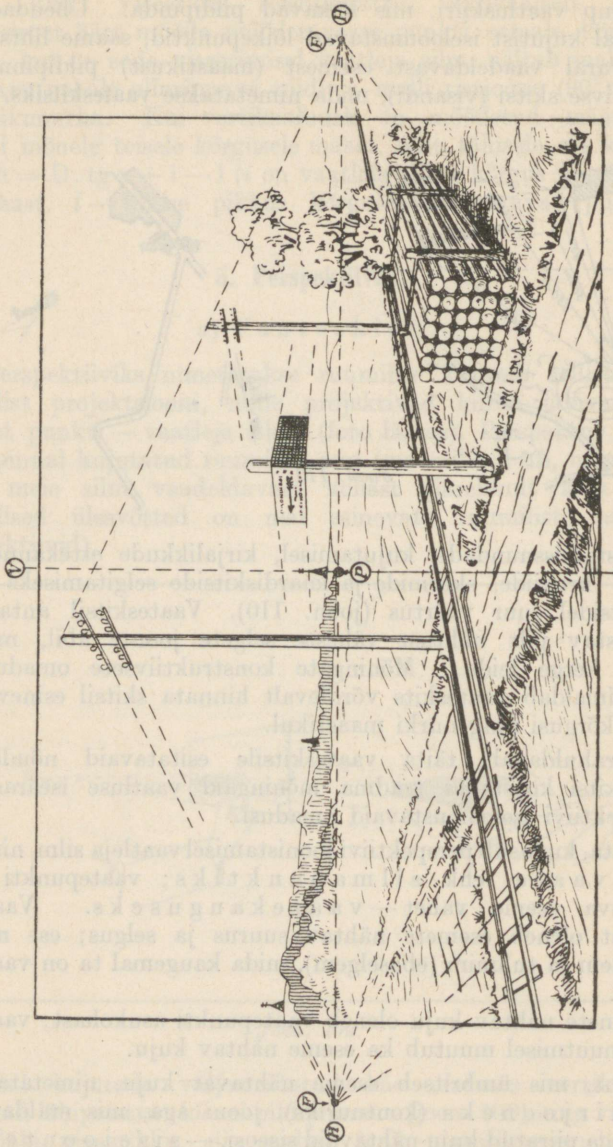
Tulistamissuundade kujutamisel, kirjalikkude ettekannete, kaartide, krokiide, skeemide ja kaardiskitside selgitamiseks on vaateskitsidel suur väärtus (joon. 110). Vaateskitsil antakse iseloomustav pilt nähtust väheste selgete joonte abil, mida looduses kerge leida. Mõningate konstruktiivsete omaduste tõttu võimaldab vaateskits võrdlevalt hinnata skitsil esinevate esemete kõrgusi ning nurki maastikul.

Et rahuldavalt täita vaateskitsile esitatavaid nõudeid, peame skitsi koostades teadma mõningaid vaatluse iseärasusi ja perspektiivi iseloomustavaid omadusi.

Kohta, kus asub perspektiivi joonistamisel vaatleja silm, nimetatakse v a a t e- ehk s i l m a p u n k t i k s; vaatepunkti ja vaadeldava eseme vahet — v a a t e k a u g u s e k s. Vaatekaugusest oleneb esemete nähtav suurus ja selgus; ese näib seda vähem ja tuhmim (ebaselgem), mida kaugemal ta on vaatepunktist.

Esemete nähtav kuju oleneb vaatepunkti asukohast; vaatepunkti muutmisel muutub ka eseme nähtav kuju.

Joont, mis ümbritseb eseme nähtavat kuju, nimetatakse tema p i i r j o o n e k s (kontuuriks), jooni aga, mis eraldavad piirjoonega piiratud kuju nähtavaid siseosi, — s i s e j o o n t e k s.



Joom. III.

Piir- ja sisejoonte abil konstrueerime eseme nähtava kuju vaateskitsile, mispärast perspektiivseadustest on vaja teada peamiselt neid, mis käivad joonte kohta.

1. Kõik omavahel rööpsed sirged (juhul, kui nad ei ole rööpsed pildi tasapinnaga) suunduvad perspektiivis ühte punkti, mida nimetatakse nende sirgete p a g u p u n k t i k s F (joon. 111).

2. Rööpsed tasapinnad perspektiivis lõikuvad nende ühisel p a g u j o o n e l. Kõikide rõhtsete tasapindade ühist pagujoont nimetatakse perspektiivi horisondiks ehk silmapiiriks H—H; horisont on seega kõigi rõhtsete sirgete pagupunktide geomeetriliseks kohaks. Horisondijoone kaugust maapinnast nimetatakse horisondi kõrguseks. Ta võrdub alati silma- ehk vaatepunkti kõrgusega.

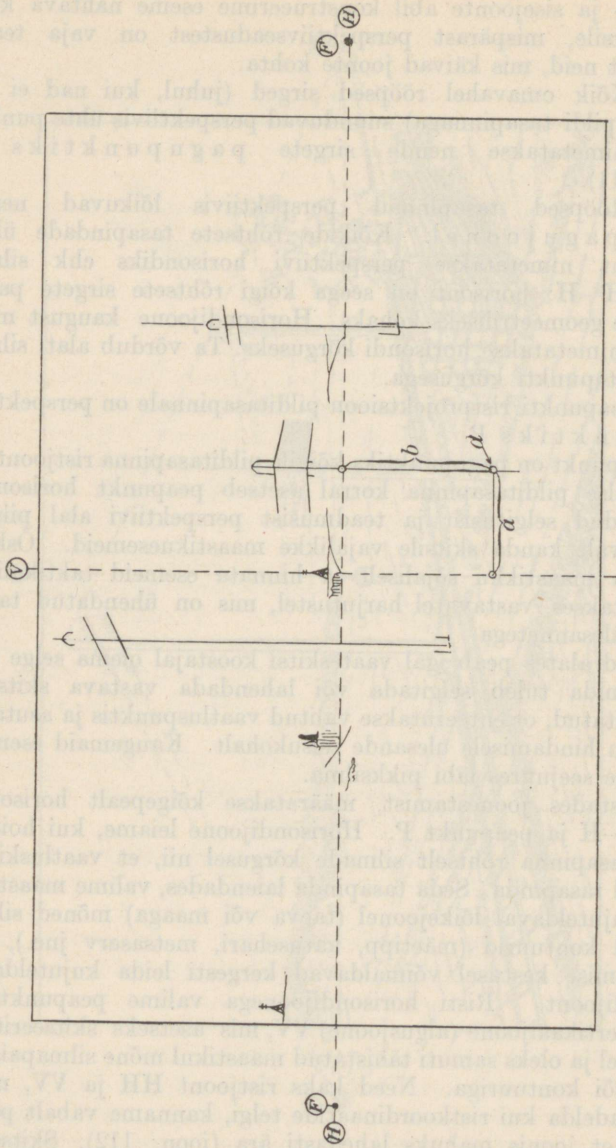
Silmapunkti ristprojektsioon pilditasapinnale on perspektiivi p e a p u n k t i k s P.

Peapunkt on pagupunktiks kõigile pilditasapinna ristjoontele. Vertikaalse pilditasapinna korral asetseb peapunkt horisondil.

Toodud selgitusist ja teadmusist perspektiivi alal piisab, et loetavalt kanda skitsile vajalikke maastikuesemeid. Oskust vaadelda maastikku sõjaliselt ja hinnata esemeid taktikaliselt omandatakses vastavatel harjutustel, mis on ühendatud taktikaliste ülesannetega.

Tööd alates peab igal vaateskitsi koostajal olema selge eesmärk, mida tuleb selgitada või lahendada vastava skitsiga. See selgitatud, orienteerutakse valitud vaatluspunktis ja asutakse maastiku hindamisele ülesande seisukohalt. Kaugemaid esemeid uuritakse seejuures läbi pikksilma.

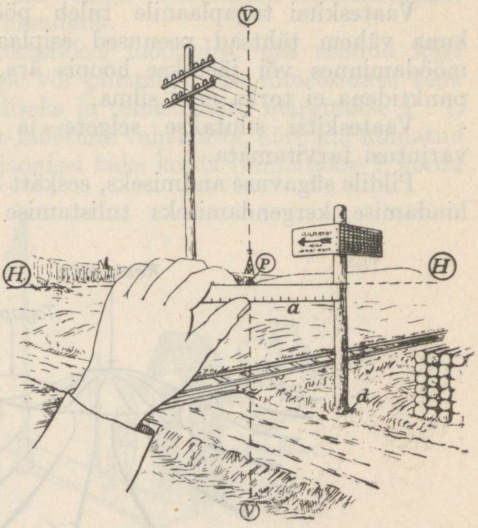
Alustades joonestamist, määratakse kõigepealt horisondijoon H—H ja peapunkt P. Horisondijoone leiame, kui hoiame mingi tasapinna rõhtselt silmade kõrgusel nii, et vaatluskiired riivaksid tasapinda. Seda tasapinda laiendades, valime maastikul tema kujuteldaval lõikejoonel (taeva või maaga) mõned silmapaistvad kontuurid (mäetipp, katusehari, metsaserv jne.), mis joonestamise kestusel võimaldavad kergesti leida kujuteldavat horisondijoont. Risti horisondijoonega valime peapunkti P läbiva vertikaaljoone (algusjoone) VV, mis asetseks skitseeritava ala keskel ja oleks samuti tähistatud maastikul mõne silmapaistva eseme või kontuuriga. Need kaks ristjoont HH ja VV, mida võib vaadelda kui ristkoordinaatide telgi, kanname vabalt paberile nii, et joonis mahuks lahedasti ära (joon. 112). Skitseeri-



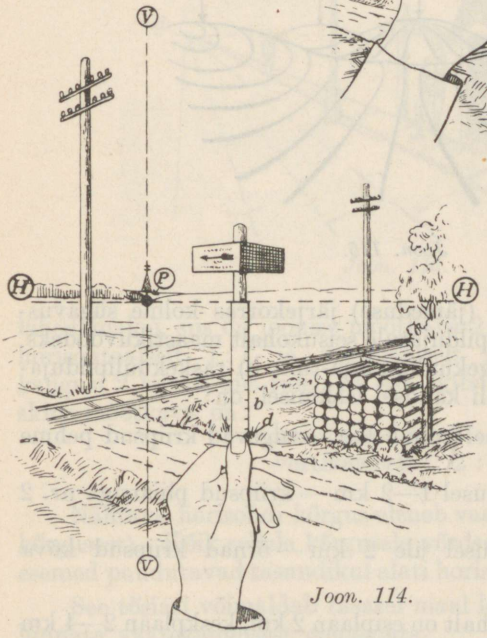
Joon. 112.

tavate esemete asukohtade hindamine maastikul ja ülekandmine kujuteldavalt pilditasapinnalt paberile toimub nende kahe kujuteldava ristjoone (koordinaattelgede) abil, kasutades neid mõõtmiste aluseks (joon. 113 ja 114).

Mõõtmiseks tarvitatakse harilikult mõõtjoonlauda või pliiatsit. Joonlaud (pliiats) tõstetakse, nagu näidatud joonistel 113 ja 114, väljasirutatud käe ulatusel rööbiti (risti) horisondijoonega, viseeritakse üle joonlaua otsa



Joon. 113.



Joon. 114.

mõõdetavasse punkti, märgitakse joonlaual pöidlaga mõõdetava punkti kaugus vertikaaljoonest (horisondijoonest) ja kantakse saadud pikkus skitsile. Niiviisi mõõtes punkti kaugust horisondi- ja vertikaaljoonest, saame määrata punkti asukohta skitsil.

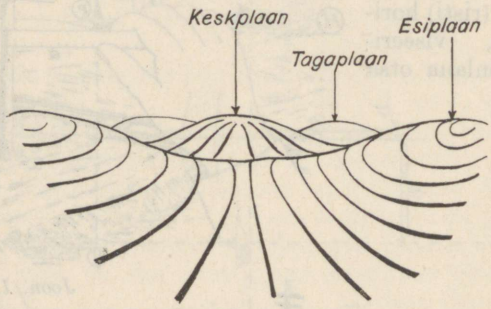
Sel viisil kanname paberile kõik iseloomustavad punktid ja ühendades neid silma järgi vastavalt looduse kujule, saame maastikust perspektiivse joonise. Iseloomustavaist punktidest kanname paberile ainult need, milledeta pole võimalik

kujutada pilti loomutruult. Mida suurem vilumus on kellelgi looduse joonistamises, seda vähem ta kasutab neid punkte ning seda kiirem on ta töö.

Vaateskitsi tagaplaanile tuleb pöörata erilist tähelepanu, kuna vähem tähtsad peenused esiplaanil tähendatakse ainult möödaminnes või jäetakse hoopis ära, kui nad orienteerivate punktidena ei torka eriti silma.

Vaateskitsi silutakse selgete ja julgete kriipsude abil, varjutusi tarvitamata.

