

Kenttätykistön ja kranaatinheittimistön mittausvälineet ja -menetelmät

Yleisesikuntamajuri Martti Putkiranta

JOHDANTO

Kenttätykistön ja kranaatinheittimistön mittaus toimintaan otetaan ohjesäännöissä kuuluviksi tuli-, tulenjohto- ja mittaus tiedusteluasemien sekä maalin koordinaattien määrittäminen samassa suorakulmaisessa koordinaatistossa sekä oikean ja yhdenmukaisen suunnan määrittäminen suunnanmittausvälineille kaikissa taisteluasemissa.

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan ohjesääntöjen laajasta mittaus toiminnan aiheisällöstä mittauksen perustaa, välineistöä sekä mittaus menetelmiä. Maalin koordinaattien määrittämistä rajoitetaan tutki maan vain siltä osin kuin se tapahtuu tulenjohtopaikalta. Muu maali tiedustelu sivuutetaan.

Kenttätykistöä ja kranaatinheittimistöä on orgaanisesti vain prikaatissa. Armeijakunnilla on yleensä kuitenkin aina omiakin tuliyksiköitä, joilla ne kykenevät vaikuttamaan rintamataisteluihin. Armeijan välittömässä johdossa olevat tuliyksiköt sen sijaan tukevat tavallisesti vain selustan puolustamista ja ovat reservinä. Taisteluun välittömästi osallistuvien joukkojen mittausvälineitä ja -menetelmiä tutkittaessa voidaan näin ollen pitäytyä perusyhtymässä ja armeijakunnassa.

Mittauksen kannalta käsitteiden kenttätykistö ja kranaatinheittimistö erittelyllä on merkitystä vain tutkittaessa niiden mittaus toiminnalle asettamia vaatimuksia. Näihin taas vaikuttaa ampuva ase ainoastaan

kantaman ja hajonnan kautta. Näin ollen ei tässä yhteydessä olekaan tarvetta yksiselitteiseen rajankäyntiin, mikä olisikin uusimpien aseiden osalta varsin vaikeata. Kenttätykistön ja kranaatinheittimistön voidaan antaa edustaa aseryhmiä, joilla on tarkemmin jäljempänä esille tulevat kantamat ja erityisesti hajonta-arvot. Epäselvyyksiä ei myöskään synny, vaikka kenttätykistöstä ja kranaatinheittimistöstä käytetään vain ilmaisuja tykistö ja heittimistö. Edelliseen on tällöin sisällytettävä myös keskiötykistö, kun sitä käytetään kenttätykistön tapaan.

Virhetarkasteluissa käytetään meillä ampumatoiminnan yhteydessä yleensä käytettyä todennäköistä poikkeamaa ja virhettä. Verrattaessa näitä eri lähteissä esiintyviin käsitteisiin on muistettava, että todennäköinen virhe (r) = $0,675 \times$ keski- eli standardivirhe (m) = $0,845 \times$ keskimääräinen virhe (d).

I MITTAUSTEN PERUSTA

A. MITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT KOORDINAATISTOT

Yleispätevästi voidaan maali osoittaa vain määrittämällä sen koordinaatit samassa suorakulmaisessa koordinaatistossa, missä tuliyksikötkin on mitattu. Napakoordinaatistoa käytetään vain, mikäli suorakulmaista koordinaatistoa ei ole muodostettu tai tietyissä erikoistapauksissa, kuten suora-ammunnassa.

Karttakuvaukseen sijoitettua suorakulmaista koordinaatistoa sanotaan karttakoordinaatistiksi. Ampumatoimintaa varten on meillä vuoden 1965 aikana otettu käyttöön koko maan peittävä yhteis- eli sotilaskoordinaatisto. Sen i-akselina on päiväntasaaja ja p-akselina 27.itäinen pituuspiiri. Geodeettinen eli siviilikoordinaatisto muodostuu edelleen erillisenä kolmen asteen meridiaanikaistoille. Yhteisenä y(i)-akselina on tällöinkin päiväntasaaja, mutta x(p)-akselina on kullakin kaistalla keskimeridiaani, meillä siis 21, 24, 27 ja 30 astetta itäistä pituutta.

Sotilaskoordinaatistoa on alettu painaa täydellisenä vuoden 1965 loppupuolella ja sen jälkeen valmistuviin karttoihin. Erotukseksi geodeettisen koordinaatiston mustasta väristä se painetaan punaisella.

B. KARTTOJEN TARKKUUS JA KARTASTOTILANNE

Kartoista saatavien koordinaattien tarkkuuteen vaikuttavat kartan sisäinen ja sen käytön tarkkuus sekä karttakuvioiden laatu.

Viimeksi mainittu tulee esille kaikissa piirretyissä kartoissa. Koska maaston luonne ja erilaiset kohteet on ilmaistava karttamerkeillä, eivät kaikki kuviot voi olla täsmällisiä, vaan on tyydyttävä kaaviolliseen ja osaksi epämääräiseenkin ilmaisuun. Täsmällisiä kuvioita ovat viivamaisilla karttamerkeillä tai pisteillä ilmaistut kohteet. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset linjat risteyksineen, kolmiopisteet ja pulttiparit.

Kaaviollisina on kartoille piirretty mm rauta- ja maantiet, sillat ja useimmat rakennukset. Niiden kuviot ovat yleensä mittakaavan edellyttämää kokoa suurempia, jotta ne selvästi erottuisivat ympäristöstään. Näin ollen on vain keskipisteet voitu sijoittaa oikeille paikoilleen. Niitäkin on jouduttu siirtämään sellaisilla alueilla, joissa karttamerkkejä on paljon. Kaaviollisesti esitetyistä kuvioista ovat siten tarkimpia erillisten rakennusten, siltojen ja rumpujen sekä jyrkästi toisensa leikkaavien teiden risteysten keskipisteet.

Epämääräisinä on kartoille kuvattu rajoiltaan muuttuvat maastokuviot, kuten suot, hakkaukset ja rantaviivat.

Taulukkoon 1 on koottu tietoja kartan sisäisestä ja sen käytön virheestä. Edellinen osoittaa lähinnä, mikä on piirtämisestä johtuva todennäköinen virhe. Kartan käytön tarkkuus taas ilmaisee paikantamislevyllä m/61 luettujen täsmällisten ja kaaviollisesti piirrettyjen erillisten maastopisteiden koordinaattien tarkkuutta. Tiedot ovat kokemusperäisiä vain 1 : 20 000 kaavaisten karttojen tasokoordinaattien osalta. Muut ovat lukemistarkkuuden ja mittakaavan perusteella laskettuja. Erityisesti 1 : 50 000 kartan käytön tarkkuutta voitaisiin parantaa lukemalla koordinaatit nooniolla tai suurennuslasilla varustetulla mittarilla.

| Kartta | Korkeuskäyrien väli (m) | Kartan todennäköinen virhe (m) | | | |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------|---------------|---------|
| | | Kartan sisäinen | | Kartan käytön | |
| | | p ; i | k | p ; i | k |
| Peruskartta 1 : 20 000 | 5 | 2 — 3 | 0,6 — 1 | 5 — 7 | 1,5 |
| topkartta 1 : 50 000 | 10 | 2,5 — 4 | 1,3 — 1,6 | 9 — 12 | 3 |
| topkartta | 5 tai 10 | | | 10 — 20 | 1,5 — 3 |

Taulukko 1 Karttojen todennäköiset virheet

Kartastotilanne vuoden 1965 lopussa näkyy kuvassa 1. Siitä ilmenee, että vain 1:400000 yleiskartta peittää koko valtakunnan alueen. Mikäli kartoitustyö edistyy suunniteltua vauhtia, saadaan maamme 1:20000 kaavaiseen kartastoon vuonna 1970. Kaikki karttalehdet saataneen kuitenkin käyttöön vasta 2—3 vuotta myöhemmin. Suunnitelmien nopeuttaminen on lähinnä vain rahakysymys, sillä esim. ilmakuva-aineistoa on jo nyt kaikkialta maamme rajojen sisäpuolelta. Mitkään äkinäiset muutokset eivät kuitenkaan ole mahdollisia, koska kartan valmistaminen vaatii tietyt työvaiheet ja uusien painatuslaitosten käyttöönottoon sekä nykyisten kartoituslaitosten laajentamiseen kuluu useita kausia.

C. RUNKOPISTEET

Kartoituksen perustana käytettäviä runkopisteitä ovat kiinto- ja tukipisteet. Kiintopisteverkoston muodostavat kolmio-, monikulmio- ja myös osittain murtoviivajonojen pisteet, joista kaikista on laskettu sekä taso että korkeuskoordinaatit. Näiden lisäksi on vaakituspisteitä, joista on mitattu vain korkeudet. Maastossa kiintopisteet ovat kolmiomittaustorneja, latvamerkkejä, paaluja ja maakiviin upotettuja pultteja.

Tukipisteet määritetään kolmioinnilla, murtoviivamittauksilla ja fotogrammetrisenä pistetihennyksenä. Koska tukipisteitä käytetään vain ilmakuvien kohdistamiseen, ei niitä ole yleensä merkitty maastoon.

Kiintopisteverkosto peittää nykyisin koko maan melko tiheänä. Yli 10 km:n välejä on vain Lieksan ja sen koillispuolisilla alueilla. Tukipisteitä on vain alueilla, jotka on kartoitettu 1:20000 mittakaavassa.

Runkopisteiden tarkkuus riippuu niiden laadusta. Todennäköinen tasokoordinaattivirhe on kolmiomittaustorneissa $\pm 0,2$ m, puunlatvamerkeissä $\pm 0,5$ m, murtoviivapisteissä $\pm 1,0$ m ja fotogrammetrisesti määritetyissä pisteissä $\pm 1,5$ m.

Olennainen puute on vielä tällä hetkellä se, että runkopisteaineiston koordinaatit on laskettu vain geodeettisessa koordinaatistossa. Koska muutostyö ei ole kentällä suoritettavissa, vaan se vaatii tietokonekäsitelyä, tulisi kaikkien runkopisteiden tasokoordinaatit laskea myös sotilaskoordinaatistossa.