Pildile sügavuse andmiseks, eeskätt aga vaadeldava maastiku hindamise kergendamiseks tulistamise seisukohalt, jaotatakse



Joon. 115.

skits kriipsude tugevuse (jämeduse) järjekorras kolme sügavusastmesse. Püssi- ja kuulipildujatule seisukohalt maastikuvöödeks, milledeni ulatub: a) kergekuulipilduja-tuli, b) raskekuulipilduja-tuli ja c) kuulipilduja-tuli kaudsel laskmisel, on:

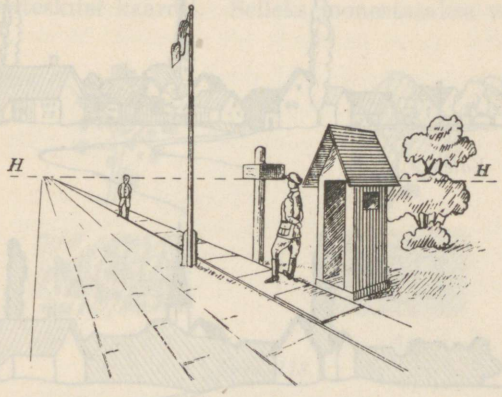
a) **esiplaan,** vaatekaugusel kuni 1 km — tugevad kriipsud pehme pliiatsiga;
b) **keskplaan,** vaatekaugusel 1—2 km — kriipsud pliiatsiga nr. 2 või 3;
c) **tagaplaan,** vaatekaugusel üle 2 km — õrnad kriipsud kõva pliiatsiga.

Suurtükitule seisukohalt on esiplaan 2 km, keskplaan 2—4 km ja tagaplaan üle 4 km.

Sääraselt järjestatud kriipsudega joonestatud vaateskitsil on antud sügavusmõõt ning lugemisselgus (joon. 115).

Üksikute maastikuesemete edasiandmine peab olema võimalikult loomutruu. Kui osutub tarvilikuks maastikupildi üksikasjade esile tõstmine, siis tuleb vaateskitsi horisontaalset mõõtu 2 või 3 korda suurendada.

Kui vaateskits joonestatakse mõõtudes, mis saadud kätt välja sirutades joonlauaga või pliiatsiga, siis nimetatakse seda joonist normaalmõõtkavaliseks ja tema mõõtu märgitakse 1 : 1. Kui aga tarvitatakse teist mõõtude vahekorda, näit. kui hinnatud kaugused suurendatakse joonisel kaks korda (hinnatakse 2 korda



Joon. 116.

lähedamaks), siis on joonise mõõtkava 2 : 1. Joonestatakse skits horisontaalselt 1 : 1 ja vertikaalselt suurendatakse hinnatud kaugusi 2 korda, siis tuleb ka see skitsile märkida, s. o. vaateskitsi mõõtkava on:

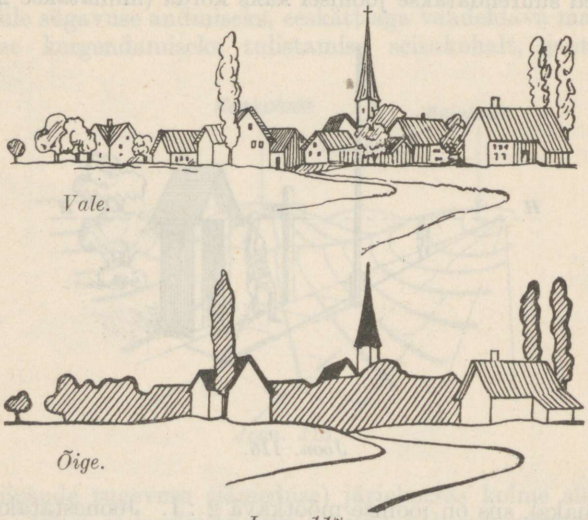
horisontaalselt 1 : 1
vertikaalselt 2 : 1.

Nähtava horisondi kõrgus oleneb vaatekõrgusest (silmapunkti kõrgusest). Kõik sellele kõrgusele võrdsed vaatlusväljal leiduvad esemed puudutavad tasandikul alati horisondijoont (vt. joon. 116).

See tõsiasi võimaldab tasasel maal leiduvate esemete kõrgusi hinnata vaatekaugusest olenemata.

Vaateskitsil joon. 116 näeme, et horisondijoon HH lõikub maastikul seisva sõduri silmade kõrgusel. Järelikult on skits joonestatud püstiasendis või joonestaja püstiasendile võrdselt

kõrguselt. Kui joonestaja silmade kõrgus on 1,75 m maapinnast, siis kujuteldav horisondijoon lõikub kõigi vaateväljal leiduvate esemetega 1,75 m kõrgusel. Rakendades seda perspektiivseadust, võime maastikul määrata skitsil kujutatud esemete kõrgusi. Skitsil (vt. joon. 116) joonestatud lipuvarda kõrgus on maastikul 5,25 m, sest horisondijoon lõikab teda $^1/_3$ osas. Vahimaja kõrgus on 2,65 m, sest üle horisondi ulatuv osa on $^1/_2$ allpool horisondijoont olevast osast, s.o. umbes 0,90 m jne. Soovime skitsile



Joon. 117.

märkida 3,5 m kõrguse puu, siis tuleb ta paigutada nii, et horisondijoon oleks puu keskkohal. Siin peetagu meeles, et nii paigutatud eseme asukoht pole sõltuv kaugusest.

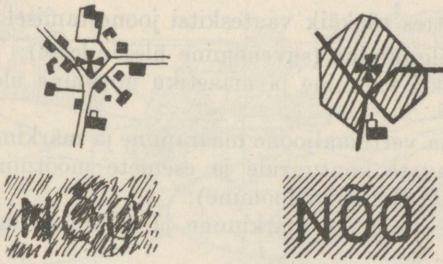
Vaateskitsile olgu märgitud ainult see, mis on oluline; esemed olgu kujutatud loomutruult ja lihtsalt. Taktikalisi leppemärke kasutatagu ainult kaevikute, traattõkete, tulepesade, lahingurelvade jne. märkimiseks; liiklemisteed, kus võimalik, märgitagu topograafilistes leppemärkides.

Kunstilistes joonistustes või maalides on maastiku tagaplaani üksikasjade kujutamine ebaoluline, kuid sõjalist vaateskitsi joonestades tuleb tagaplaan pikksilmaga läbi uurida. Seejuures on eriti tähtis mäeharjade ning seljandikkude suundade edasi-

andmine. Ühtki liigset joont, mis tumestab piltlikkust, ei tohi sõjalisel vaateskitsil leiduda (vt. joon. 117 ja 118). Sõjaline vaateskits ei tohi kujuneda peitepildiks, vaid selgeil sõnul jutustavaks ettekandeks.

Pealkirjad ja kõik vajalised seletused, kui nad segavad joonestatud pilti, paigutatakse vaateskitsi äärele, samuti märgitakse vajaduse korral mõõdetud kaugused.

Muutes vaatluspunkti muutub ka maastikupilt, sellepärast tuleb märkida joonestaja asukoht selgelt vaateskitsile, et skitsi kasutajail oleks võimalik seda eksimata leida maastikul ja orienteerida vaateskitsi kaardil. Selleks joonestatakse vaatluspunkti



Vale. *Õige.*

Joon. 118.

lähemast ümbrusest silmamõõduline kaardiskits vertikaaljoone järgi orienteeritud vaateskitsi alumisele äärele nii, et vertikaaljoon läbiks vaatluspunkti. Vaatluspunkt märgitakse ristikesega ja tõmmatakse sealt mõni orienteerumissuund kohalikele silmapaistvaile esemeile, millede nähtav kuju joonestatakse samade orienteerumissuundade pikendusile (joon. 119).

Vaateskits joonestatakse välikirjavahetusploki lehele, mille paber on kaetud sentimeetriruudustikuga. Eripaberi puudumisel kasutatakse muud kõlblikku paberit, millele märgitakse sentimeetriruudustik katkendlikkude joontega 1 cm ja pidevate joontega 2 cm tagant. Ruudustiku abil on skitsile kergem kanda maastikupunkte ja joonestada peenusi. Samuti kergendab see sügavusastmetesse jaotamist ja kauguste ning nurkade hindamist vaateskitsil.

Kui vaateskits joonestatakse väljasirutatud käe ulatuses (mille kaugus silmast on keskmiselt 51 cm) saadud mõõtudes

1 : 1, siis ruudu külg 1 cm on ~ 20 ″. Täpsemad nurkjaotised ja kaugused saame, kui joonestamisel on kasutada jaotistega pikksilm või kui vaatepunktist tehakse mõõtmisi nurgamõõtjaga (bussooliga, käärpikksilmaga jne.). Nurgamõõtmised kantakse vaateskitsile vertikaaljoonest, mille väärtuseks on 0° (360°) või 0 ″ (6400 ″) paremale ja vasakule, paremale tähistatakse jaotiste väärtused +-märgiga, vasemale —-märgiga.

Vertikaalnurgad märgitakse horisondijoonest, mille väärtuseks on 0, ülespoole ja allapoole; ülespoole tähistatakse nurgad +-märgiga, allapoole —-märgiga.

Samuti võib sügavusastmete kaugusi märkida vastavatele ruudu külgedele skitsi paremale või vasemale äärele.

Kokku võttes töökäik vaateskitsi joonestamisel on järgmine:

— ülesande selgitamine (süvenemine ülesandesse);
— vaatluspunkti valimine ja maastiku uurimine ülesande seisukohalt;
— horisondi- ja vertikaaljoone määramine ja märkimine paberile;
— iseloomustavate kontuuride ja esemete mõõtmine ja märkimine skitsile (luustiku loomine);
— vajalikkude peenuste märkimine ja silumine sügavusastmete korras;
— seletuste, nimede, kauguste ja vajaduse korral ka nurkjaotiste märkimine;
— vaatluspunkti asukoha tähistamine vaateskitsile;
— viimistlemine (pealkiri, kuupäev, kellaaeg; ilm: päike, pilves; joonestaja asend: püsti, istudes, lamades; kaart, kui seda kasutati; allkiri).

Joon. 121 selgitab skitseeritud maastikuesemete piirjoonte iseloomustavamaid märkimisviise.

b) Fotopilt.

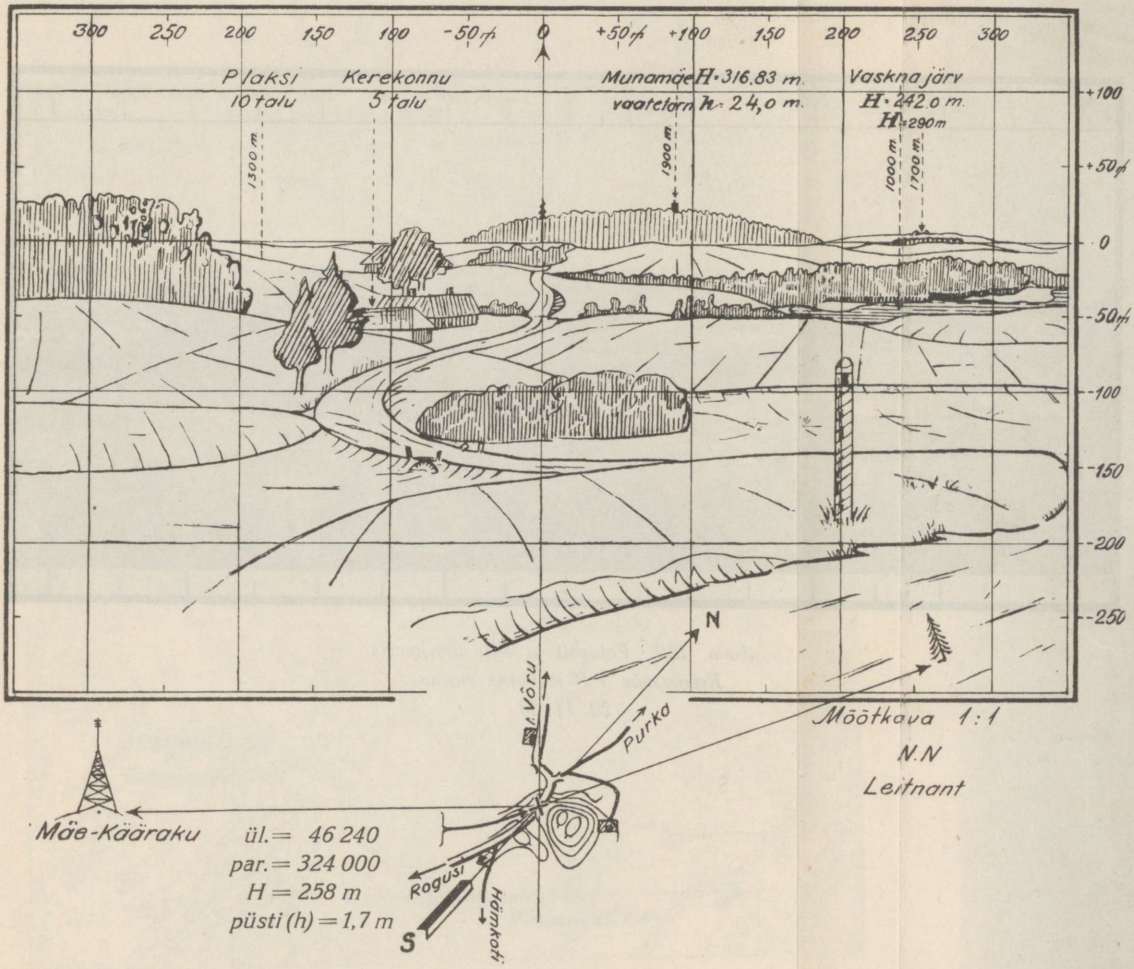
Vaateskitside asendajaina võib eduga kasutada väikeste käsikaameratega ülesvõetud fotopilte. Nende kaameratega töötamine luureteenistuses ei tõmba enesele tähelepanu ja toimub kiirelt. Tähelepanelik pilk ülesvõetud maastikule ja mõned asjalikud märkmed on abiks fotopildi edaspidisel läbitöötamisel.

Fotopilt annab ülesvõetud esemed edasi loomutruult, kuid temal esinevad kõik perspektiivid üheväärilistena, esile toomata sõjaliselt tähtsaid esemeid.

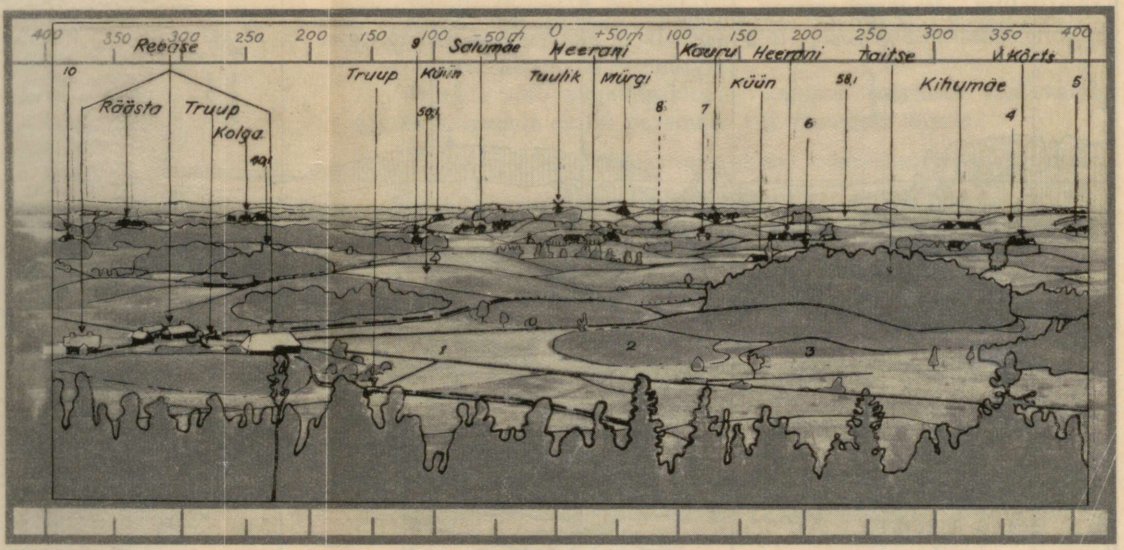
Vaateskits Kerekonnu teederistilt

Munamäe suunas.

12. 08. 36. keskpäeval, poolpilves; kaart: 1114–La.

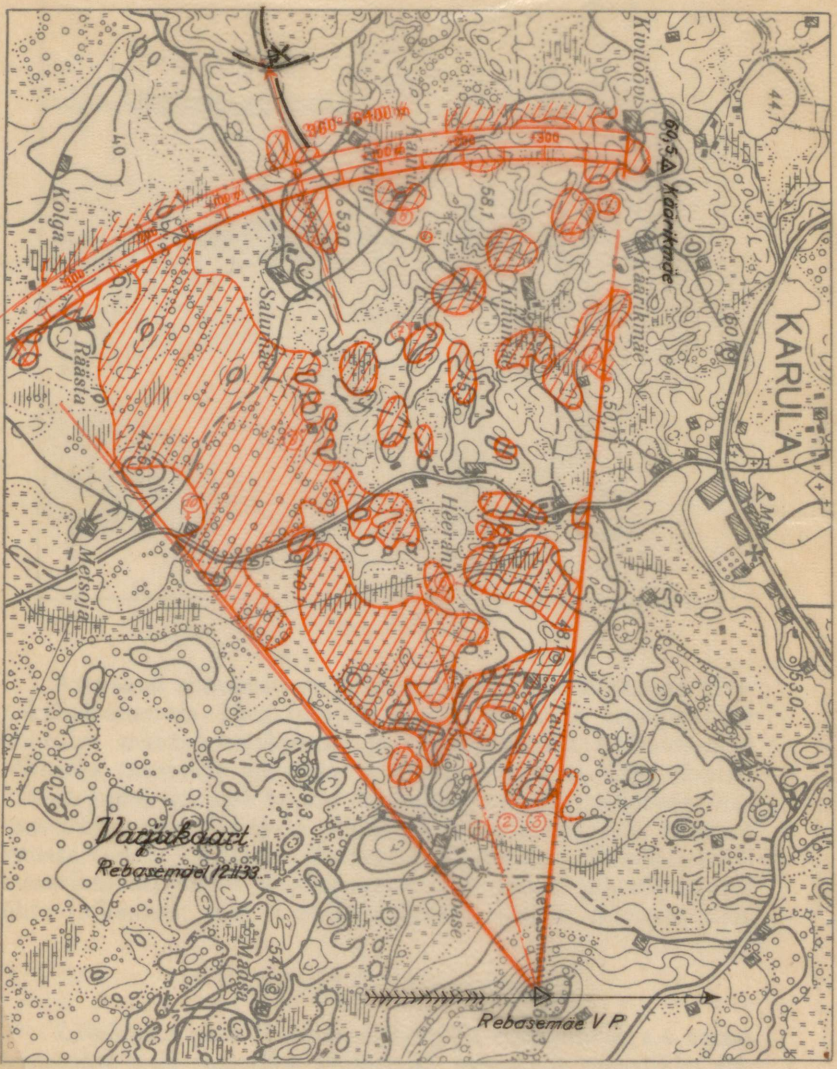


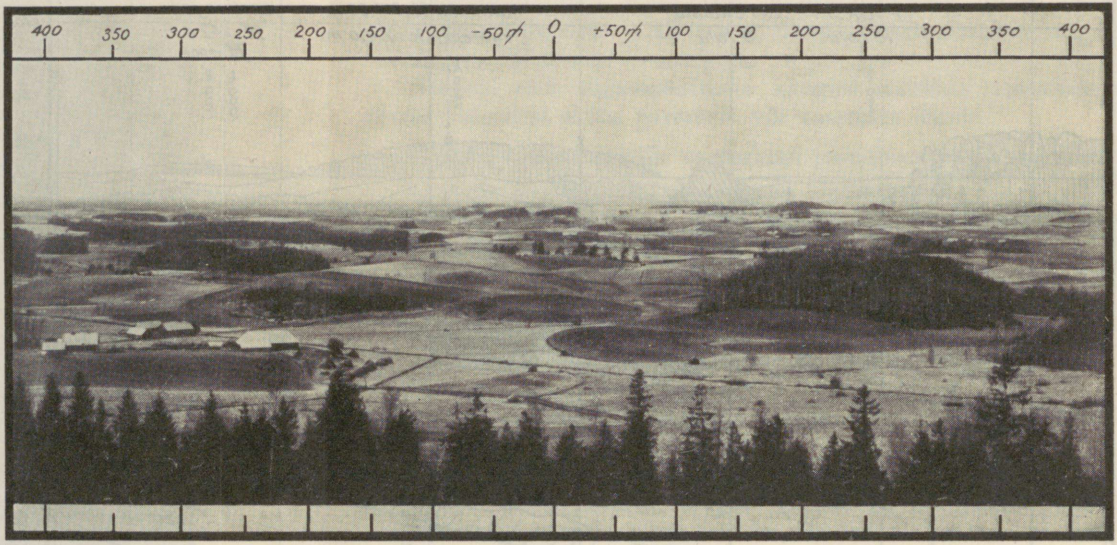
Joon. 119. Vaateskits.



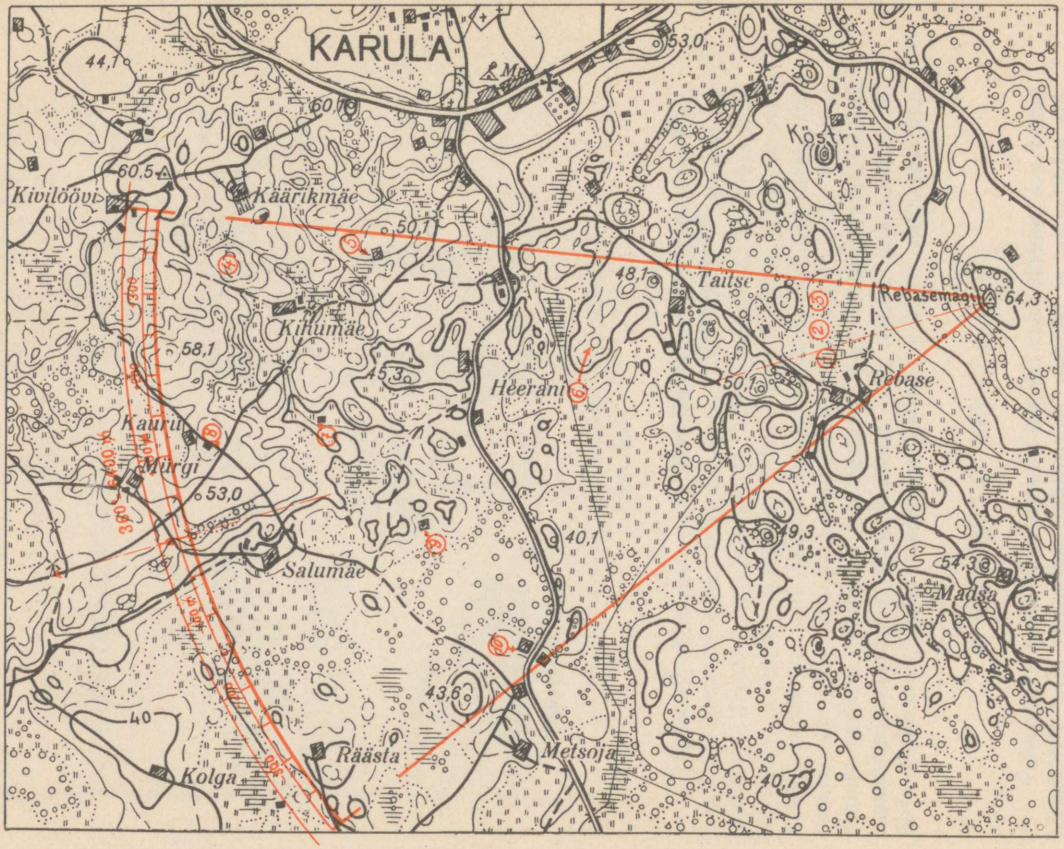
Fotopildi läbijoonis.

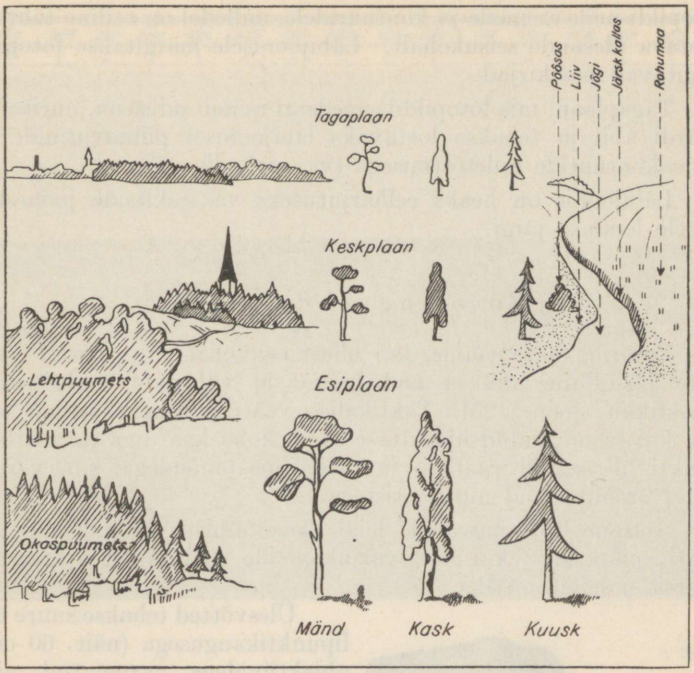
Joon. 120. Fotopilt ja selle läbijoonis Rebasemäe VP-st lääne suunas. 22. 11. 33.


KARULA
Kivilõuna
Kivilõuna
Salumäe
Tiirimäe
Tiirimäe
Rääsita
Rääsita
Rääsita



Joon. 120. Fotopilt ja selle läbijoonis Rebasemäe VP-st lääne suunas. 22. 11. 33.


KARULA
44,1
60,1
53,0
60,5
Kivilöövi
Käärikmäe
50,1
Kostri jy
48,1
Taitse
Rebasemägi
64,3
Kihumäe
58,1
45,3
Heerani
50,1
Rebase
Kauru
Mürgi
53,0
40,1
49,3
Salumäe
54,3
Madsa
43,6
40
Räästa
Metsoja
Kolga
40,7



Joon. 121.