- ① PERUSKARTTA 1:10 000 / 1:20 000
TOPKARTTA 1:20 000



Painetut karttalehdet
Puhdaksipiirretyt lehdet
Maastotyö suoritettu

- ② TOPKARTTA 1:100 000



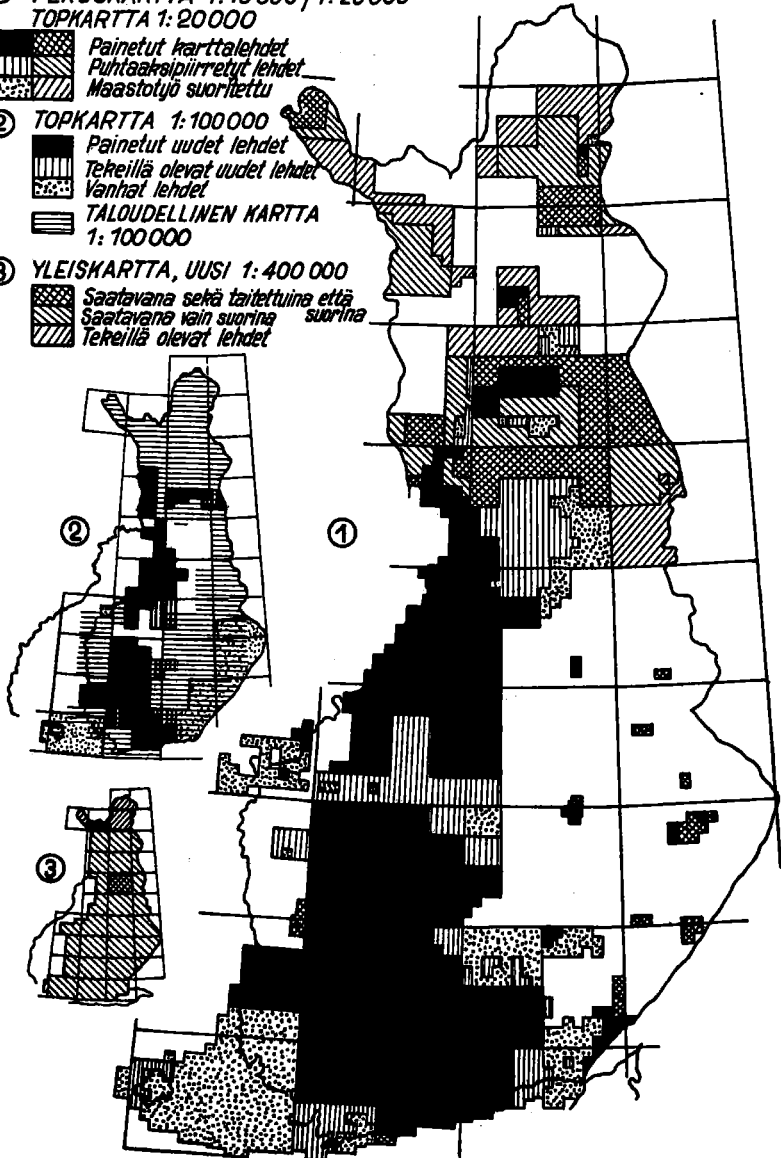
Painetut uudet lehdet
Tekeillä olevat uudet lehdet
Vanhat lehdet

TALOUDELLINEN KARTTA
1:100 000

- ③ YLEISKARTTA, UUSI 1:400 000



Saatavana sekä taitettuina että
Saatavana vain suurina suurina
Tekeillä olevat lehdet



Kuva 1

Erilaisia pistekarttoja on meillä kokeiltu ja suunniteltu useitakin eri malleja. Viimeksi ilmestyneessä 1:50 000 topograffikartassa on pisteluettelo painettu erillisenä kartan sivuun. Sen käyttö on kuitenkin hyvin hankalaa, sillä mitään yhdistävää numerointia ei ole kartan vastavissa pisteissä, vaan ne on etsittävä koordinaattien perusteella. Kartan yleiskäyttöä ei varmaankaan häiritsisi, vaikka luettelon pisteet olisi rengastettu ja osoitettu viitenumeroilla.

D. TILAPÄISKOORDINAATISTON KÄYTTÖTARVE

Karttakoordinaatistoon voidaan liittyä vain kiintopisteitä käyttäen niillä alueilla, joilta ei ole riittävän tarkkoja karttoja. Vertaamalla kiintopisteiden keskimääräistä tiheyttä yhtymien ja pataljoonien alueisiin, voidaan likimäärin päätellä tilapäiskoordinaatiston käyttötarve.

Armeijakunnan vastuualueen suuruutta on yleisesti vaikea arvioida jo yksinomaan joukkojen vaihtelevan määrän vuoksi. Suuruusluokkana todettakoon kuitenkin, että 3—4 prikaatisessa armeijakunnassa se on yleensä vähintään 40 km leveä ja ainakin yhtä syvä. Prikaatien vastualueet saattavat samoin olla hyvinkin erilaisia. Alle 10 km:n leveyttä ja syvyyttä on kuitenkin jo pidettävä poikkeustapauksena. Vastaava luku pataljoonassa on 2—3 km.

Kiintopisteitä voi edellä esitetyn keskimääräisen tiheyden perusteella olla armeijakunnan alueella noin 10, prikaatin vastuualueella vain yksi, mutta pataljoonan vastuualueella ei yleensä yhtään.

Koko armeijakunnan mittauksen perustaksi ei näin ollen tarvitse ottaa tilapäiskoordinaatistoa. Prikaati joutuu turvautumaan siihen vain harvoin. Pataljoonassa sen sijaan on yleensä aina alkuvaiheessa muodostettava tilapäiskoordinaatisto, ellei riittävän tarkkoja karttoja ole. Toisaalta taas pataljoonaa on pidettävä pienimpänä johtoportana, johon alusta alkaen on saatava yhtenäinen koordinaatisto.

II MITTAUKSILLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET

A. MITTAUSTEHTÄVÄT

Johdannossa olevasta mittaustoiminnan määritelmästä voidaan paikantamisen kohteiksi eritellä kenttätykistön ja kranaatinheittimistön

tuli- ja tulenjohtoasemat, tykistön mittaustiedusteluasemat sekä tietyt tähytyspaikat. Lisäksi on usein yhdistettävä eri joukkojen mittauksia ja tiennettävä kiintopisteverkostoa topografisen pohjan parantamiseksi.

Mittausten keskinäistä tärkeysjärjestystä ei yleisesti voida määrittää, Johtoportaan ja tilanteesta riippuen se saattaa samanaikaisessakin toiminnassa olla erilainen. Usein on kuitenkin tuliasemamittauksia pidettävä kiireellisimpinä, koska vasta samaan koordinaatistoon mitatuilla tuliyksiköillä voidaan tuli nopeasti keskittää.

Taistelulajista riippumatta ovat aktiivisen toiminnan aikana tuliasemamittaukset jatkuvia, sillä tuliyksiköiden on varauduttava siirtymään ainakin kerran vuorokaudessa. Kun lisäksi otetaan huomioon yllättävät tapaukset, voidaan vaatia, että jokaisella tuliyksiköllä on oltava oma mittauselimensä.

Tuliasemamittausten nopeuden on oltava sellainen, etteivät mittaukset hidasta keskitetyn toiminnan aloittamista silloinkaan, kun joudutaan ajamaan valmistelemattomiin aseisiin. Tämä edellyttää, että mittauksiin saa kenttätykistöllä kulua aikaa 1—2 tuntia. Kranaatinheittimistöllä voidaan ampumavalmius saavuttaa tätä nopeamminkin, mutta lyhyehkön kantaman ja paikallisen tulenkäytön vuoksi on sitä myös helpompi kuin tykistöä käyttää alkuvaiheessa likimääräisenkin paikantamisen avulla.

Tulenjohtomittaukset jakautuvat paljon laajemmalle alueelle kuin tuliasemamittaukset ja ovat näitä hajanaisempia. Kun tuliyksiköitä on prikaatissa kahdeksan, kevyt heittimistö mukaanluettuna, on esim puolustustaistelussa mitattavia tulenjohtopaikkoja noin 30 rintamavastuussa olevien pataljoonien alueilla. Selusta-asemassa ja muualla selustan puolustukseen liittyen niitä on lisäksi saman verran.

Tulenjohtomittausten nopeudelle asettaa ilmeisesti suurimman vaatimuksen hyökkäystaistelu. Jotta iskevän osan tulenjohtajille saataisiin mittausten avulla mahdollisuus nopeaan ja keskitettyyn tulenkäyttöön, on mittausnopeuden oltava kaikenlaisessa säässä ja myös pimeällä 2—3 km/h jalan tai hiihtäen liikkuvissa joukoissa ja noin 10 km/h polkupyörin ja moottoroituina liikkuvissa joukoissa.

Mittauskohteiden alueellisessa jakautumassa on vielä huomattava, että kevyen heittimistön tuliasemat ja pataljoonien tulenjohtoasemat

ovat kiinteä kokonaisuus. Selustan tulenjohtoasemat ovat taas raskaan heittimistön ja tykistön tuliasema-alueiden tasalla.

Eri joukkojen mittauksen koordinaattien yhdistäminen saisi tulla kysymykseen vain, mikäli mittauksen perustaksi ei ole riittävän tarkkoja karttoja. Tuli- ja tulenjohtoyksiköiden pitäisi omin mittausvälinein ja -elimin kyetä hoitamaan tarvitsemansa paikantamiset tarkkojen karttojen ja riittävästi tihennetyin alkupisteverkoston avulla. Tämä edellyttää myös oikean suunnan määrittämistä kaikissa tilanteissa. Kiin-topisteverkoston tihentämiseen alkupisteverkostoksi pitäisi taas jokaisen perusyhtymän itsenäisestikin pystyä.

B. TULEN OSUUS

Tieteen ja Aseen numerossa 13 on evl L Kaje tarkastellut kenttätykistön valmistelun virheitä ja todennut, että tarkistusammunnan jälkeen jää koordinaatti- ja suuntavirheistä vaikuttamaan vielä noin 70 %. Muut valmistelun virheet voidaan sen sijaan ainakin tarkistusmaalin lähellä korjata huomattavasti paremmin. Tarkistusammunnan jälkeen jäävät koordinaatti- ja suuntavirheet sivusuunnassa niin hallitseviksi, että niitä voidaan pitää ainoina virhelähteinä.

Aloitettaessa tuli suoraan vaikutusammuntana on valmistelussa syntyvän kokonaisvirheen pysyttävä niin pienenä, että maalipiste peittyi vielä tehokkaalla tulella. Käytännössä tämä merkitsee, että iskemäkeskipisteen todennäköinen virhe saa olla enintään $1/8$ tai, jos tyydytään 95 %:n varmuuteen, $1/6$ tehokkaan hajonnan mitoista. Tehokas hajonta on taas melko vaikeasti määritettävä suure. Iskuja vastaavilla laukausmäärillä se voitaneen ottaa ampuvan tulyksikön viiden todennäköisen poikkeaman suuruiseksi. Näin määrittelemällä saadaan iskemäkeskipisteen sallituksi todennäköiseksi virheeksi taulukossa 2 olevat arvot. Niitä laskettaessa on käytetty keskimääräiseksi katsottuja ampu-maetaisyysyksiä: kenttätykistö 7 km, raskas heittimistö 3,3 km ja kevyt heittimistö 1,8 km. Todennäköinen poikkeama sivusuunnassa yhden-suuntaista tuliviuhkaa käytettäessä on määritetty koeampumatulok-sista. Kranaatinheittimistön osalta on tällöin tosin jouduttu turvautu-maan melko pienen otantaan.

| Tuliyksikkö | r_p % am- et:stä | r_s % r_p :sta | Sallittu tpoikkeama (m) | | |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|-------|
| | | | 99,5 %:n varmuus / 95 %:n varmuus | | |
| | | | ams:ssa | sivusuunnassa | |
| yhd tuliviuhka | yhds tuliviuhka | | | | |
| Ktpsto | 0,75 | 20 | 34/45 | 7/9 | 15/20 |
| Rs krhk | 0,9 | 40 | 19/25 | 8/10 | 15/20 |
| Kv krhk | 1,5 | 50 | 17/23 | 9/12 | 15/20 |

Taulukko 2 Iskämäkeskipisteen sallittu poikkeama

C. MITTAUKSISSA VAADITTAVA TARKKUUS

Taulukosta 2 nähdään, että etenkin kenttätykistöllä on tarkkuusvaatimus sivusuunnassa oleellisesti suurempi kuin ampumasuunnassa. Tämän vuoksi on tarkastelun perustaksi otettava tarkkuusvaatimus sivusuunnassa. Tämä myös siksi, että koordinaatti-, suunta- ja muiden samalla tavalla vaikuttavien virheiden jakautumisesta ampuma- ja sivusuunnan kesken voidaan olla varmoja vain korkeus- ja suuntavirheiden osalta. Näistä edellinen vaikuttaa ainoastaan matkassa ja jälkimäinen sivusuunnassa. Muiden on oletettava jakautuvan tasan ampuma- ja sivusuunnan kesken.