Arenenud silmamäluga ja taktikalise ettevalmistusega perspektiivjoonestaja käes fotopilt koos sama koha topograafilise kaardiga muutub asjakohasel ja tähelepanelikul läbitöötamisel tõhusaks maastiku uurimise vahendiks (vt. joon. 120). Samalt kohalt kahel eri ajal tehtud fotopildi järgi võib selgitada, kas maastikus pole vahepeal sündinud muudatusi, mis lubavad aimata vastase kavatsusi. Ka ilmnevad kahe fotopildi võrdlemisel maastikul teostatud moondamised, mis ainult maastikku või ühte (hilisemat) pilti vaadeldes jääksid silmale märkamatuks.

c) Fotopildi läbijoonis.

Läbijoonis peab lähendama fotopilti vaateskitsile, s.o. temal tõstetakse esile maastiku tähtsamad esemed ja maastikku selgitavad kontuurid. Läbijoonisel juhitakse vaatleja tähelepanu

fotopildi neile esemeile ja kontuuridele, milledel on eriline tähtsus vastava ülesande seisukohalt. Läbijoonisele märgitakse fotopilti selgitavad pealkirjad.

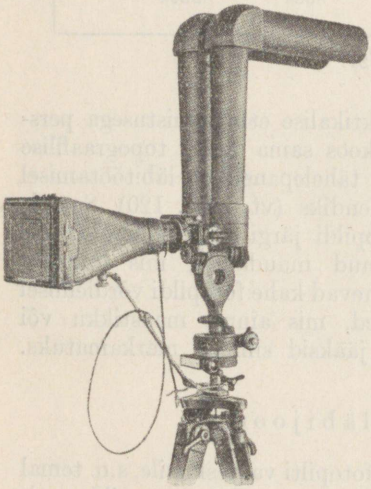
Tagaplaan, mis fotopildil sagedasti esineb udusena, uuritakse kaardi abil ja tehakse loetavaks läbijoonisel pinnavormide ja metsakontuuride esiletõstmisega (vt. joon. lk. 120).

Läbijoonis on heaks eelharjutuseks vaateskitside joonestamisele looduse järgi.

d) Fotoringvaade (panoraam).

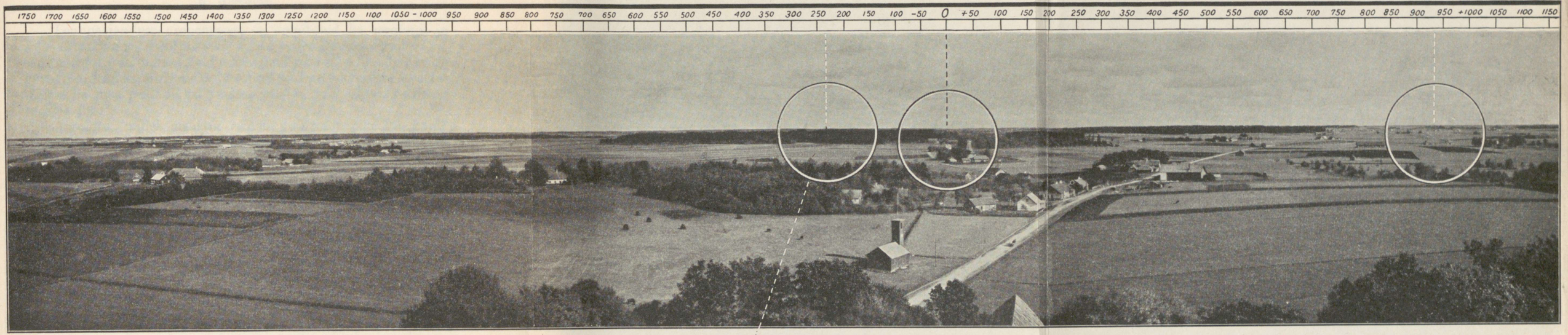
Fotoringvaate saame, kui ühest asukohast ülesvõetud fotopilte järjestame nii, et nad haaraksid vahedeta ümbritsevat maastikku (joon. 123). Taktikalist väärtust omab selline pilt siis, kui ta on viidud ühendusse sama koha kaardiga ja vaatluspunkti ülesseatud vaatlus- ja viseerimisabinõudega, s.o. varustatud orienteeritud nurkjaotistega.

Säärane fotoringvaade leiab kasutamist tulejuhtimis- ja vaatluspunktides kui ka varjukaartide (nähtamata maa-ala kaartide) selgitamiseks.

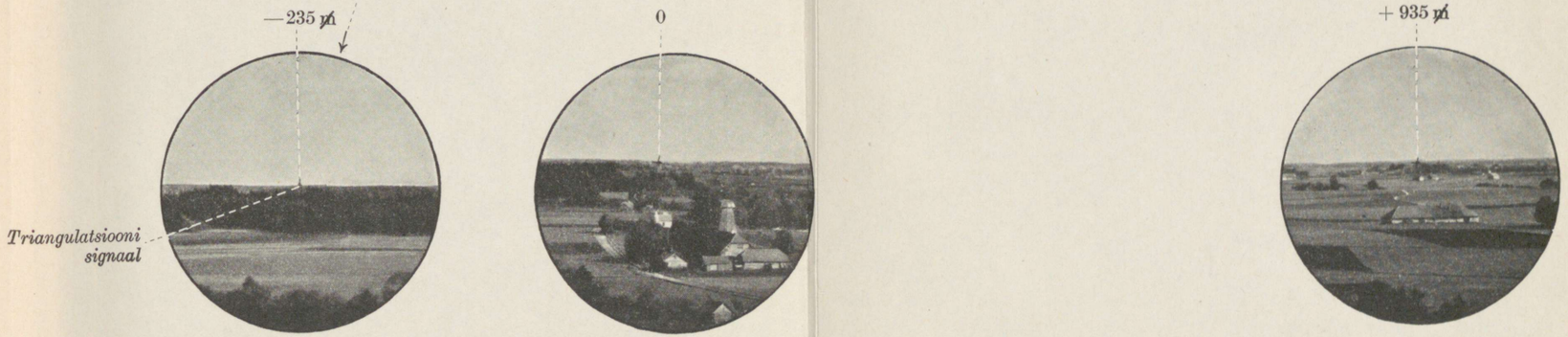


Joon. 122.

Ülesvõtted tehakse suure tulipunktikaugusega (näit. 60 cm) objektiividega varustatud pikkade kaameratega (suurtükiväe VP tarvis kasutatakse isegi 100 cm ja veel pikemaid kaameraid). Üksikasjalisi uurimisi fotoringvaate täiendamiseks vastase tulepesadest, vaatluspunktidest jne. toimetatakse eriti pikkade kaameratega (kuni 4 m) või kasutatakse harilikke kaameraid nn. teleobjektiividega või rakendatakse pikksilmale (käärpikksilmale) monteeritavaid fotokaameraid (joon. 122). Fotoringvaate koostamine tulejuhtimise otstarbeks nõuab hoolsat üksikpiltide kokkukleepimist ja nurkjaotiste pealekandmist.



Joon. 123. Fotoringvaade ühes seda selgitavate fotodega maastiku üksikutest punktidest ***Järva-Peetri VP-st.***
Vaatluskõrgus h = 28 m.

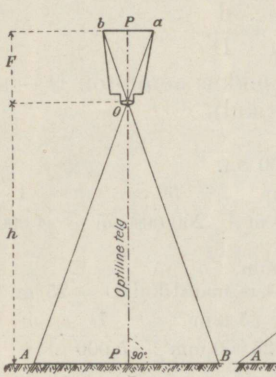


6. Aerofoto.

Lennuasjanduse arenemisega on arendatud ka aerofotot ja selle rakendamist mõõtmisteks, s.o. aerofotogrammeetriat.

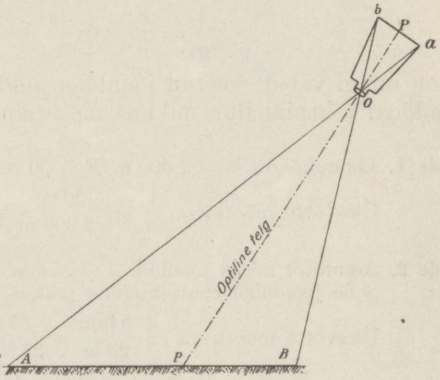
Aerofoto on tõhusamaid vahendeid maastiku ja sõjalise tegevustiku kiireks uurimiseks ja ettevõetud moondamiste avastamiseks ka maa pealt ligipääsmatuis alades, näit. sügavas vastase tagalas jne.

Aerofoto, millel maastik esineb peenustes piltlikul kujul, on hinnatav kartograafiline materjal, mis annab võimalusi



Vertikaalülesvõte (plaanis)

Joon. 124.



Perspektiivülesvõte

Joon. 125.

värskendada ja parandada kaarti, tõstes seega kaardi taktikalist väärtust.

Fotoluure seisab selles, et luureobjekt — maastik, ese või sõjaline tegevus — pildistatakse erilise aerofotokaameraga lennukilt lennu ajal.

Pildistus võib toimuda plaanis või perspektiivis.

Esimesel juhul (joon. 124) fotokaamera optiline telg asetseb pildistatava maastiku suhtes vertikaalselt ja ülesvõttel on mõõtkava kõigis pildi osades praktiliselt ühtlane.

Teisel juhul (joon. 125) asetseb fotokaamera optiline telg kaldseisus ja mõõtkava on pildi osades tunduvalt erinev.

Aerofoto kasutamisel (uurimisel) on oluline tema mõõtkava tundmine. Joon. 124 on graafiliselt kujutatud fotokaamera seis

pildistamismomendil, ab kujutab fotoplaati, F — fookuskaugust (tulipunktikaugust), mis igal aerofotokaameral on alaline (konstantne), h on lennuki kõrgus pildistamisel ja AB pildistatav maastik.

Mõõtkava $(\frac{1}{m})$, s.o. joonlõigu ab suhe fotol sama joonega AB maastikul kolmnurkade abo ja AOB sarnasuse tõttu on

$$\frac{ab}{AB} = \frac{F}{h}.$$

Seega valem aerofoto mõõtkava leidmiseks omab kuju:

$$\frac{1}{m} = \frac{F}{h} \quad \text{või} \quad \frac{1}{m} = \frac{d}{D}$$

(d on mingi vabalt võetud joonlõigu pikkus aerofotol, D — sama joonlõigu rõhtpinnaline pikkus maastikul).

Näide 1. Lennukõrgus h = 2 000 m F = 50 cm.

Ülesvõtte mõõtkava $\frac{1}{m}$ on $\frac{50\text{ cm}}{2\,000\text{ m}} = \frac{50\text{ cm}}{200\,000\text{ cm}} = \frac{1}{4\,000}$.

Näide 2. Aerofotol mingi joonlõik d = 5 mm.
Selle joonlõigu rõhtpinnaline pikkus maastikul D = 25 m.

Ülesvõtte mõõtkava on $\frac{5\text{ mm}}{25\text{ m}} = \frac{5\text{ mm}}{25\,000\text{ mm}} = \frac{1}{5\,000}$.

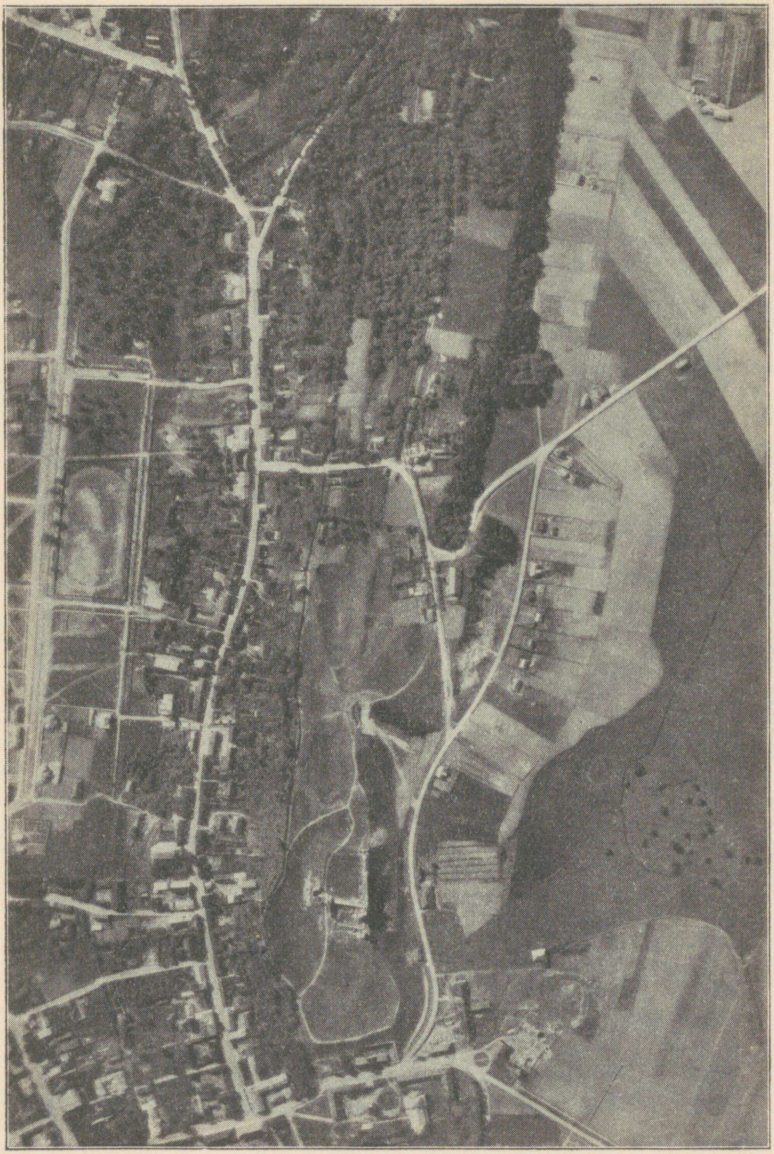
Mõõtkavast sõltuvalt liigitatakse aerofotod suuremõõdulisteks, keskmisteks ja väikesemõõdulisteks.

Suuremõõdulistel (kuni 1 : 5 000) on võimalik üldpildist eristada kuulipildujate asetusi, suurtükke, voore, üksikuid inimesi, hobuseid, jalgteid jne.

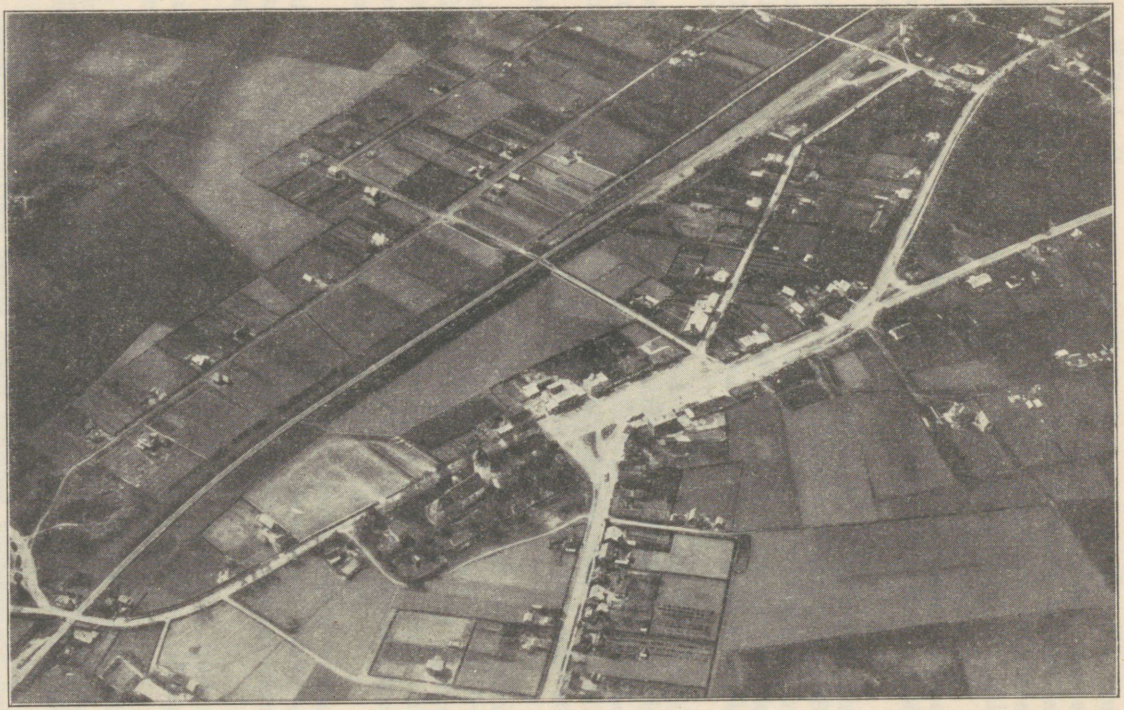
Keskmisemõõdulistel (1 : 5 000 — 1 : 10 000) on eespoolnimetatud esemed raskesti eristatavad ning ebaõnnestunud võttel üldse eristamatud. Neil võtetel on nähtavad kaevikud, tõkked jne.

Väikesemõõdulistel (1 : 10 000 — 1 : 20 000) aerofotodel on eristatavad vaid suured kogud, üksikasju pole neil võimalik tunda. Neil võtetel, näit. kolonnid on nähtavad, kuid selgitada väeliiki on väga raske, samuti on raske teha vahet sõidurongi ja kaubarongi vahel jne.

Aerofotode uurimine on eriala, mis nõuab sõjalise ettevalmistusega eriteadlast ja moondamistunnuste tundmist. Moondamistunnustest on tähtsamad: mõõted, kuju, värvivarjund, eseme vari ja suhteline asetus.



Joon. 126. Aerofoto (plaanis).
27. 05. 35. h = 3000 m, F = 30; mõõt 1 : 10000.



Joon. 127. Aerofoto (perspektiivis). 27. 05. 35. $h = 800$, $F = 25$.

Mõõted. Suur osa esemeist on äratuntav nende välise kuju järgi, kuid paljud esemeist on plaanis (ülalt vaadates) sarnased ja nende eristamine on võimalik vaid mõõdete võrdlemisel. Nii näit. jalgtee ja põllutee esinevad aerofotol sarnastena, kuid teades, et põllutee on jalgteest laiem, võime neid üksteisest eristada. Piduriga kaubavaguni tunneme ära sellest, et ta on harilikust kaubavagunist pikem jne. Esemete mõõtmete tundmine on tähtis ka lk. 168 toodud näite (2) kohaselt mõõtkava määramisel.

Kuju on eseme olulisemaid tunnuseid. Vertikaalsel ülesvõttel eseme kuju esineb geomeetriliselt sarnasena, s.o. sõõr maastikul esineb ülesvõttel samuti sõõrina, ruut ruuduna jne. Maastikul, näit. 60° all ristuvad teed on seda täpselt ka ülesvõttel. Neil juhtudel on meil tegemist nn. ortograafilise projektsiooniga (joon. 126).

Perspektiivse ülesvõtte korral vaatleme eset kas küljelt, eest või tagant, mistõttu perspektiivsete ülesvõtete lugemine (uurimine) on hõlpsam, sest maastik esineb enam igapäevases, silmale tuttavas kujus, vaadatuna mingilt kõrgendikult (joon. 127).

Eseme kuju uurides on tulukas ja piltlik vaadata ülesvõtet stereoskoopselt.

Värvivarjundi tugevus on esemete edasiandmise ja eristamise peamisi tunnuseid fotopaberil ja plaadil. See tunnus on eriti rakendatav kindlustatud alade uurimisel. Vähimgi muutus maapinnal, mis võib olla tingitud vägede tegevusest, nagu uute teede, tallatud kohtade, jalgradade jne. tekkimine, on avastatav nende värvivarjundi erinevuse tõttu muust ümbrusest.

Päikesepoolsed nõlvad peegeldavad suuremal määral valgust kui tasased kohad ja esinevad ülesvõttel heledamas värvivarjundis. Seega värvivarjund pinnavormide uurimisel omab otsustavat tähtsust.

Varjud neid heitvailt esemeilt elustavad ülesvõtet, esemed paistavad reljeefsemalt kui varjuta ülesvõtteil. Pilves ilmaga ülesvõetud maastik näib tasandikuna.

Vari abistab eseme avastamist, kui viimane värvivarjundis sulab ühte taustaga, mil asub ese. Kaitsevärvi riietuses jalavägi võib maanteel jääda nähtamatuks, kuid tema vari heledal pinnal on nähtav.

Esemete **suhteline asetus** omab tähtsust väikesemõõduliste ülesvõtete uurimisel, kus suurema objekti üksikosad pole nende

kuju jne. järgi avastatavad. Objekti üksikosade olemasolu võib selgitada osade tegeliku asetuse järgi üldise objekti suhtes. Näit. kuulipilduja vanker rännak-kolonnis väikesemõõdulisel ülesvõttel võib olla halvasti eristatav, kuid tema asetus kolonni osade suhtes tõendab veenvalt selle olemasolu.

Rännaku suundade, lahingukordade jne. avastamiseks võib aidata kaasa tegevustiku asetus raudteejaamade, asulate jne. suhtes.

Et uurida aerofotot, on vaja seda täpselt orienteerida kaardil; vastavalt mõõtkavale ja ülesvõtte kaldenurgale horisondi suhtes tuleb leida ühendus ülesvõtte ja kaardi vahel.

Esemete vari pööratakse ülesvõtte vaatlemisel enda poole. Vaatlemist kergendab märksa suurendusklaasi tarvitamine, mis olgu võimalikult suure läbimõõduga ja 3—4-kordse suurendusega.

Perspektiivseid ülesvõtteid tuleb vaadelda nende pildistamise suunas.

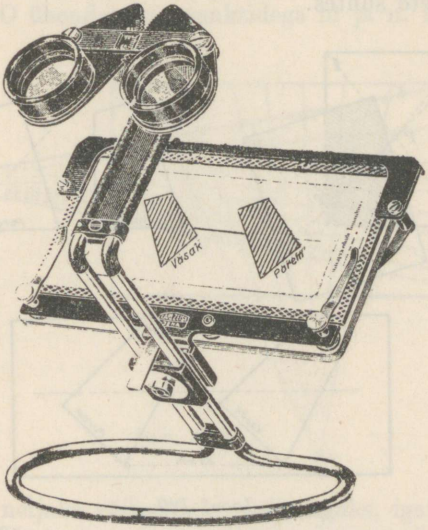
a) Aerofotode stereoskoopne uurimine.

Väga õpetlik ja piltlik on aerofotode (samuti ka maapealsete fotopiltide) stereoskoopne uurimine eriti pinnavormide suhtes. Stereoskoopset uurimist võib toimetada iga pildipaari juures, mis katavad teineteist. Selleks valitud pildipaar kleebitakse papile ja vaadatakse seda läbi sellekohase abinõu, nn. stereoskoobi (joon. 128). Tasase kujutise asemel saame siis reljeefse (stereoskoopse) kujutise maastikust.

Pildipaari ettevalmistamine stereoskoopseks uurimiseks toimub järgmiselt (vt. joon. 129).

1) Märgitakse kahel teineteist katval ülesvõttel, mida soovitakse vaadelda stereoskoobis, peapunktid P.
2) Ülesvõtted asetatakse teineteisele nii, et nende ühised punktid ja kontuurid ühtiksid; pildipaar kinnitatakse selles asendis lauale; parempoolsele pildile tehakse märkus „parem“ ja vasakpoolsele — „vasak“.
3) Ühendatakse pildipaari peapunktid P ja P sirgjoonega (ülesvõtte baas).
4) Lõigatakse välja teineteist kattev osa mõlemal ülesvõttel.
5) Väljalõiked kleebitakse stereoskoobi raami suurusele vastavale papist alusele nii, et baasijoon oleks rööbiti aluse pikema servaga ja pildipaari peapunktide kaugus teineteisest vas-

taks vaatleja silmapaari vahekaugusele (umbes 65 mm). Õige (silmapaari vahekaugusele vastava) pildipaari asetus saadakse nii, et esmalt kinnitatakse papile üks pilt ja siis, vaadates läbi stereoskoobi asetatakse teine pilt õigesse kohta, milleks on asend, kust piltide plastiline kujutis läbi stereoskoobi paistab täiesti selgena.

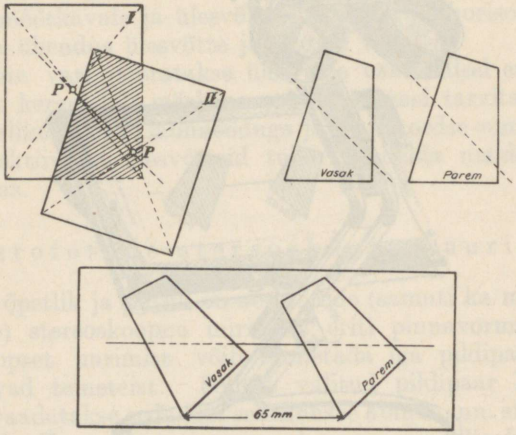


Joon. 128.

6) Juhtub, et pildipaari väljalõiked on suured ega mahu stereoskoopi, siis võib iga väljalõike lõigata rööbiti (samuti ka risti) baasijoonele osadeks ja monteerida nad papile eespool-kirjeldatud viisil.

Teatava vilumuse juures võib ka palja silmaga pildipaare vaadates saada stereoskoopset efekti. Selleks, vaadeldes pildipaare, suunatakse parem silm paremale ja vasak silm vasakule pildile ja tehakse pingutus, nagu soovitaks vaadata kujutisi kaugemal — pildi sügavuses. Vaatamise soodustamiseks asetatakse kahe silma vahele käsi, paberleht või papp, millega saavutatakse seda, et kumbki silm vaatab ainult temale määratud pilti.

Aerofotode stereoskoopse uurimise juures tuleb silmas pidada seda, et väike kate (pildipaaride peapunktid asuvad teineteisest kaugel) ja suur mõõtkava suurendavad reljeefsust. Näiteks puud ja muud esemed neil pildipaaridel näivad ebamääraselt kõrgeina, väikesed künkad kõrgustikkudena jne. Sellepärast niisugusel korral võib punktide suhtelise kõrguse üle otsustada ainult ligikaudu ja ainult võrdlevalt teiste, samas esinevate tuntud esemete suhtes.



Joon. 129.

b) Ülekannete tegemine aerofotolt kaardile.