Muiden kuin mittauksista, alkupisteistä ja suunnasta johtuvien todennäköisten virheiden summa on tuliyksikkökohtaisena noin ± 7 m. Tähän sisältyvät suurimpina tasomittarin kiinnityksestä, maalipisteen viemisestä tasolle ja tekijäin lukemisesta, laskuista, piirroksista ja tasoituksista aiheutuvat virheet. Näitä osavirheitä ei nykyisin ampumamenetelmin ole juuri mahdollista pienentää. Tähän ei ole tarvettakaan, mikäli mittauksissa ja niiden alkupisteissä päästään vastaavaan tarkkuuteen. Kun virhekokonaisuuksiksi otetaan edellä olleen lisäksi alkupisteet, varsinaiset mittaukset ja maalin määrittäminen, ja kaikissa sallitaan noin ± 7 m:n todennäköinen virhe, pysytään yhdensuuntaisella tuliviuhkalla ammuttaessa vielä sallitun poikkeaman rajoissa. Jos jokin näistä kohoaa puolitointakertaiseksi, on kahden muun pienennettävä puoleen, jotta kokonaissumma ei kasvaisi.

Edellä olevasta käy jo selville, että yhdistetyllä tuliviuhkalla ammuttaessa on tarkkuusvaatimus niin tiukka, ettei sitä voida saavuttaa, vaan aina on varauduttava tulta korjaamaan.

Alkupisteille asetettu vaatimus edellyttää niin suurta tarkkuutta, että vain pisteluettelot, peruskartat ja 1:50000 pistekartat täyttävät ne. Näitä karttalaatua voi yhteisellä nimellä kutsua ampumakar-toiksi. Tähän nimikkeeseen on ilmeisesti sisällytettävä vielä 1:20000 topografikartatkin, vaikka ne ovat tarkkuudeltaan hieman heikohkoja. Niistä löytyy kuitenkin aina riittävä määrä pisteitä, joiden tarkkuus on hyvä ja jotka voidaan siten rinnastaa peruskartan kaaviollisiin pis-teisiin.

Varsinaisten mittausten osuuteen tulisi sisältyä tuliasema- ja tulen-johtomittausten sekä sivusuunnan aiheuttamat virheet. Kun nämä ase-tetaan yhtä suuriksi, saa tuliasema- ja tulenjohtopaikkojen mittauk-sissa tulla molempiin tasokoordinaatteihin ± 4 m:n virhe. Sivusuun-nan osuus piiruiksi muutettuna on kenttätykistöllä $\pm 0,3''-0,5''$, ras-kaalla heittimistöllä $\pm 0,5''-1''$ ja kevyellä heittimistöllä $1''-1,5''$. Tulenjohtopaikalla tarvittavan suunnan todennäköinen virhe saa olla $1''-5''$, kuten maalin määrittystä tarkasteltaessa tulee esille.

Sivusuunnassa tehdyt mittausten tarkkuusvaatimukset pätevät ampumasuunnassakin, kun suunnan tilalle otetaan korkeus. Sen (Δh) aiheuttama matkan virhe (Δx) riippuu mm tulokulmasta (φ_t) ja voidaan likimäärin laskea kaavalla

$$\Delta x = \Delta h \cot \varphi_t$$

Koska hajonta ampumasuunnassa on suurempi kuin sivusuunnassa, voidaan sallitaksi matkan todennäköiseksi virheeksi ottaa aina ± 10 m osumatarkkuutta oleellisesti huonontamatta.

Kun kenttätykistöllä tulokulmat ovat yleensä 15—50 astetta, on $\Delta x = 3,8-0,84 \Delta h$. Valitsemalla panos edullisesti voidaan käyttää ainakin 25 asteen tulokulmia, jolloin $\cot \varphi_t \approx 2,2$. Δh :n arvoksi tulee tällöin $\pm 4,5$ m.

Kranaatinheittimistöllä tulokulmat ovat 50—60 asteen lähtökulmilla 55—70 astetta. Vastaava $\cot \varphi_t$:n arvo on 0,7—0,36. Korkeusvirheen matkavaikutus on siten aina pienempi kuin sen itseisarvo. Yli 10 m:n korkeuserot on jo kuitenkin tarpeellista ottaa huomioon.

Edellä olevat tarkkuusvaatimukset on tehty lähinnä tuliasema- ja tulenjohtomittauksia ajatellen. Mittaustiedusteluasemien mittauksissa riittää sama tarkkuus kuin tuliasemamittauksissakin. Kiintopistever-koston tihentäminen alkupisteverkostoksi on sen sijaan suoritettava

tätä tarkemmin. Uusien alkupisteiden tarkkuuden on vastattava vähintään peruskartan käytön tarkkuutta. Koska kuitenkin kiintepisteverkostoon tukeuduttaessa karttatilanne on yleensä heikko ja mittausmatkat muodostuvat tavanomaista pitemmiksi, olisi vaadittava, että mitattujen pisteiden todennäköinen tasokoordinaattivirhe saa olla enintään ± 5 m.

III. KULMAN-, PITUUDEN- JA ETÄISYYDEN-MITTAUSVÄLINEET

Monipuolisia ja useisiin mittausmenetelmiin soveltuvia ovat mekaaniset ja elektroteknilliset matkan- ja kulmanmittausvälineet. Näitä on edullista tarkastella irrallaan mistään menetelmästä. Sen sijaan niitä mittauslaitteita, joita voidaan käyttää vain tietyissä järjestelmissä, on helpompi tutkia eo yhteydessä.

A. KULMANMITTAUSVÄLINEET

Mittaustoiminnassa käytettäviä kulmanmittausvälineitä ovat teodoliitit, suuntakehät, käsisuuntakehät ja kaltevuudenmittarit.

Teodoliiteille on ominaista, että

- kaukoputken suurennus on 20—30-kertainen,
- kulmayksikkönä käytetään yleensä uutta astetta,
- kulmahavainnot luetaan kojeen sisään rakennetuilta kehiltä lukemamikroskoopin avulla ja
- keskistämistä varten on usein optinen luoti.

Lukema- ja rakenteellisen tarkkuuden perusteella erotetaan kaksi mallia, minuutti- ja sekuntiteodoliitti. Edellisessä on vaakakehän jakoväli yleensä 1° ja jälkimmäisessä on noonion avulla lukemataarkkuus $1-10''$. Magneettineulaa ei kojeissa yleensä ole.

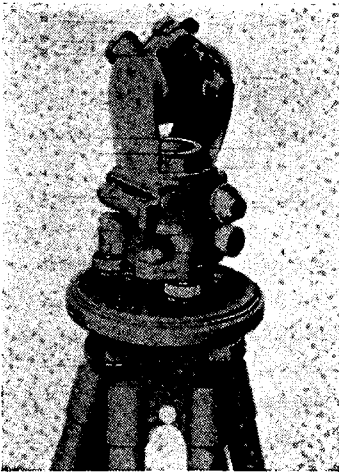
Suuntakehät ovat teodoliitteja yksinkertaisempia, lujarakenteisempia ja siten myös näitä kenttäkelpoisempia. Käyttötavan ja nimenomaan tarkkuuden perusteella ne voidaan jakaa mittaus-, asema- ja tulenjohtosuuntakehiin. Uuden kaluston osalta ei tämä jako kuitenkaan enää ole tarkoituksenmukainen, koska tavoitteena on yksi malli, yleissuuntakehä.

Kierukka- eli tangenttiruuvilla toimivien suuntakehien lisäksi on viime aikoina valmistettu rakenneperiaatteeltaan teodoliitin tapaisia kojeita. Näissä malleissa, jollaisia on käytössä mm Länsi-Saksan ja Ranskan armeijoilla, on lasiset jakokehät, joilta lukeminen tapahtuu mikroskoopin avulla. Siten saavutetaan hyvä lukematarkkuus, ja väljää liikettä ei ole. Kehien jakoväli on tavallisesti 5° ($0,75'$) tai $1'$.

Kenttäkelpoisuutta ja lujuutta ratkaisevina tekijöinä pitäen on meillä päädytty tangenttiruuviseen suuntakehään, jossa on metalliset, ulkopuoliset jakokehät. Kun jakovälinä on asteikoilla 6000-jakoinen piiru ja kulmat luetaan piirun tarkkuudella, tulee todennäköiseksi virheeksi $\pm 0,2''$. Tätä voitaisiin helposti pienentää noonion avulla, mutta koska suuntakehien rakenteellinen tarkkuus on vain piirun luokkaa, ei noonio ole kokonaistarkkuutta olennaisesti lisäävä tekijä.

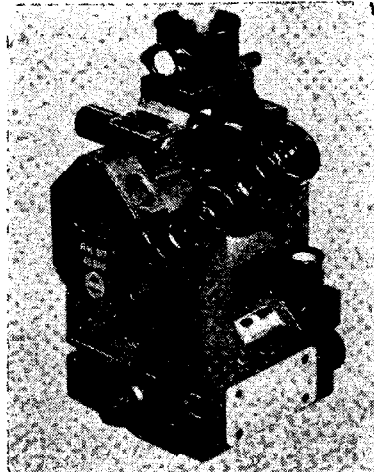
Kaikissa suuntakehämalleissa on yleensä säilytetty magneettineula pohjoissuunnassa määrittämistä varten. Kuten jäljempänä tulee esille, ei sitä enää voida pitää välttämättömänä, vaan ainoastaan suunnan likimääräisenä tarkistusvälineenä.

Kuvissa 2 ja 3 on esimerkki kahdesta eri rakennussuuntaa edustavasta suuntakehästä.



Kuva 2

Suuntakehä Wild G 10, suurennus 5-kertainen, paino 2,9 kp, jalusta 6,5 kp



Kuva 3

Suuntakehä Ertel RK 57, suurennus 8-kertainen, lasiset jakokehät, joilta arvot luetaan mikroskoopilla

Käsisuuntakehissä perustuu suunnanmittaus magneettisen kiekon hakeutumiseen pohjois-eteläsuuntaan. Tulokset ovat siis neulalukuja, joihin on aina lisättävä neula- ja napaluvun korjaukset, jotta päädyttäisiin karttapohjoissuuntaan. Meillä käytössä oleva käsisuuntakehä m/40 on muuten varsin käyttökelpoinen, mutta sen kiekko on herkkäliikkeinen ja vaikeuttaa siten lukemista. Mahdollisesti jonkinlainen kiekon lukitsija olisi edullinen ja helpottaisi käyttöä. Vaikka pohjoiskiegon jakoväli on 10 piirua, on kiekon hellumisen takia suunnanoton todennäköisenä virheenä pidettävä ± 5 piirua.

Ulkolaisista käsisuuntakehistä mainittakoon sveitsiläinen malli, das Sitometer, joka on muuten meikäläisen m/40 kaltainen, mutta siihen on yhdistetty kaltevuudenmittari kokoa kuitenkin suurentamatta. Laitteesta ei ole tarkkoja tietoja, mutta se vaikuttaa edulliselta ratkaisulta.

B. PITUUDEN- JA ETÄISYYDENMITTAUSVÄLINEET

Pituuden- ja etäisyydenmittausvälineitä ovat mittanauhat, vaijerit, latat sekä optiset ja elektroteknilliset etäisyydenmittausvälineet. Tässä yhteydessä todetaan vanhoista "klassillisista" välineistä vain, millaisiin tarkkuuksiin niillä on mahdollista päästä.

Todennäköinen mittausvirhe on 50 m:n mittavaijerilla ± 10 cm. Teräksisellä mittanauhalla se on käsiteltävien mittauksien kannalta merkityksetön.

Latan käyttö ei mittauksen hitauden ja vaadittavan suuren kulmatarkkuuden vuoksi tule taistelujoukkojen mittauksissa kysymykseen. Jo 200 m:n askelilla tarvitaan kulmanmittausvälineeksi sekuntiteodoliitti, mikäli halutaan päästä samaan tarkkuuteen kuin mittavaijerilla.