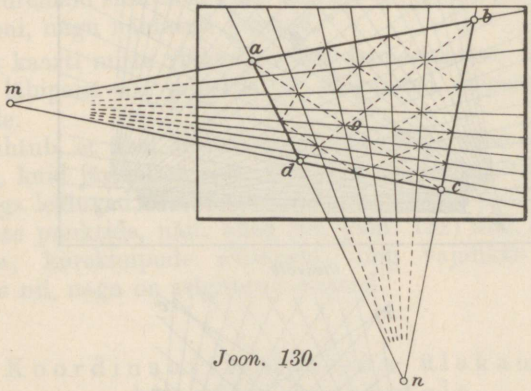
Täpsel rõhtpinnalisel (vertikaalselt ülesvõetud) ülesvõttel, kui pilt on tehtud enam-vähem tasasest maastikust, ei tule ette moonutusi. Neile ülesvõtetele on vaja vaid leida mõõduvahekord vastava kaardiga ja vajalikud punktid üle kanda kaartide kopeerimise, suurendamise ja vähendamise juures kirjeldatud viisidel.

Kallak- (perspektiiv-) ülesvõtetel on maastik enam-vähem moonutatud, mõõtkava neil pole ühtlane. Kallak- (samuti ka vertikaal-) ülesvõtete kartograafiline kasutamine võib toimuda järgmiste praktiliste võtete abil.

Lõikumisviis. Kui on tarvis aerofotolt kanda üle üksik punkt, näit. patarei asupaik, siis tõmmatakse pildile patarei asukohas

kaks ristuvat sirgjoont nii, et nad läbiksid nii pildil kui kaardil leiduvaid ühiseid punkte (kumbki joon vähemalt kahte). Kaardil läbi samade punktide veetud joonte lõikumiskoht ongi patarei asukoht kaardil.

Joonvõrgul nelja toetuspunktiga. Ülesvõttel valitakse neli kaardiga ühist toetuspunkti. Need punktid ühendatakse sirgjoontega. Saadud nelinurga abcd (joon. 130) küljepaarid pikendatakse nende lõikumiseni m ja n. Nelinurga diagonaalide ristumispunkt O ühendatakse punktidega m ja n. Nelinurk abcd



Joon. 130.

jagunes seega neljaks väiksemaks nelinurgaks, igaüks neist ühe diagonaaliga. Tõmmates neisse veel teise diagonaali, ühendatakse nende ristumispunktid samuti punktidega m ja n. Seda toimingut jätkatakse seni, kuni on saadud küllalt tihe võrk.

Täpselt samal viisil arendatakse võrk ka kaardile ning vajalikud esemed ja kontuurid ülesvõttelt kantakse selle võrgu abil kaardile.

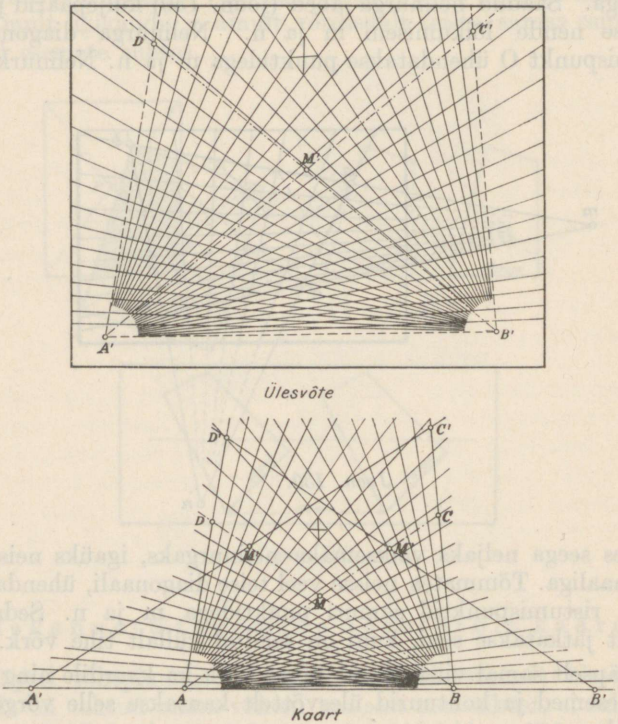
Kahe kiirekimbuga. Kui on vaja kanda üle suuri alasid või kui on vajalik parandada kaarti suuremas ulatuses, siis kaetakse ülesvõte ja kaart kahes punktis lõikuva kiirekimbuga. Saadud kiirevõrgu abil tehakse ülekandmisi silma järgi.

Kiirekimbu ehitamiseks otsitakse ülesvõttel ja kaardil neli ühist punkti A, B, C, D (joon. 131).

Ülesvõttel tõmmatakse kahest punktist kiired kolmele teisele punktile, näit. A'-st B'-sse, C'-sse ja D'-sse; B'-st A'-sse, D'-sse

ja C'-sse. Mõlemad keskmised kiired jaotatakse vabalt ühesuurusteks osadeks. Nende kiirte vastas asuvaist nurgapunktidest A' ja B' tõmmatakse nüüd kiired läbi keskmiste kiirte jaotuspunktide.

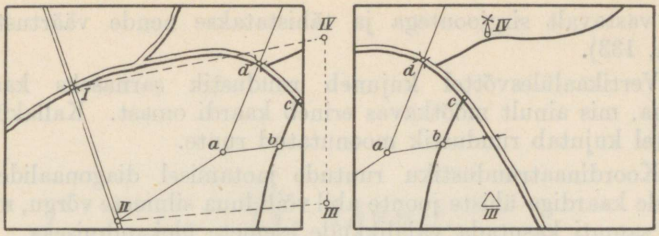
Et saada vastavat kiirekimpu kaardil, kantakse punktist A joon B'D' ühes jaotistega paberiribale ja asetatakse kaardile



Joon. 131.

nii, et B' langeb AB-le, M' AC-le ja D' AD-le ning märgitakse jaotised paberiribalt kaardile. Nüüd tõmmatakse A-st kiired läbi märgitud jaotuspunktide. Saadud kiirekimp kaardil vastab samale kiirekimbule ülesvõttel.

Samal viisil ehitatakse kiirekimp punktist B. Mõlema kiirekimbu ristumisega moodustatud silmuste abil kantakse vajalikud peenused ülesvõttelt kaardile silma järgi.



Joon. 132.

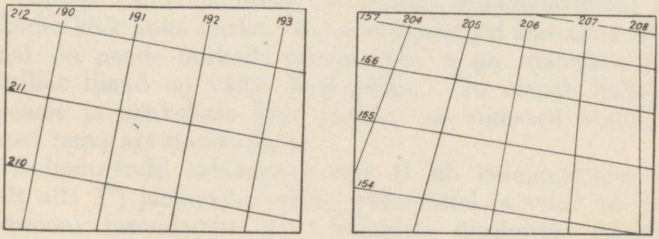
Suuremaid silmuseid võib vähendada, tõmmates neisse diagonaaljooni, nagu näidatud joonisel.

Et kaarti mitte rikkuda, võrk joonestatakse kaardile asetatud läbipaistvale paberile ja ülekanded kopeeritakse sealt kaardile.

Juhtub, et ühel ülesvõttel pole kaardiga sobivat nelja ühist punkti, kuid järgmisel, seda ülesvõtet osaliselt katval ülesvõttel need aga leiduvad, siis liidetakse need punktid mõlema ülesvõtte identsete punktide, näit. abcd (vt. joon. 132) abil, esimese ülesvõttega; kiirekimpude ehitamist ning vajalikke ülekandeid tehakse nii, nagu on selgitatud eespool.

c) Koordinaatruudustiku ülekandmine kaardilt aerofotole.

Koordinaatruudustiku ülekandmiseks kaardilt fotole kantakse kaardilt ülesvõetud ala äärtel leiduvad koordinaatjoonte lõikepunktid mõnel eespool-kirjeldatud viisil ülesvõttele, ühendatakse



Joon. 133.

nad vastavalt sirgjoontega ja tähistatakse nende väärtustega (joon. 133).

Vertikaalülesvõttel kujuneb ruudustik sarnaseks kaardi omaga, mis ainult mõõtkavas erineb kaardi omast. Kallaküles-võtetel kujutab ruudustik moonutatud ruute.

Koordinaatruudustiku ruutude jaotamisel diagonaalide ja muude kaardiga ühiste joonte abil võib luua silmuste võrgu, mida võib samuti kasutada vajalikkude esemete ülekandmiseks.

IV. Lisad.

Lisa nr. 1.

Lühike ülevaade riigi territooriumi kaardistamisest.

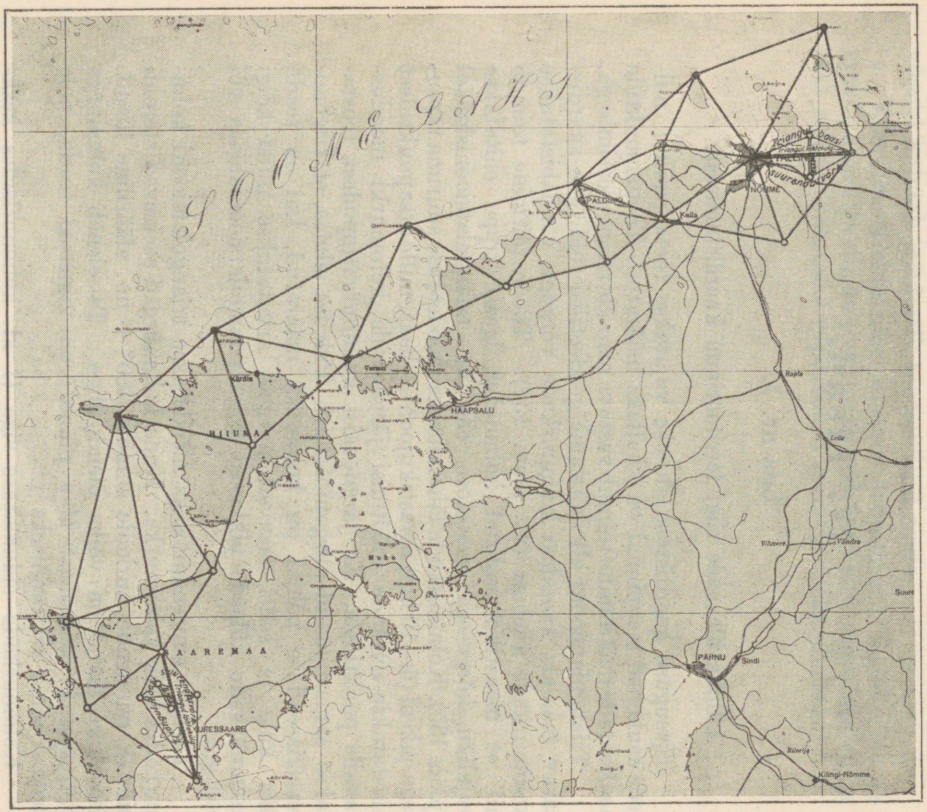
Igasuguse kaardistuse aluseks vajatakse toetuspunkte, millede asukohad maapinnal on kindlaks määratud. Toetuspunktide asukohtade määramine toimub vastava maa-ala trianguleerimisega.

Triangulatsiooni all mõistame geodeetilisi töid, kus kaardistatav maa-ala kaetakse kolmnurkade võrguga või läbistatakse kolmnurkade ahelaga (vt. joon. 134). Tööde täitmine toimub nii, et maastikul valitud kolmnurga igasse tippu ehitatakse vajaliku kõrgusega vaatetorn ehk nn. triangulatsioonisignaal (joon. 135). Kolmnurkade lähtealuseks mõõdetakse suurima täpsusega pikem (6—10 km) maastikujoon — baas, mille otsapunktidest alustatakse nurkade mõõtmisi järgnevaile kolmnurki moodustavaile punktidele. Ka järgnevaist kolmnurgatippudest teostatakse samasuguseid nurgamõõtmisi. Pidades silmas, et trigonomeetriaseaduse põhjal on kolmnurk määratud, kui on teada üks külg ja sellel lasuvad nurgad, arvutatakse nüüd kõigi kolmnurkade külgede pikkused kogu triangulatsiooniahelas või -võrgus.

Täpsuse suurendamiseks mõõdetakse triangulatsiooni kolmnurkades kõik kolm nurka. Kuna kolmnurgad asetsevad sferoidi pinnal, on nende nurkade summa $180° +$ nn. sfääriline liiand. Sfääriline liiand on väike õiendusliige. Ta oleneb kolmnurga suurusest ja asukohast Maa pinnal; on viimased teada, pole raskusi tema arvutamiseks [1]).

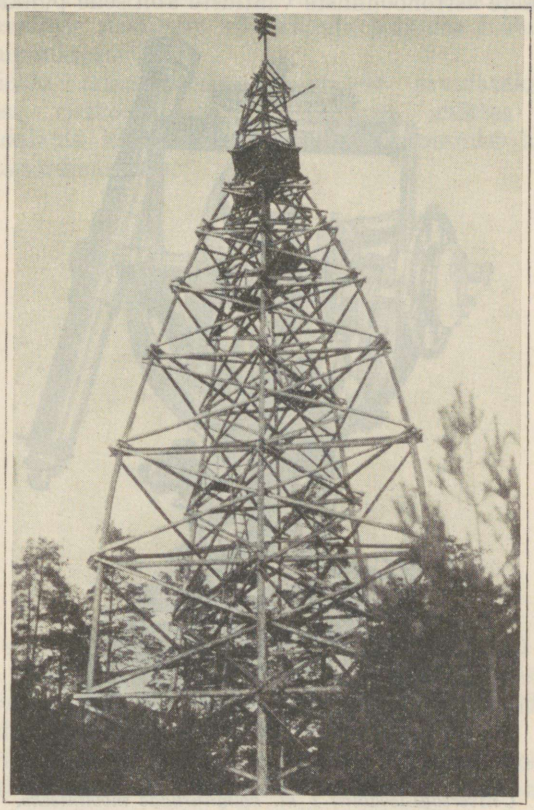
Kolmnurkade sidumatuse viga (I kl. kolmnurkades keskmiselt alla 1″) jaotatakse erilisel põhimõttel ja viisil, nn. triangulatsiooni tasandamise teel, kõikidele üksikutele nurkadele.

[1]) 10 km külgedega kolmnurgas on sfääriline liiand „ε“ meil 0,22″, 25 km külgedega kolmnurgas 1,37″ jne.



Joon. 134. Kahe baasiga triangulatsiooni ahel.

Säärast kolmnurkade arendamist on võimalik täita vaid piiratud ulatuses, sest hoolimata täpsetest mõõtmistest ja arvutustest tekivad vead, mis suurenevad kolmnurgast kolmnurka. Et vead ei kasvaks üle teatud täpsuspiiri, mõõdetakse triangu-



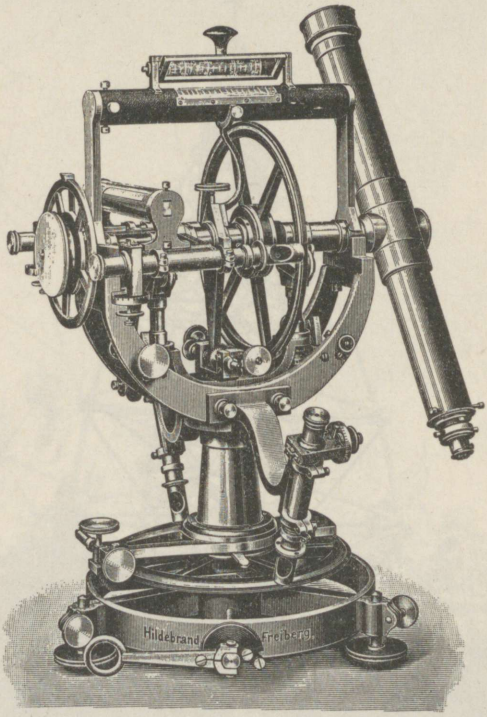
Joon. 135. I kl. triangul. signaal.

latsiooniahelas suure täpsusega mitu üksteisest mõnesaja kilomeetri kaugusel asuvat baasi. Kolmnurgad ühendatakse nendega ja ilmnevad lahkuminekud jaotatakse tasandarvutuse teel kõigile baasidevahelistele kolmnurkadele.

Nii kaetakse maa suurte I klassi kolmnurkadega (külje

pikkused 20—50 km), mis hiljemini tihendatakse väiksematega, n.n. II, III ja IV klassi kolmnurkadega (vt. joon. 138).

Baasi otsapunktis või baasi suurendusvõrgu abil tuletatud triangulatsiooni lähtekülje (vt. joon. 134) ühes otsapunktis määratakse täpsete astronoomiliste vaatluste abil selle punkti geograa-



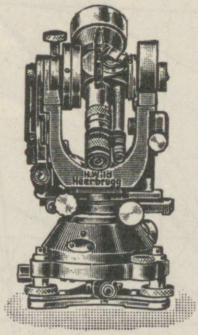
Joon. 136.
Universaal-teodoliit I kl. kolmnurkade mõõtmiseks.

filine pikkus ja laius ja lähtekülje asimuut. Sellega orienteeritakse triangulatsioonivõrk Maa sferoidil. Arvutuse teel on nüüd võimalik määrata geograafilisi koordinaate ja asimuute kõigile järgnevatele triangulatsioonipunktidele.

Täpsuse suurendamiseks toimetatakse astronoomilisi määramisi veel mitmes vahepealses I klassi triangulatsioonipunktis.

Need täiendavad astronoomilised toetuspunktid aitavad omalt poolt kaasa Maa kuju uurimiseks, eriti seda, kuivõrd geoidi pind erineb kaardistamistööde aluseks võetud sferoidi pinnast. Selle tähtsa küsimuse selgitamiseks, millest teatud määral oleneb triangulatsioonide täpsus, teostatakse ka raskustungi kiirenduse mõõtmisi võimalikult paljudes I klassi triangulatsioonipunktides[1]).

Kõikidele triangulatsioonipunktidele arvutatakse Lambert-Gaussi ristkoordinaadid. Lihtsuse mõttes toimetatakse madalama klassi triangulatsiooni arvutamist ka vahenditult ristkoordinaatides.



Joon. 137. Teodoliit II, III jne. klassi kolmnurkade mõõtmiseks.

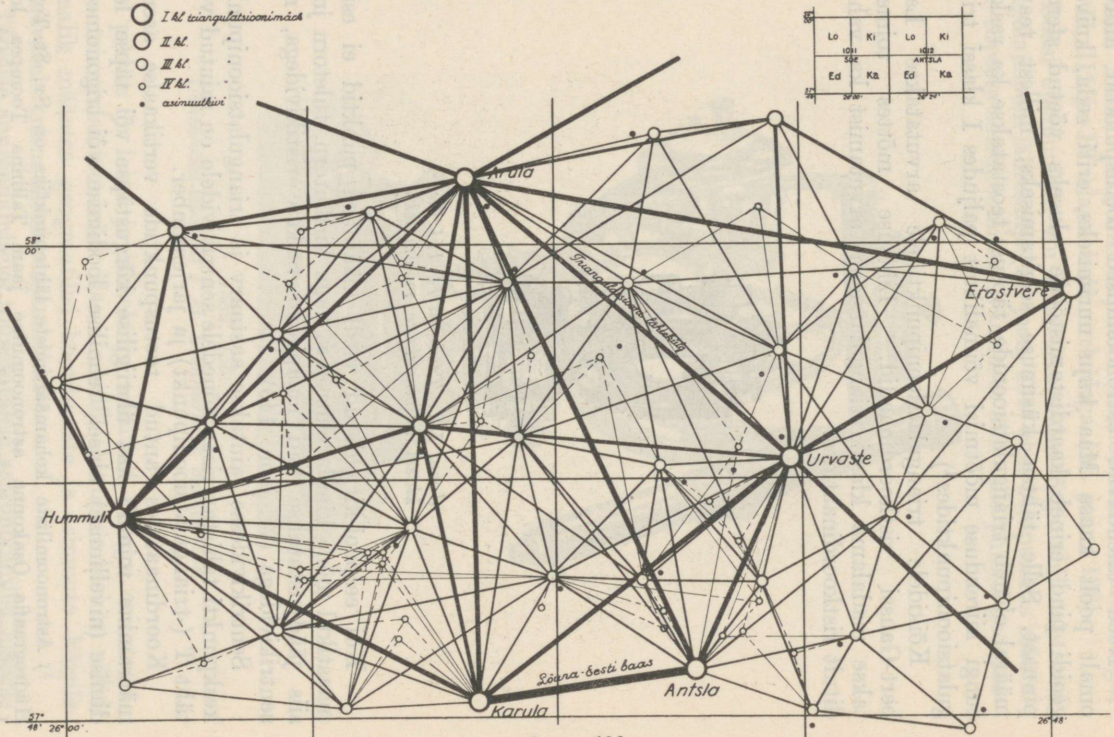
Kui eespool-kirjeldatud viisil määratud punktid ei esine maastikul mõne kindla ehitisena, nagu kirikutorn, tuletorn jne., siis jäädvustatakse nad maapinnal raskete ristikividega, nn. sentrikividega (vt. joon. 143).

Sentrikividesse raiutakse aastaarv ja triangulatsioonipunkti keskpunkti tähistav rist. Mõnedele sentrikividele on raiutud veel täht T (-triangulatsioonipunkt) ja järjenumber.

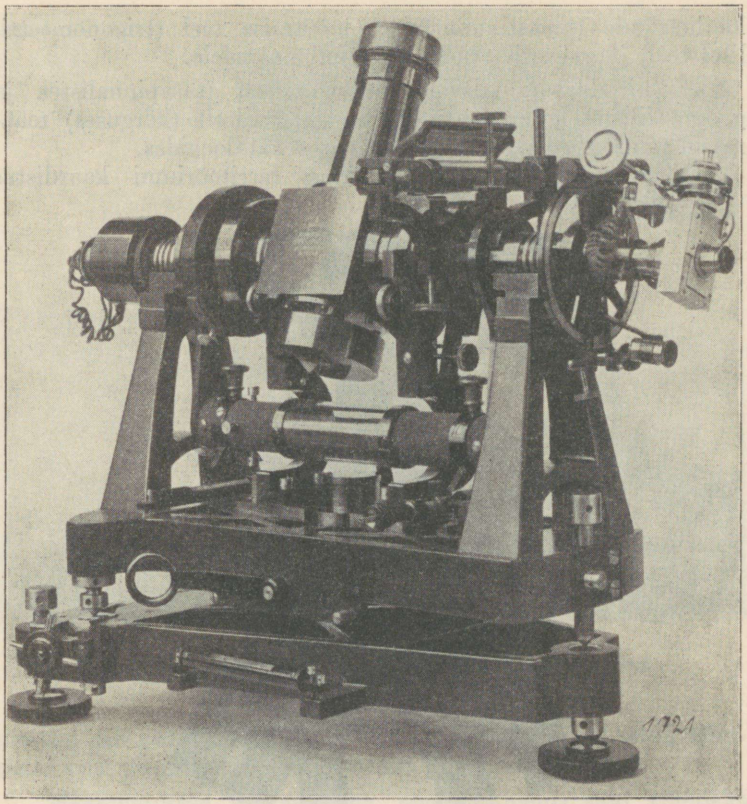
Koordinaatides antud toetuspunktide vertikaalse asendi määramine toimub kas üleriigilise kõrgustäpse või täpse loodimise (nivellimise) alusel, tehnilise loodimise või trigonomeet-

[1]) Astronoomiliste kohamääramiste lähtepunktiks on Sv. St. Topo-Hüdrograafia Osakonna astronoomiline jaam Tallinna Toompea lossi Landskrona tornis. Sealseis keldreis asub ka raskustungi mõõtmiste lähtepunkt.

Triangulatsiooni arendus baasist



Joon. 138.



Joon. 139. Passažiriist astronoomilisteks kohamääramisteks.

rilise määramise teel. Üleriigilise loodimise lähtealuseks on kestvate korrapäraste vaatluste alusel tuletatud keskmine Soome lahe veepind, nn. normaal-nullpunkt, lüh. NN.

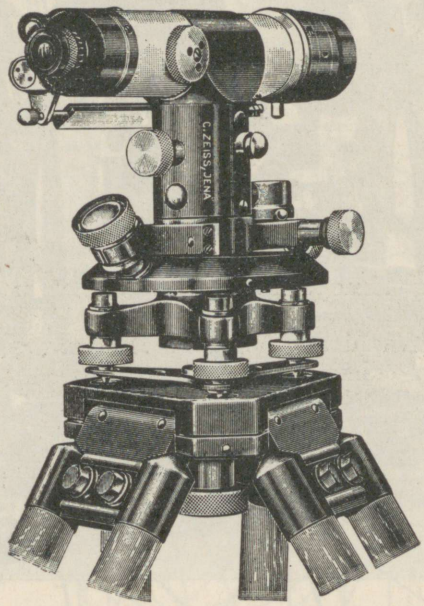
Sooritades nivelliiriga loodimiskäike pea- ja raudteid mööda, kantakse kõrgused (nn. absoluut- ehk merekõrgused) teedel leiduvate püsivate kiviehitiste seintesse müüritud või maasse valatud betoonsammastesse asetatud metallist poltidele, kõrgusmärkidele, nn. reeperitele (vt. joon. 142).

Nendelt reeperitelt kantakse absoluutkõrgus lähemate triangulatsioonipunktide sentrikividele ja siit juba teodoliidiga verti-

kaalnurkade (maastikunurkade) mõõtmise teel (trigonomeetrilisel teel) järgnevaile triangulatsioonipunktidele.

Eeskirjeldatud viisidel horisontaalselt (tasapinnalistes ja geograafilistes koordinaatides) ja vertikaalselt (kõrguses) määratud punktid avaldatakse vastavates kataloogides.

Neile punktidele tugeneb riigi territooriumi kaardistus



Joon. 140. Nivelliir.

sõjalisteks ja üldisteks tarveteks kui ka katastriga ja maakorraldusega seotud mõõtmine.

Riiklikke geodeetilisi mõõtmisi ja kaardistustöid tehakse peamiselt kaheks otstarbeks:

— maamõõtetöid kultuurtehnilisteks tarveteks ning kinnistus- (omandisõigus) ja maksustamis- (kataster) vahekordade lahendamiseks,

— topograafilisi töid kaardistamise eesmärgil sõjalisteks ja üldisteks tarveteks.