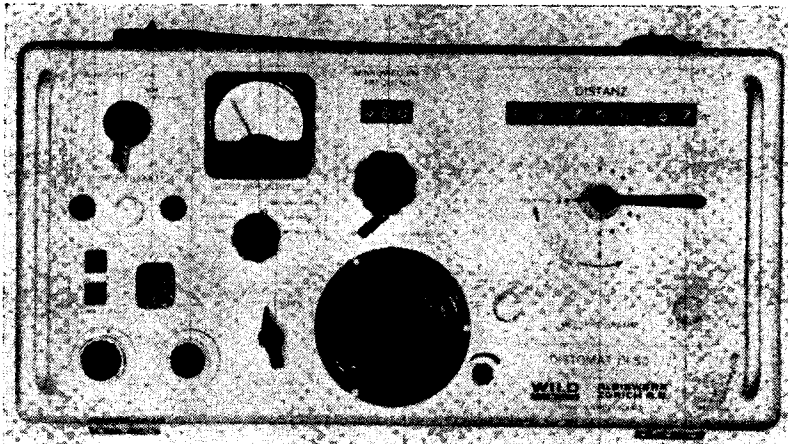
Etulinjan olosuhteisiin sopivien optisten etäisyysmittarien tarkkuutta on viime aikoina pyritty parantamaan lisäämällä niiden suurennausta aina 14-kertaiseksi. Mittarien kantaa ei sen sijaan ole voitu suurentaa, vaan se on pidetty 0,7—1 m:n pituisena. Suurentuneesta tarkkuudesta huolimatta on optinen etäisyysmittari sopiva käytettäväksi vain sädemittauksena tapahtuvassa maalin määrittämisessä, jota käsitellään enemmän jäljempänä.

Elektroteknillisillä laitteilla perustuu etäisyyden määrittäminen lähetetyn sähkömagneettisen aallon lähetysaseman ja kohteen välisen kulkuajan mittaamiseen. Pulssin takaisinheijastuminen voi tapahtua joko erityisestä sivukojeesta tai luonnollisesta maalista. Käytettävät aallonpituudet vaihtelevat noin 10 cm:n ja valon aallonpituuden noin 7000 Å:n välillä. Laitteiden koot ja painot ovat myös hyvin erilaisia. Raskainta kalustoa ovat tutkat, ja keveimpiä edustavat tällä hetkellä laser-etäisyysmittarit.

Pää- ja sivuasemaa käyttävistä laitteista ovat tyypillisiä ja yleisesti käytössä Tellurometri, Wild DI 50 Distomat ja AGA-geodimetri.

Tellurometrikalustoon kuuluvat lähetinkoje, jalusta, virtalähde kantolaitteineen, siirtoheijastin kaapeleineen ja tarvittaessa siirtoantenni. Mallissa MRA 1 ovat pää- ja sivuasemat erilaisia, mutta malleissa MRA 2 ja MRA 3 ne ovat samanlaisia. Mitattu etäisyys lasketaan kato-disädeputkelta luetun ajan ja sähkömagneettisten aaltojen etenemisnopeuden avulla. Mallissa MRA 3 saadaan valinnan mukaan joko aika mikrosekunteinä tai suoraan metrinen etäisyys.

Mittausetäisyys on 150 m:stä 50 km:iin, mutta edullisissa sää- ja maasto-olosuhteissa päästään 70 km:iin saakka. MRA 3:lla on lyhin etäisyys 30 m. Sääolosuhteet, kuten pakkanen, sade ja sumu, eivät paljon vaikuta mittaukseen. Maastoesteitä ei asemien välillä saa olla, mutta



Kuva 4

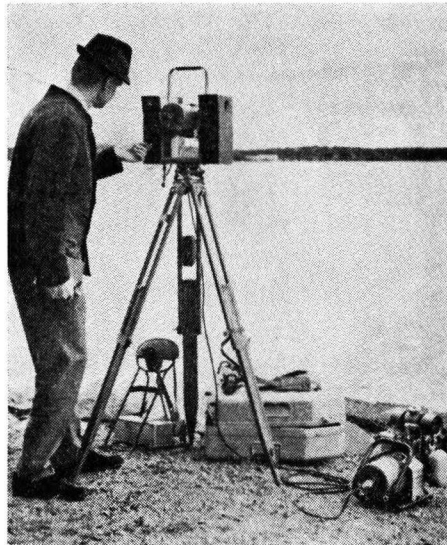
Wild DI 50 Distomatin mittauslaitteen etusivu

ehdoton optinen näkyvyys ei ole välttämätön. Peitteisessä maastossa voidaan mittausmahdollisuuksia parantaa kohottamalla siirtoheijastin puiden latvojen tasalle. Yhden etäisyyden määrittämiseen kuluu aikaa 10—15 minuuttia, mihin sisältyy jo kojeen pystyttäminen ja purkaminen. Siirtoantennin pystytys vie aikaa neljältä mieheltä noin 5 minuuttia.

Tellurometrillä MRA 3 mitatun etäisyyden keskimääräinen virhe on $1 \text{ cm} \pm 3 : 10^6$ etäisyydestä. Malleilla MRA 1 ja 2 se on $5 \text{ cm} \pm 3 : 10^6$ etäisyydestä.

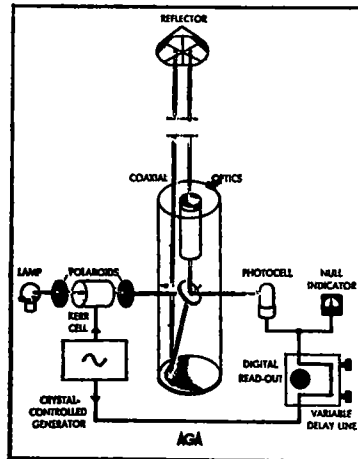
Yhteydenpito mittausasemien välillä on mahdollista kojeisiin liitettyjen radioiden avulla.

Wild D1 50 Distomat on rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan MRA 3:n kaltainen. Varsinainen mittauslaite on erillään lähettimestä ja siihen on yhdistetty digitaalilaskin, joka antaa etäisyyden senttimetrin tarkkuudella. Yhden etäisyyden mittaaminen kestää vain 30 sekuntia ja automaattinen tarkistus 10 sekuntia. Toiminta-aika yhtä pistettä kohti on noin 10 minuuttia. Mittausetäisyys on 100 m—50 km ja keskimääräinen virhe sääolosuhteista riippuen $\pm (2 \text{ cm} + 1 : 10^5 - 10^6$ etäisyydestä). Distomatissa on myös radiolaitteet, vieläpä koväänisellä varustetut, ja lähetin voidaan siirtää 15 m sivulle tai ylös mittauslaitteesta.



Kuva 5
AGA-geodimetri "Malli 6" mittauskunnossa

Ruotsalaisesta AGA-geodimetristä on useita malleja. Niissä kaikissa lähetetään kuvan 6 mukaisella tavalla vasta-asemalle voimakkailla lam-
puilla kehitetty kapea valonsäde, jonka heijastin palauttaa takaisin pää-
asemalle. Digitaalilaskin antaa tuloksen metrisenä. Geodimetrin etuina
on huomattava mittaussnopeus, 5—10 min pistettä kohti, ja laitteiden
halpuus, koska vasta-asemaksi riittää pelkkä heijastin. Haittana on
valoisalla tapahtuvan mittauksen pieni kantama, 2—3 km tavallisella
ja 5—6 km elohopealampulla. Pimeällä mittaustäisyydet ovat vastaa-
vasti 15—25 km. Tarkkuus on, kuten edellisissäkin laitteissa, erittäin
hyvä, keskimääräinen virhe on $1\text{ cm} \pm 2\text{ cm}$ kilometriä kohti.



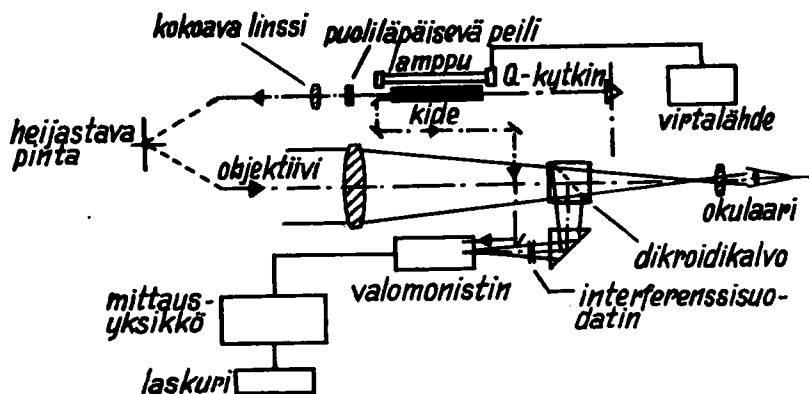
Kuva 6

AGA-geodimetrin toimintaperiaate

Edellä esitettyjen lisäksi on muitakin samoilla periaatteilla toimivia malleja, mm saksalainen NASM 2A ja 4B. Ne ovat rinnastettavissa tarkkuutensa ja kenttäkelpoisuutensa puolesta edellinen Tellurometriin tai Distomatiin ja jälkimmäinen AGA-geodimetriin. USA:n ja Neuvostoliiton armeijoilla on käytössään myös omia vastaavia laitteitaan.

Varsin uusi tulokas elektroniikassa on laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Se perustuu kiteen tai kaasuseok-

sen atomien virittämiseen ylemmälle energiatasolle, josta ne välittömästi palaavat alemmalle ns metastabiilille tasolle. Viritys eli pumppaus aiheutetaan ulkoisin keinoin joko valolähteellä tai suuritaajuisen värähelyn ylläpitämällä kaasupurkauksella. Kun tavallisessa hehkulampussa lämpöenergian virittämät elektronit "hypähtelevät" energiatasojen välillä epäsäännöllisesti ja toisistaan riippumatta, on laserissa vastaava elektronien siirtyminen tahditettua. Seurauksena on ns kohorentti valo, jossa valoaalot ovat aallonpituudeltaan yhtä suuria ja keskenään samassa värähdysvaiheessa.



Kuva 7
Laser-etiäisyysmittarin kaavio

Pulssiperiaatteella toimivan laserin eräs sovellutusala on etiäisyydenmittaus. Terävä valonsädesuihku ohjataan kaukoputkella tähdäten maaliin ja heijastuspulssin vaihe-ero lähtevään säteeseen verrattuna mitataan. Saadun kulkuajan perusteella määritetään etiäisyys yleensä suoraan aika-asteikon matkajaotukselta. Nykyisillä kenttäkelpoisilla välineillä voidaan mitata etiäisyyksiä yleensä 10 km:iin, mutta edullisissa olosuhteissa aina 30 km:iin saakka. Vaihe-eron mittausvirheen takia tulee etiäisyyden virheeksi keskimäärin $\pm 5-10$ m. Kenttätykistön ja kranaatinheitinmittaustoimintaan ei tarkkuus ole riittävä maalin määrittämistä lukuun ottamatta, johon kevyt laser-etiäisyysmittari on ilmeisesti hyvin sopiva.

IV KARTTAPOHJOISSUUNNAN MÄÄRITTÄMINEN

Karttakoordinaatiston p-akselin osoittamaa suuntaa sanotaan karttapoljoissuunnaksi. Suuntakulmat lasketaan siitä myötöpäivään. Geodeettisessa koordinaatistossa yhtyy kunkin karttakaistaleen p-akselin suunta ao keskimeridiaanin osoittamaan napapohjoissuuntaan. Sotilaskoordinaatiston karttapoljoinen sen sijaan yhtyy vain 27.pituusasteen suuntaan.

Karttapoljoissuunta voidaan määrittää magneetti- eli pohjoisneulan avulla, maastolinjoista, aurinko- ja tähtimittauksella sekä hyrräkompassilla. Lisäksi voidaan käyttää yhdensuuntaistamista taivaankappaleiden avulla ja valmiiksi laskettuja kiintopisteiden välisiä suuntalukuja.

A. MAGNEETTINEULA

Karttapoljoissuunnan määrittämiseksi magneettineulalla on karttojen reunamerkintöinä Ilmatieteellisen keskuslaitoksen tilastoihin perustuva neulaluvunkorjaus. Magneettikentän säännölliset, tilapäiset ja etenkin paikalliset vaihtelut aiheuttavat kuitenkin kymmenienkin piirujen suuruisia virheitä. Mittausvälinekohtaiseksi todennäköiseksi suunnastamisvirheeksi on eräässä koesarjassa todettu suuntakehällä Zeiss/33 $\pm 1,4'$ ja käsisuuntakehällä m/40 $\pm 3,5'$. Tulos on sopusoinnussa tykistöleireillä saatujen kokemusten kanssa, joiden mukaan neulasuunnastuksen todennäköinen virhe on asemasuuntakehällä $\pm 7,5'$ ja käsisuuntakehällä $\pm 9'$. Koska kokonaisvirhe on näin suuri, ei pienehköillä välinekohtaisilla eroilla ole suurta merkitystä. Neulasuunnastusta onkin pidettävä varamenetelmän arvoisena ja magneettineula on tarpeen liittää suuntakehään vain, mikäli se ei olennaisesti nosta hintaa ja heikennä käytettäviä raaka-aineita.

B. MAASTOLINJAT

Maastolinjojen ja -pisteiden avulla voidaan karttapoljoissuunta määrittää sekä trigonometrisesti että graafisesti. Kartalle piirrettyjä maastolinjoja ja yleistasomittaria käytettäessä on jälkimmäinen tapa nopea ja helppo, jos vain linjojen suora osa on ainakin 5 cm:n pituinen.

Kun otetaan huomioon myös kulmanmittausvälineen keskistämisestä johtuva virhe, tulee suunnan todennäköiseksi virheeksi noin ± 2 piirua.

Trigonometrisesti on kahden pisteen välinen suunta laskettavissa kaavalla:

$$S = \text{arc tan } \frac{i_2 - i_1}{p_2 - p_1}$$

Näin saadun suunnan todennäköinen virhe on likimäärin

$$r_{\text{suunta}} = r_{\text{krd}} : E$$

Kun kaavaan sijoitetaan r_{krd} :ksi pisteiden koordinaattien yhdistetty todennäköinen virhe metreinä ja etäisyys (E) kilometreinä, saadaan r_{suunta} piiruinä.

Jos sallitaan 0,5 piirun todennäköinen suuntavirhe, on E:n oltava kiintopisteitä käytettäessä vähintään 0,6 km ja tukipisteitä käytettäessä 3—4 km, mikäli kordinaatit saadaan pisteluettelosta. Jos koordinaatit on luettava kartalta, ei menetelmä enää ole käyttökelpoinen, sillä vaadittava etäisyys kasvaa tavallisesti yli näkyvyyden rajan.

Kun käytettävissä on pisteluettelot, on hyvissä näkyvyysolosuhteissa mahdollista saada laskennallisesti riittävän tarkka karttapohjoissuunta. Graafinen menetelmä riittää perustaksi käsisuuntakehän kokonaiskorjauksen määrittämiselle ja lyhyehköille mittauksille.

C. AURINKO- JA TÄHTIMITTAUS

Tähtitieteellisten havaintojen perusteella voidaan karttapohjoissuunta määrittää mittaamalla joko taivaankappaleen tuntikulma tai korkeus taivaanranta- tai päiväntasaajatasossa. Molemmat menetelmät ovat käytössä eri maiden armeijoissa.

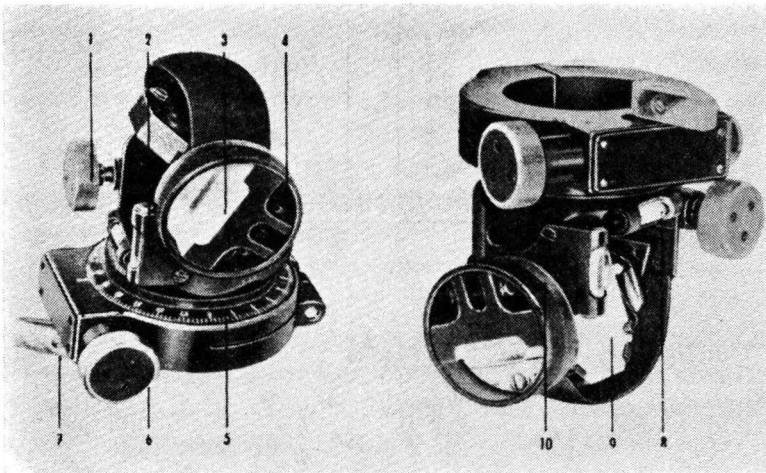
Meillä käytössä olevassa aurinko- ja tähtimittausmenetelmässä mitataan taivaankappaleen tuntikulma taivaanrantatasossa, johon nomogrammien muotoon laadittujen taulukkojen (T 1340) avulla myös päiväntasaajatasoon koordinaatit muunnetaan. Saadun suunnan todennäköinen virhe on $\pm 0,3'' - 0,4''$.

Päiväntasaajatasossa tehtäviä havaintoja varten on kulmanmittausvälineen vaakakehä kallistettava tämän suuntaiseksi. Se voidaan tehdä

ns meridiaanikaaren avulla, joka on varsinaisen suuntakehän ja tasausruuviston väliin tuleva lisälaitte tai rakenneosia. Kun tuntikulma mitataan päiväntasaajatasossa ja kulmanmittausväline tämän jälkeen palautetaan sivusuuntaa muuttamatta vaakatasoon, muuttuu tuntikulma automaattisesti napaluvuksi. Meridiaanikaari toimii tällöin nomogrammia vastaavana laskulaitteena. Menetelmän tarkkuus on likimain sama kuin edellisessäkin.

Kun tuntikulman asemesta mitataan taivaankappaleen korkeus, ei tarkkaa mittausaikaa tarvita. Tarkkuus on kuitenkin tuntikulmamittauksesta huonompi, sillä atsimutin virhe on 2–6-kertainen korkeuskulman virheeseen verrattuna. Tätäkin suuremmaksi se kohoaa taivaankappaleen ollessa lähellä lakikorkeuttaan, jolloin menetelmä ei olekaan käyttökelpoinen.

Napapohjoissuunnan laskennallinen ratkaisu vältetään tässäkin tapauksessa käyttämällä meridiaanikaarta. Menetelmässä tarvitaan lisätietoina vain paikan leveysaste, taivaankappaleen deklinaatio ja napaluvunkorjaus. Meridiaanikaari voidaan korvata kaukoputken päähän sijoitettavalla atsimuttilisäkkeellä ns "meridiaanietsijällä", jollainen on käytössä mm Neuvostoliiton armeijassa.

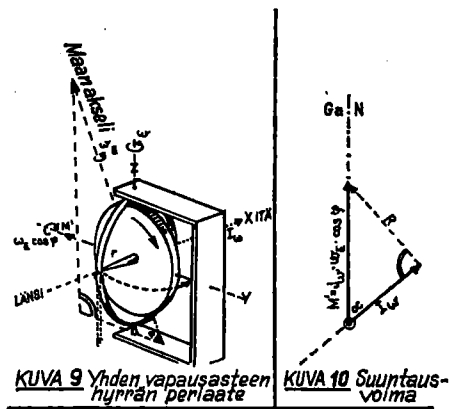


Kuva 8
Zeissin "Meridiaanetsijä 300"

Meillä käytössä olevan aurinko- ja tähtimittausmenetelmän muuttamiseen ei ole aihetta, sillä päiväntasaajatasossa suoritettava tuntikulmamittaus vaatii meridiaanikaaren, joka olennaisesti nostaa suuntakehän painoa ja hintaa. Toisena menetelmänä voitaisiin kuitenkin kokeilla korkeuskulmamittausta prismalaitteiden avulla, koska se on yksinkertainen ja lisälaitteet ovat halvat.

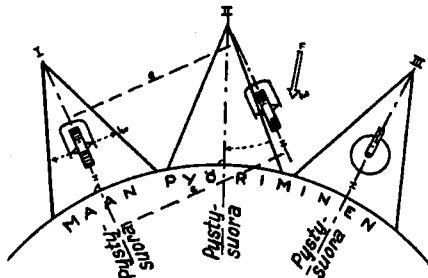
D. HYRRÄTEODOLIITTI

Ainoa kaikissa sääolosuhteissa ja kaikkina vuorokaudenaikoina toimintavarma pohjoissuunnan määrittämismenetelmä perustuu hyrräkompassin käyttöön. Tällaisen yhden vapausasteen hyrrän toimintaperiaate ilmenee kuvista 9—11.



KUVA 9 Yhden vapausasteen hyrrän periaate

KUVA 10 Suuntausvoima

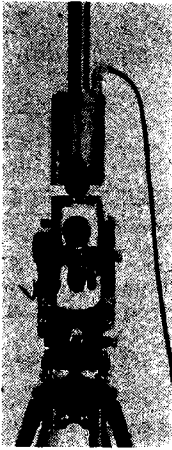


KUVA 11 Maan vetovoiman vaikutus hyrrään

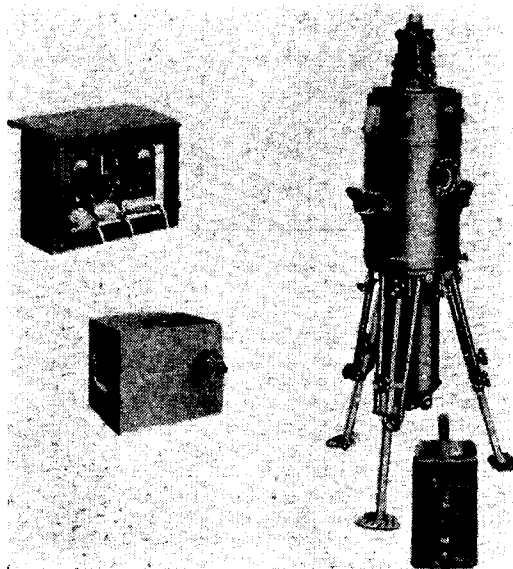
Kuva 9 osoittaa, että hyrrä voi kääntyä vain z-akselin ympäri. Kun maa kääntyy, ei hyrrän pyörimisakseli voi säilyttää suuntaansa, vaan painovoiman vaikutuksesta pysyy xy-taso aina vaakasuorassa ja z-akseli pystysuorassa (kuva 11). Käytännössä tämä saadaan aikaan ripustamalla kapseliin suljettu hyrrä langan varaan tai asettamalla tukinesteessä kelluvan kapselin alapuolelle sopiva paino. Koska hyrrä pyrkii aina kääntymään kohtisuoraan sitä voimaa vastaan, joka siihen vaikuttaa, kääntyy se maan pyörimisliikkeestä aiheutuvan voiman F vaikutuksesta meridiaanin suuntaiseksi. Suuntausvoima on

$$R = M' \sin\alpha = I\omega \omega_{\oplus} \cos\varphi \sin\alpha$$

Se riippuu, kuten kaavasta ja kuvasta 10 nähdään, paitsi hyrräakselin ja meridiaanin välisestä kulmasta (α), myös paikan leveysasteesta (φ). Leveysasteen suuretessa suuntausvoima pienenee ja samalla kasvaa meridiaanin molemmin puolin hitausvoiman vaikutuksesta tapahtuvan värähtelyn heilahdusaika.