Topograafiliste tööde peasiht on maapinna joonestuslik kuju-



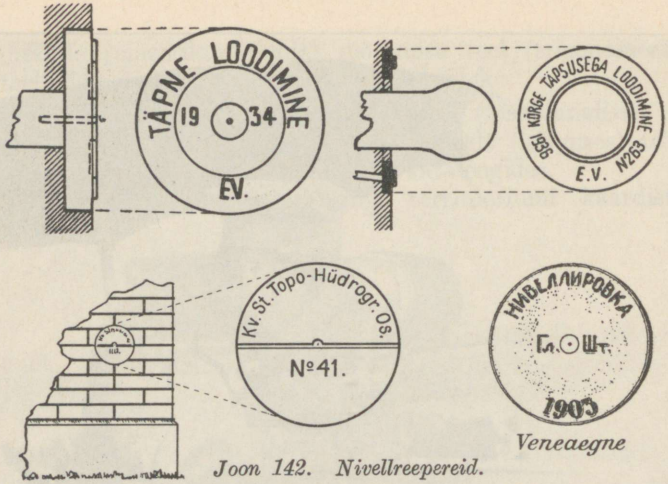
Joon. 141. Topograaf kipreegli ja mensuliga maastikul.

tamine, mis peab maastikust andma täpse ja tõetruu pildi, rõhutades eriti pinnavormide kujutamist ja kohamääramist.

Maamõõtmisel seevastu on maastikujoonis vaid abinõuks mõõtetagajärgede piltlikuks selgitamiseks.

Erisuguste eesmärkide tõttu leiavad ka eriviisilist rakendamist triangulatsiooniga loodud toetuspunktid.

Kui maamõõtetöödeks piisab mõõtmistagajärgede horisontaalsest sidumisest nende toetuspunktidega nurgamõõtmise teel kas otsekohe või mõni aeg hiljemini, peab topograaf toetuma algusest peale nendele punktidele. Triangulatsiooniga loodud toetuspunktide alusel peab ta looduses määrama uusi punkte ja valmistama maastikust graafiliste meetodite abil, kasutades plaanistuslauda ja kipreeglit (vt. joon. 141) tõetruu rõhtpinnalise kujutise — üleriigilisesse kaardisüsteemi sobiva täpse, selge ja kergesti loetava kaardilehe. Pärast suviste välistööde lõppemist



Veneaegne

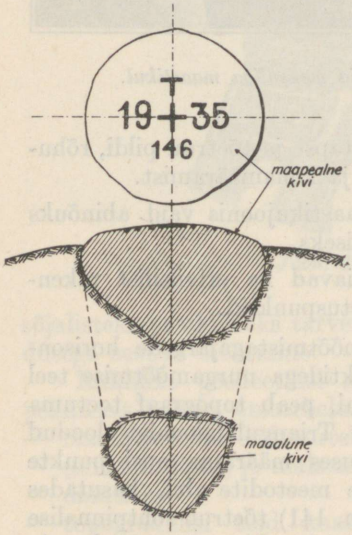
Joon 142. Nivellreepereid.

viimistellakse maastikul tehtud kaardijoonis paljundamiseks trükimasinas.

Rööbiti topograafiliste töödega toimub meie hüdrograafiline kaardistamine vete sügavuste mõõtmiste teel.

Kaardistamistöid täiendatakse üleriigilise maamagnetilise ülesvõttega.

Mõnesugusteks vajadusteks on looduses ülesvõetud kaardilehe mõõtkava 1 : 10 000, 1 : 25 000 ja 1:50 000 liiga suur ja joonis üksikasjaline. Kartograafi ülesanne on seepärast koostada nende kaardilehtede alusel erikaarte väiksemates mõõtudes. Selleks vähendatakse maastikul ülesvõetud suuremõõduline kaart foto-mehaanilisel teel tarvilikul määral ja luuakse seega alus kartograafi poolt koostatavale eriotstarbelisele kaardile.



Joon. 143. Triangulatsioonipunkti sentrikivi.

Mida väiksemas mõõdus on koostatav kaart, seda enam peenusi tuleb ära jätta, maastikuvorme

kokku suruda ja iseloomustav välja töötada, pidades silmas koostatava kaardi erinõudeid. Säärasel viisil koostatakse kartograafilisel teel meie operatiivkaart 1 : 200 000 ja teised kaardid, mis rahuldavad väejuhi kui ka üldtarvitaja nõudeid ülevaate, liiklemise, orienteerumise jne. suhtes.

Riigiasutistes kui ka eraettevõtetes koostatakse veel kooli-, seina-, teede-, posti-, piiri- jne. kaarte ja igasuguseid skeeme. Neid töid ei saa pidada kaardistusala paralleeltöödeks, kuna nad on topograafilise põhimaterjali ja maamõõtmistulemuste alusel koostatud asutiste ja mõningate majandusringkondade erinõudeid ja vajadusi rahuldavad skeemilised ülevaated või projekteerimistulemuste piltlikud kujutised, milledel pole peanõudeks topograafiline täpsus, vaid erisihte taotlev väljendusviis.

Kaardil esineva koonduse $\Delta\lambda'$ tabel.

$[\Delta\lambda' = (\lambda_0 - \lambda) \sin \varphi_0]$

Idapoolne		Koondus	Läänepoolne	
geogr. pikkus	—	$\Delta\lambda'$	+	geogr. pikkus
25°00′		0		25°00′
06	—	0° 5′1	+	24°54
12	—	10,3	+	48
18	—	15,4	+	42
24	—	20,6	+	36
25°30	—	25,7	+	24°30
36	—	30,9	+	24
42	—	36,0	+	18
48	—	41,2	+	12
54	—	46,3	+	6
26°00	—	51,5	+	24°00
6	—	56,6	+	23°54
12	—	1°01,8	+	48
18	—	06,9	+	42
24	—	12,1	+	36
26°30	—	17,2	+	23°30
36	—	22,4	+	24
42	—	27,5	+	18
48	—	32,7	+	12
54	—	37,8	+	06
27°00	—	43,0	+	23°00
06	—	48,1	+	22°54
12	—	53,3	+	48
18	—	58,4	+	42
24	—	2°03,6	+	36
27°30	—	08,7	+	22°30
36	—	13,9	+	24
42	—	19,0	+	18
48	—	24,2	+	12
54	—	29,3	+	06
28°00	—	34,4	+	22°00
6	—	39,6	+	21°54
12	—	44,7	+	48

Abitabel.

1″	0,01
2	0,03
3	0,04
4	0,06
5	0,07
6	0,09
7	0,10
8	0,11
9	0,13
10	0,14
20	0,29
30	0,43
40	0,57
50	0,72
1′	0,86
2′	1,72
3′	2,57
4′	3,43
5′	4,29
6′	5,15

($\Delta\lambda'$ saadakse tabelist 0,1 täpsusega.)

Lisa nr. 3.

Tavaliselt mõõdetud kaldjoonte rõhtpinnaliste kauguste tabel.

(D = d cos α.)

Mõõdetud kaldjoon d m / Kaldenurk α	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1°	9,998	19,997	29,995	39,994	49,992	59,991	69,989	79,988	89,986
2	9,994	19,988	29,982	39,976	49,970	59,963	69,957	79,951	89,945
3	9,986	19,973	29,959	39,945	49,931	59,918	69,904	79,890	89,876
4	9,976	19,951	29,927	39,902	49,878	59,854	69,829	79,805	89,780
5	9,962	19,924	29,886	39,848	49,810	59,771	69,733	79,695	89,657
6	9,945	19,890	29,836	39,781	49,726	59,671	69,616	79,562	89,507
7	9,925	19,851	29,776	39,702	49,627	59,553	69,478	79,404	89,329
8	9,903	19,805	29,708	39,611	49,513	59,416	69,319	79,222	89,124
9	9,877	19,754	29,631	39,508	49,384	59,261	69,138	79,015	88,892
10	9,848	19,696	29,544	39,392	49,240	59,088	68,937	78,785	88,633
11	9,816	19,633	29,449	39,265	49,081	58,898	68,714	78,530	88,347
12	9,781	19,563	29,344	39,126	48,907	58,689	68,470	78,252	88,033
13	9,744	19,487	29,231	38,975	48,718	58,462	68,206	77,950	87,693
14	9,703	19,406	29,109	38,812	48,515	58,218	67,921	77,624	87,327
15	9,659	19,319	28,978	38,637	48,296	57,956	67,615	77,274	86,934
16	9,613	19,225	28,838	38,450	48,063	57,676	67,288	76,901	86,513
17	9,563	19,126	28,689	38,252	47,815	57,378	66,941	76,504	86,067
18	9,511	19,021	28,532	38,042	47,553	57,064	66,574	76,085	85,595
19	9,455	18,910	28,366	37,821	47,276	56,731	66,186	75,642	85,097
20	9,397	18,794	28,191	37,588	46,984	56,381	65,778	75,175	84,572

Lisa nr. 4.

Mõõdulatilt loetud kaldjoonte rõhtpinnaliste kauguste tabel.

(D = d $\cos^2 \alpha$.)

Kaldenurk α	Mõõdulatilt loetud kaugused d_1 m-tes								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
2°	9,99	19,98	29,96	39,95	49,94	59,93	69,92	79,90	89,89
4	9,95	19,90	29,85	39,81	49,76	59,71	69,66	79,61	89,56
6	9,89	19,78	29,67	39,56	49,45	59,34	69,24	79,13	89,02
8	9,81	19,61	29,42	39,23	49,03	58,34	68,64	78,45	88,26
10	9,70	19,40	29,10	38,79	48,49	58,19	67,89	77,59	87,29
12	9,57	19,14	28,70	38,27	47,84	57,41	66,97	76,54	86,11
14	9,42	18,83	28,24	37,66	47,07	56,49	65,90	75,32	84,73
16	9,24	18,48	27,72	36,96	46,20	55,44	64,68	73,92	83,16
18	9,05	18,09	27,14	36,18	45,23	54,27	63,32	72,36	81,41
20	8,83	17,66	26,49	35,32	44,15	52,98	61,81	70,64	79,47

Kraadide ja minutite ümberarvutamine kaugustuhandikkudesse (ŋ́). Lisa nr. 5.

Kraadid (°).

	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
	ŋ́									
00°	0,0...	17,7...	35,5...	53,3...	71,1...	88,8...	106,6...	124,4...	142,2...	159,9...
10	177,7...	195,5...	213,3...	2 31,1...	248,8...	266,6...	284,4...	302,2...	319,9...	337,7...
20	355,5...	373,3...	391,1...	4 08,8...	426,6...	444,4...	462,2...	479,9...	497,7...	515,5...
30	533,3...	551,1...	568,8...	5 86,6...	604,4...	622,2...	639,9...	657,7...	675,5...	693,3...
40	711,1...	728,8...	746,6...	7 64,4...	782,2...	799,9...	817,7...	835,5...	853,3...	871,1...
50°	888,8...	906,6...	924,4...	942,2...	959,9...	977,7...	995,5...	1 013,3...	1 031,1...	1 048,8...
60	1 066,6...	1 084,4...	1 102,2...	1 119,9...	1 137,7...	1 155,5...	1 173,3...	1 191,1...	1 208,8...	1 226,6...
70	1 244,4...	1 262,2...	1 279,9...	1 297,7...	1 315,5...	1 333,3...	1 351,1...	1 368,8...	1 386,6...	1 404,4...
80	1 422,2...	1 439,9...	1 457,7...	1 475,5...	1 493,3...	1 511,1...	1 528,8...	1 546,6...	1 564,4...	1 582,2...
90	1 600,0...									

Minutid (′).

	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′	7′	8′	9′
	ŋ́									
00′	0,0	0,30	0,59	0,8...	1,19	1,48	1,7...	2,07	2,37	2,6...
10	2,96	3,26	3,5...	3,85	4,15	4,4...	4,74	5,04	5,3...	5,63
20	5,93	6,2...	6,52	6,81	7,1...	7,41	7,70	7,9...	8,30	8,59
30	8,8...	9,19	9,48	9,7...	10,07	10,37	10,6...	10,96	11,26	11,5...
40	11,85	12,15	12,4...	12,74	13,04	13,3...	13,63	13,93	14,2...	14,52
50	14,81	15,1...	15,41	15,70	15,9...	16,30	16,59	16,8...	17,19	17,48

360° = 6 400 ŋ́; 1° = 17,77... ŋ́; 1′ = 0,296 296... ŋ́.

Tabeli kasutamise näide. Vaja leida näit. 14° 23′ vastav arvsuurus kaugustuhandikkudes.

Kraadide tabelist leiame 14° = 248,89 ŋ́
Minutite „ „ 23′ = 6,81 „

14°23′ = 255,7 ŋ́

Lisa nr. 6.

Maa kumerusest tingitud kõrgusvahede parandused.

d = horisontaalne kaugus, R = Maa raadius.

Kaugused d	Maa kumerus $\frac{d^2}{2R}$	Differents
km	m	+
1	0,1	
2	0,3	0,2
3	0,7	0,4
4	1,3	0,6
5	2,0	0,7
6	2,8	0,8
7	3,8	1,0
8	5,0	1,2
9	6,3	1,3
10	7,8	1,5
11	9,5	1,7
12	11,3	1,8
13	13,2	1,9
14	15,4	2,2
15	17,6	2,2
16	20,1	2,5
17	22,7	2,6
18	25,4	2,7
19	28,3	2,9
20	31,3	3,0

Lisa nr. 7.

Kõrgusvahede $h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$ graafik.