Kuva 12
Hyrräkompassi
Wild GAK 1 ja
Wild T-16
minuutti-
teodoliitti



Kuva 13
Hyrräteodoliitti Girolit II

Yleensä hyrräkomponentti ja kulmanmittausväline, tavallisesti teodoliitti, ovat rakenteellisesti toisiinsa liitettyjä ja muodostavat yhdessä suuntausyksikön, hyrräteodoliitin. Laitteiden koot ja painot edellyttävät siirtämiseen moottoriajoneuvon käyttöä. Saksalaiset hyrräkomponenttimallit TK 3 ja GAK 1 ovat kuitenkin niin pieniä ja keveitä, että ne on mahdollista liittää kiinnityssillan avulla suuntakehän tai teodoliitin kaukoputken päälle. Näistä ja eräistä muista kenttäkäyttöön soveltuvista hyrräkompanseista on lisätietoja taulukossa 3.

Taulukko 3: Tietoja hyrräteodoliiteista

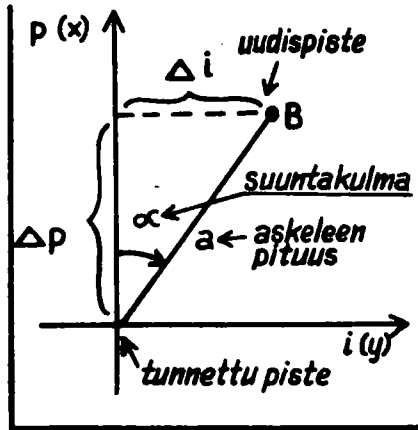
| Valmistaja | Malli | Paino (kg) | | ω (kierr/ min) | Mitt- aika (min) | Tod- näkö virhe (v) | Huom |
|------------------------|----------------|-------------------|-------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------|
| | | Hteod- jalusta | Yht | | | | |
| 1. Anschütz, Kiel | Giroliit II | 52 | 81 | 2300 | 15—18 | 0,15 | 1) |
| 2. Fennel, Kassel | KT 1 | 24 | 71 | 20000 | 35—45 | 0,15 | 2) |
| 3. Fennel, Kassel | TK 3 | 2,3 *) | 32—46 | | 25 | 0,15 | 4) |
| 4. Wild | GAK 1 | 1,7 *) | n 30 | 22000 | 4—20 | 0,4— 0,1 | 4) |
| 5. English Electric | PIM | 16 | 54 | 24000 | 15 | alle 0,1 | 5) |
| 6. Kearfott USA | Gytar | | 50 | | 15 | alle 0,1 | Kaksi hyrrää |
| 7. Neuvosto- liitto | MG | | 35 | | | 0,2 | |

- 1) Ohjautuu automaattisesti pohjoiseen. Hyrrä on hermeettisesti suljetussa uimurissa, jonka alapuolelle on kiinnitetty paino halutun vääntömomentin aikaansaamiseksi. Uimuri hyrrineen on tuettu sähköä johtavaan tukinesteeseen ja ripustettu pystysuorassa olevan tukilangan alapäähän, jolloin sen jäännöspaino on pieni. Langan yläpää on kiinni pöytälevyssä, johon teodoliitti kiinnitetään.
- 2) Hyrrä on laakeroitu heliumilla täytettyyn messinkisylinteriin, johon on kiinnitetty sylinterin mukana pyörivä tappi. Koko pyörivä systeemi, sylinteri tappeineen, riippuu ohuen langan varassa siderenkaasta. Hyrrän kääntymistä seurataan tapin tukilaitteeseen kiinnitetyn peilin avulla.
- 3) Vain hyrräkomponentti.
- 4) Ns Rellensmann-systeemi. Periaate kuten kohdassa 2. Koko laite on niin pieni ja kevyt, että se on mahdollista liittää teodoliitin tai suuntakehän päälle kiinnityssillan avulla.
- 5) Hyrrä kelluu nesteessä, jonka lämpötila pidetään vakiona. Hyrrän siirtymistä seurataan sähköisiltä osoittimilta, joiden mukaan suuntausyksikkö käännetään meridiaanin suuntaiseksi.

V MITTAUSMENETELMÄT

A. MURTOVIIVAMITTAUS

Murtoviivamittauksessa määritetään peräkkäisten pisteiden koordinaattierojen avulla tunnetusta pisteestä lähtien halutun pisteen koordinaatit. Menetelmän trigonometrinen perusta ilmenee kuvasta 14.



Kuva 14

Murtoviivamittauksen periaate

Koordinaattieroksi saadaan

$$\Delta p = a \cos \alpha \text{ ja } \Delta i = a \sin \alpha$$

Jos halutaan määrittää pisteiden välinen korkeusero (Δh), saadaan se laskemalla kaavasta $\Delta h = a \tan \varphi$, jossa φ on mitattu korkeuskulma.

Periaatteeltaan yksinkertaista menetelmää on kenttäkäyttöön sovellettu usealla eri tavalla riippuen siitä, millaiseen tarkkuuteen ja nopeuteen on haluttu päästä. Käytettävien kulmanmittausvälineiden mukaan on meillä nimetty suuntakehä- ja teodoliittimurtoviivamittaus. Kolmantena menetelmänä on nopea murtoviivamittaus, jossa sivukulmien määrittämiseen käytetään käsisuuntakehää.

Nopean ja suuntakehämurtoviivamittauksen sekä suunnan siirron todennäköinen virhe taulukon 4 lähtöarvoilla laskettuna ilmenee kuvasta 15.

| Virhelaji | Todennäköinen virhe | |
|--|---------------------|-----------------|
| | Skehämvmittaus | Nopea mvmittaus |
| Alkusuunta (r_a) | 0,4° | 2° |
| Tnvirhe taitepisteissä (r_s) | 0,15° | 5° |
| Vaijerimittojen tnvirhe (r_B) | 0,1 m | 0,1 m |
| Tasotyön tnvirhe (r_t) (puolet matkavirheenä, puolet sivullaoloon) | 0,125 mm = 1,25 m | 0,25 m = 2,5 m |
| Askeleen pituus | 200 m | 50 m |

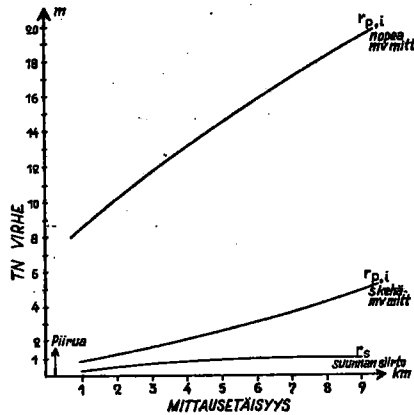
Nopean murtoviivamittauksen tarkkuus on heikko, jos sitä vertaa asetettuihin vaatimuksiin. Jos sen sijaan vertailukohteeksi valitaan ampumalla määritetyn tulenjohtopaikan koordinaatit, joiden todennäköinen virhe on tykistöleireillä ollut ± 56 m, on tulosta pidettävä tyydyttävänä. Nopeaa murtoviivamittausta onkin pidettävä vain joukon omakohtaisena ja likimääräisenä paikantamismenetelmänä. Sitä ei ole kuitenkaan aihetta laiminlyödä, vaikka käytettävänä olisi hyvätkin ampumakartat.

Suuntakehämurtoviivamittaus on meillä varsinainen taistelujoukkojen mittausmenetelmä. Yleensä sitä suoritetaan neljällä jalustalla, mutta kevyt heittimistö käyttää vielä ns mittaseiväsmenetelmää, jossa suuntakehän edessä ja takana oleva taitepiste merkitään jalustojen sijasta mittaseipäillä.

Mittauksen suurin osavirhe syntyy sivusuunnan määrittämisessä taitepisteillä, joskin alkusuunnan osuus saattaa lyhyillä matkoilla olla hallitseva. Suurempaan kulmatarkkuuteen on mahdollista päästä vain käyttämällä havaintovälineenä teodoliittia.

Vaikka taulukko 4 antaa laskutyön graafisesta suorituksesta hyvän kuvan, on se nykyisellä välineistöllä kenttäolosuhteissa usein suurin virhelähde. Pahvinen taso olisi korvattava muovisella ja yleistasomittarin tilalle pitäisi suunnitella metallinen tai muovinen mittari, jolla voitaisiin ottaa 300 m:n askeleita 1 : 1000 mittakaavassa. Toisena mahdollisuutena olisi siirtyminen logaritmiseen laskulaitteeseen, jollaisesta on jo tehty palkittu aloitekin.

Kokonaisuudessaan vastaa suuntakehämurtoviivamittauksen tarkkuus asetettuja vaatimuksia aina 7—8 km:n matkoille saakka. Mittauksen yhteydessä siirrettävä suunta voidaan kuitenkin riittävän tarkasti



Kuva 15

Nopean ja suuntakehämurtoviivamittauksen sekä suunnan siirron todennäköinen virhe.

välittää kenttäykistöpatteristoille vain 1,5—2,5 km:n päähän riippuen siitä, onko alkusuunta saatu aurinko- tai tähtimittauksella vai hyrräteodoliitilla. Raskaalle heittimistölle voidaan suunta siirtää riittävän tarkasti 3—4 km:n ja kevyelle heittimistölle aina 10 km:n matkan.

Ns mittaseiväsmenetelmä on eri joukko-osastoissa suoritettujen kokeiden mukaan osoittautunut koordinaateissa n 20 % ja suunnassa 70 % jalustamenetelmää epätarkemmaksi. Se ei ole riittävän tarkka edes kevyen heittimistön mittausmenetelmäksi kuin alle kahden kilometrin matkoilla ja siitä olisi syytä luopua kokonaan.

Suuntakehämurtoviivamittauksen nopeus on keskimäärin vain kilometri tunnissa. Sitä voidaan pitää riittävänä, jos mittaukset perustuvat ampumakarttoihin ja alkusuuntien saaminen on hyrräteodoliiteilla tai aurinkomittauksella mahdollista. Kiintopisteitä käytettäessä menetelmä on liian hidas ja epätarkkakin, ellei joillakin muilla menetelmillä tiennetä kiintopisteverkostoa siten, että alkupisteitä on noin kolmen kilometrin päässä toisistaan.

Teodoliittimurtoviivamittaus, siinä muodossa kuin Kenttäykistön mittausoppaan II osa sen sesittää, on tarkka mutta hidas. Sen nyky-aikaisessa muunnoksessa käytetään edelleen kulmahavaintoihin teodoliittia, mutta mittanauhat korvataan elektroteknillisillä etäisyydenmit-

tausvälineillä. Lyhyillä, 100—200 m:n askelilla on AGA-geodimetri osoittautunut erittäin hyväksi. Pitkillä askelilla on sen sijaan tellurometri tai vastaava laite edullisempi, koska se ei vaadi ehdotonta optista näköyhteyttä. Suuntakulmat voidaan tällöin ottaa valopistoolin pystylaukauksiin tai siirtoantennin maston heijastusmerkkiin.

Askelten pituus ja siten nopeus riippuu ensi sijassa maaston korkeussubteista ja peitteisyydestä. Mittausnopeuteen vaikuttaa myös ryhmien liikkumiskyky.

Mittauselimien kokoonpano ja kalusto voivat poiketa melko paljon toisistaan. Edullista on, jos osastolla on hyrräteodoliitti ja kolme tellurometriä. Tällöin hyrräteodoliitin tarvitsee käydä vain joka toisella ja kunkin tellurometrin joka kolmannella taitepisteellä. Tämä kuitenkin edellyttää pitkiä askelia, jotta hyrräkompassi kannattaa käynnistää jokaista suunnanottoa varten.

Murtoviivamittauksen erikoismuotona tulee teodoliittia ja elektroteknillistä etäisyydenmittausvälinettä käytettäessä esille sädemittaus. Sillä voidaan nopeasti tihentää kiintopisteverkostoa, mikäli maaston muoto ja peite sen sallivat. Korkealle paikalle sijoitettu tellurometri ja teodoliitti voivat toimia sädemittausten kantapisteinä usealle liikkuvalle vasta-asemalle.

Koska geodeettisten kiintopisteiden välit ovat tavallisesti enintään n 10 km, ei vaadittuun tarkkuuteen pääseminen tuota teodoliittimurtoviiva- ja sädemittauksessa vaikeuksia. Kulmanmittausvälineeksi ei sekuntiteodoliittia tarvita, koska hyrräkompassilla määritetyn alkusuunnankin todennäköinen virhe on tavallisesti minuuttiteodoliitin todennäköistä virhettä suurempi. Vaadittava tarkkuus edellyttää kuitenkin taulukoilla tapahtuvaa laskutyötä, jossa voidaan käyttää tehokkaasti hyväksi erilaisia laskukoneita.

B. KOLMIOINTI

Kolmiomittauksessa uudispisteen ja kahden tunnetun pisteen muodostamasta kolmiosta mitataan riittävä määrä tekijöitä, jotta tuntemattomat osat voidaan ratkaista laskennallisesti tai graafisesti. Menettelytapoja on kolme: sivukolmiointi, jossa mitataan kaikkien sivujen pituudet, kulmakolmiointi, jossa kulmien lisäksi on tunnettava yksi sivu, ja yhdistetty kolmiointi, jossa sivujen lisäksi mitataan ainakin yksi kulma.

Mittauskannan ollessa enintään 10 km uudispisteen todennäköinen koordinaattivirhe jää alle kolmen metrin, vaikka kulmanmittaukseen käytetään minuuttiteodoliittia (esim Wild T 16). Sivukolmioinnissa voidaan todeta kaikkien esitettyjen elektroteknillisten etäisyydenmittausvälineiden tarkkuuden riittävän koko kantamansa puitteissa.

Kulmakolmiointi saadaan hyvin nopeaksi ja vähän henkilöstöä vaativaksi, kun uudispisteenä käytetään paikallaan lentävää helikopteria. Mittaushetki voidaan osoittaa helikopterista radiosignaalilla tai valomerkillä. Mitattavat pisteet on mahdollista merkitä maastoon etukäteen tai valita ne lennon aikana, jolloin merkitseminen tapahtuu pudotettavan kohdistuspoijun avulla. Ranskalaisten koetulosten mukaan kuluu yhden pisteen määrittämiseen aikaa 5—10 minuuttia ja graafisesti määritettyjen koordinaattien todennäköinen virhe on ollut $\pm 1,8$ m. Hyvällä säällä ovat havainnot mahdollisia aina 10 km:n etäisyydelle saakka. Mittauksia tarvitsevat voivat myös leikata oman paikkansa kahden ilmakiintopisteen avulla, kun lentosuunnitelma on tarkasti etukäteen selvitetty. Helikopterimenetelmän käyttöä rajoittaa lähellä etulinjaa vihollisen ilmatorjunta, mutta ainakin tykistön tuliasemiin saakka se on sääolosuhteiden sallimissa puitteissa hyvin käyttökelpoinen.

Kulmakolmioinnin huonosta säästä ja pimeydestä johtuvat haitta-tekijät jäävät vaille merkitystä, kun käytetään elektroteknillisiä etäisyydenmittausvälineitä ja siten sivukolmiointia. Erityisesti tellurometri ja Distomat D1 50 ovat tähän sopivia. Siirtoantenneja käyttäen on kolmiointi mahdollista myös peitteisessä maastossa. Kun helikopteriin asennetaan tellurometri tai vastaava laite, on edellä esitetty ilmakiintopisteiden leikkaaminen mahdollista myös sivukolmioinnilla. Elektroteknillisillä etäisyydenmittauslaitteilla tapahtuvaa kolmiointia onkin pidettävä päämenetelmänä.

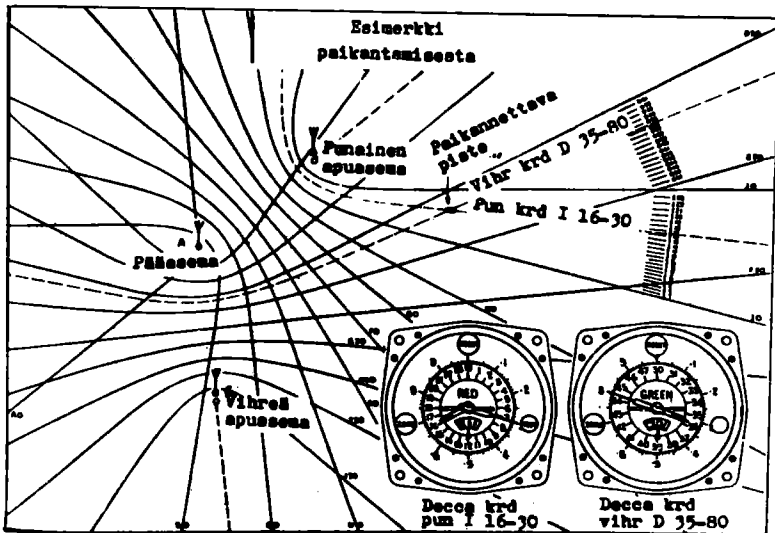
C. ELEKTROTEKNILLISET PAIKANTAMISJÄRJESTELMÄT

Elektroteknillisten etäisyydenmittarien lisäksi on myös kokonaisia elektroteknillisiä paikantamisjärjestelmiä. Kenttäkäyttöön sopivina mainittakoon näistä tutkat, Decca ja SREPE-järjestelmät sekä VNS-paikantamislaitte.

Mitattava kohde voidaan paikantaa tutkalla kohottamalla maasto- ja kasvustoesteen yläpuolelle metallikuorinen heijastin tai ampumalla ilmaan puolen aallonpituuden mittaisia alumiinipaperisuikaleita. Myös voidaan ampua tykeillä ilmaräjähteitä, jotka tutkalla paikannetaan ja joista esim tulenjohtaja määrittää oman sijaintinsa. Edullisissa olosuhteissa on tulenjohtotutkilla paikantamisen todennäköinen virhe noin 20 m.

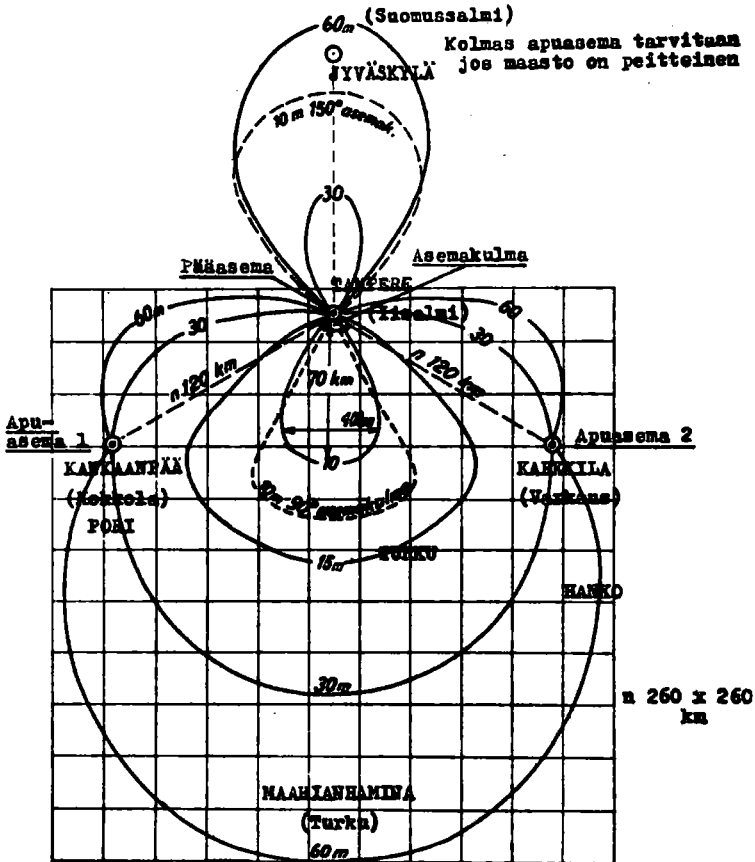
Decca-järjestelmän muodostavat pääasema, 2—3 apuasemaa ja paikantamisvastaanotin (dekometri). Asemat lähettävät kantoaaltoa kolmen aseman verkossa 50—300 kHz:n taajuudella. Pääaseman jaksoluku kertautuu 1.apulähettimessä $1\frac{1}{3}$ - ja 2. apulähettimessä $1\frac{1}{2}$ -kertaiseksi. Paikantamisvastaanotin seuraa automaattisesti kunkin aseman aallonvaihetta ja vaihe-erosuhdetta. Niiden avulla voidaan pisteen paikka osoittaa aallonvaiheiden vakioerotusten perusteella määritetyssä hyperbelikoordinaatistossa kuvan 16 mukaisella tavalla.

Decca-järjestelmä¹⁾



Kuva 16

Decca-järjestelmän periaate. Lähettiaseman paino 600—700 kp, kannettava vastaanotinyksikkö paristoineen n 25 kp



Kuva 17

Decca-järjestelmän ulottuvuus ja todennäköiset virheet

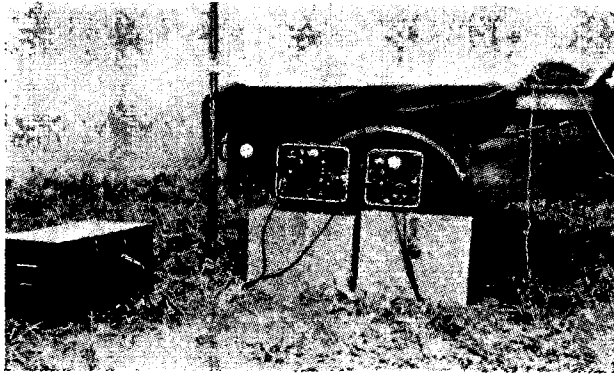
Vastaanottimen lukemat muunnetaan suorakulmaiseen koordinaatistoon kaksoiskoordinaattitason avulla tai laskennallisesti.

Järjestelmän mittausetäisyys ja -tarkkuus ilmenevät kuvasta 17.

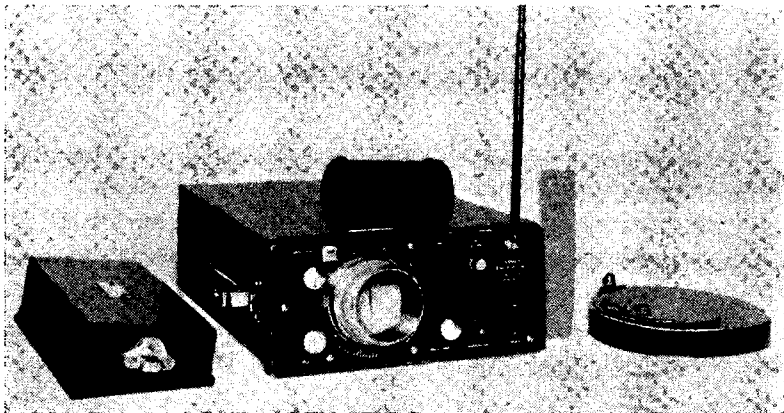
Peitteisessä maastossa virhe on kuvassa olevia arvoja suurempi, koska radioaaltojen etenemisnopeus vaihtelee noin 1 ‰ rajoissa ja se aiheuttaa koetulosten mukaan 10–20 m:n satunnaisia virheitä. Piirroksesta voidaan todeta, että yhden pääaseman ja kolmen apuaseman

avulla saadaan koko armeijakunnan alue 30 m:n todennäköisen virhe-
rajan sisäpuolelle. Tarkkuus ei kuitenkaan ole mittauksiin riittävä,
mutta laitteiston avulla voidaan nopeasti luoda likimääräinen perusta
ampumatoiminnalle. Etenkin tulenjohtopuolella se antaa nopeillekin
joukoille tyydyttävät perusteet tulen aloittamiseen.

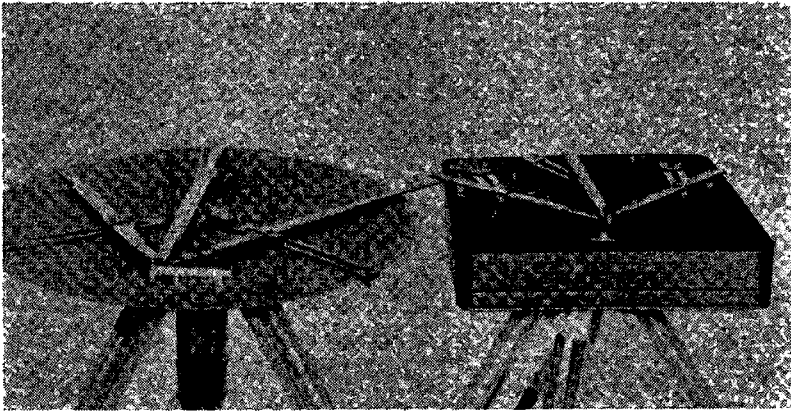
SREPE-järjestelmä on toimintaperiaatteiltaan täysin Decca-järjes-
telmän kaltainen. Sen on kehittänyt USA:n armeijan toimeksiannosta
eteläafrikkalainen Tellurometer Ltd kenttätykistön liikkuvaksi pai-
kantamisjärjestelmäksi. Laitteet ovat melko käyttökelpoisia ja pieniä,
kuten kuvasta 18 ilmenee. Hyperbolisten koordinaattien muuntamiseen
käyttökoordinaateiksi tarvitaan edelleen muuntotasoa tai laskin. Yhdis-
tetty laskin-vastaanotin painaa tosin vain 15 kp.



Kuva 18 a



Kuva 18 b



Kuva 18 c

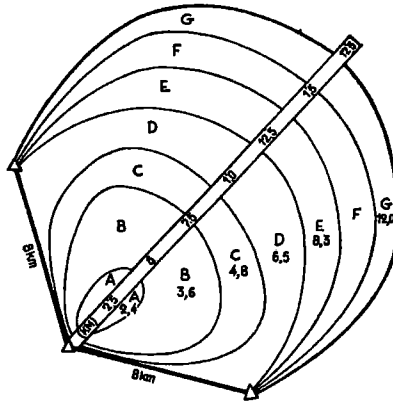
SPERE-järjestelmän kalustoa, pääasema n 100 kp, vastaanotin 7,6 kp,
muuntotasoja 10—15 kp

Järjestelmä toimii hyvin, kun kantojen pituudet ovat 8 km, mutta vaikka niitä pidennetään 13 km:iin saakka, on toiminta tyydyttävää. Kuvassa 19 olevan piirroksen mukaan on tarkkuus tyydyttävä vielä yli 10 km:n etäisyydellä. Mittauksia on suoritettu kuvassa olevan alueen ulkopuolellakin, mutta jo n 30 km:n päässä sädevirhe on ollut keskimäärin 100 m:n luokkaa.

Kuten Deccaa ja tutkaa, kyetään tätäkin järjestelmää häiritsemään. Virhetuloksia voivat aiheuttaa myös mittauspaikan lähellä olevat sähkö- ja puhelinlinjat ym johteet. Menetelmää voidaan kuitenkin pitää käytökelpoisena prikaatin puitteissa tapahtuviin mittauksiin. Lähetinasemien siirtoihin joudutaan tosin usein liikkuvissa taistelulajeissa, mutta jos paikat on ennalta valmisteltu, käyvät ne varsin nopeasti.

Edellisistä sekä rakenteeltaan että toimintaperiaatteiltaan täysin poikkeava on Kanadan armeijan ja Aviation Electric Ltd:n yhteistöiminnä kehittämä VNS-laite. Sillä määritetään ajoneuvon liike ja kulloinkin sijainti tietyn alkupisteen suhteen.

VNS-laitteen järjestelmä on lähinnä elektromeekaaninen murtoviivamittaja. Ajoneuvon kulkeman matkan ja hyrräkompassin osoittaman suunnan perusteella piirretään sähköisesti paikantamistasolle kuljettu reitti.



Kuva 19

Kenttätyökistön ja kranaatinheittimistön mittauksiin ei VNS-laite ole riittävän tarkka, koska sen virhe on n 1 % kuljetusta matkasta eikä se kykene ottamaan huomioon maaston kaltevuuden vaikutusta. Siitä on kuitenkin suurta hyötyä moottoroitujen ja panssarijoukkojen tulenjohtajille, sillä laitteen osoittamat koordinaatit antavat yleensä ainakin välttävän perustan tulen aloittamiselle.

D. KORKEUDENMITTAUS

Tuliaseman ja maalin välinen korkeusero saadaan yksinkertaisimmin ja riittävän tarkasti määritettyä ampumakartalta, jos sellainen on käytettävissä. Mitään korkeudenmittauksia ei tällöin tarvita.

Ampumakartoitetun alueen ulkopuolella on myös korkeudenmittaukset suoritettava. Ne on mahdollista liittää suuntakehämurtoviivamittauksiin tai käyttää ilmapuntaria. Edellistä tapaa noudattaen päästään hyvään tulokseen sekä laskemalla korkeuserot trigonometrisesti että määrittämällä ne graafisesti. Kun korkeuskulman lukemisesta suuntakehällä, askeleen pituudesta ja tasotyön tarkkuudesta käytetään murtoviivamittauksessa esille tulleita arvoja, saadaan todennäköisesti korkeusvirheeksi 3 km:n matkalla ± 1 m ja 5 km:n matkalla $n \pm 1,3$ m.

Tarkkuus on siis lyhyissä mittauksissa riittävä, eikä korkeudenmittauksen liittäminen suuntakehämurtoviivamittaukseen tekijän kokemuksen mukaan olennaisesti pienennä mittaussnopeuttakaan.

Ilmapuntaria käytettäessä voidaan korkeudenmittaus suorittaa myös täysin erillisenä, vaikka se tällöinkin on usein edullista liittää muuhun mittaustoimintaan. Tykistön tarkastajan koulutusohjeen menettelytapaa noudattaen saavutetaan riittävän tarkka tulos, jos ilmapuntarit on huolellisesti tarkistettu ja kojekohtaiset korjaukset otetaan huomioon. Mitattavasta kohteesta tarvitaan kuitenkin joustavan mittaustoitinnan aikaansaamiseksi viestiyhteys vertailupuntarille.

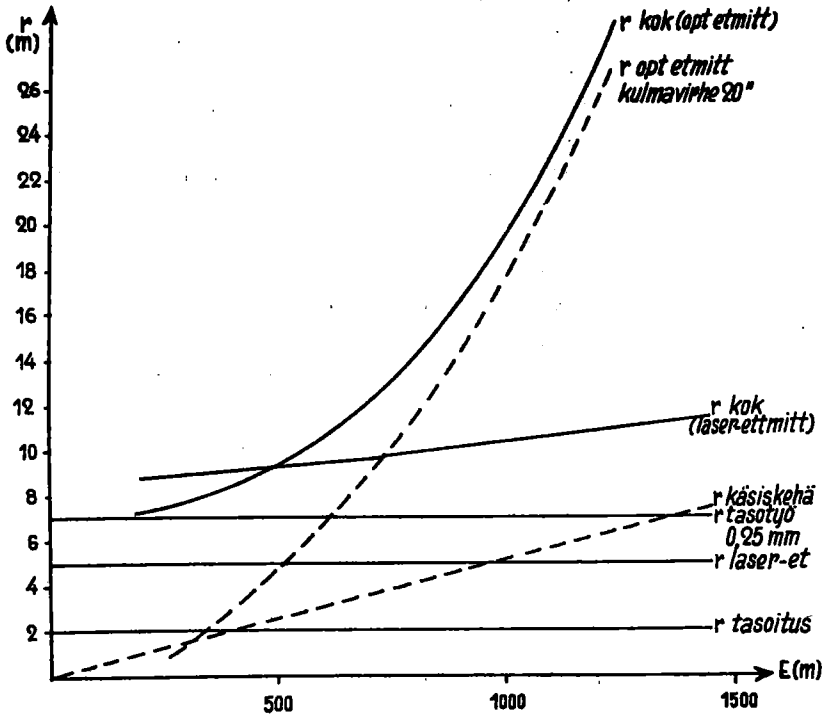
Tykistöleirillä saatujen kokemusten mukaan on ilmapuntarimitauksen todennäköinen virhe ± 3 m, joka vastaa asetettua tarkkuusvaatimusta.

Vaikka tulenjohtopaikan ja tuliaseman korkeudet saadaankin mitatuksi melko tarkasti, jää maali epämääräiseksi tekijäksi. Sen ja tulenjohtopaikan välinen korkeusero on määritettävä kaltevuuskulman ja etäisyyden avulla joko tasolla tai laskien. Jos kaltevuuskulma voidaan mitata suuntakehällä, on tulos varsin tarkka. Yleensä on kuitenkin käytettävä kaltevuudenmittaria, jonka todennäköinen virhe on $n \pm 10$ pii-rua. Korkeudenmittauksen virhe aiheuttaa tällöin huomattavaa epätarkkuutta, sillä 700 m:n tähytys-etäisyydellä tulee jo $n 7$ m:n todennäköinen virhe. Kranaatinheitinmittaukselle tarkkuus on tällöinkin riittävä, mutta määritettäessä maalia tykistölle on korkeuskulma tarpeen mitata 2—3 kertaa.

E. MAALIN MÄÄRITTÄMINEN

Tulenjohtopaikalta voidaan maali määrittää suoraan kartalta paikantamalla, sädemittauksella suunnan ja etäisyyden avulla sekä kahdelta tulenjohtopaikalta eteenpäinleikkauksella.

Jos maalin koordinaatit luetaan kartalta, jäävät tulenjohtomittaus-ten ja maalin määrittämisenkin virhe sisällytettäväksi paikantamisen ja kartan virheeseen. Näiden summa on $n \pm 11$ m, mikä vastaa 1:20 000 topografikartan käytön todennäköistä virhettä. Laajoissa aluemaaleissa, joiden todellinen keskipiste voidaan muutenkin vain arvioida, on myös paikantamistarkkuutta pidettävä riittävänä. Pistemäiset maalit on



Kuva 20
Maalin määrittämisen todennäköinen sädevirhe

yleensä mahdollista määrittää vaikutusammuntaan oikeuttavalla tarkkuudella vain, jos ne ovat selvissä maastonkohdissa tai lähellä niitä.

Sädemittauksella määritettävän maalin tarkkuus näkyy kuvasta 20. Kun etäisyys mitataan 0,7 m:n kantaisella etäisyydenmittarilla, kyetään maali paikantamaan 10 m:n todennäköisellä sädevirheellä vain n 600 m:n päähän. Käsisuuntakehä riittää tällöin hyvin kulmanmittausvälineeksi. Pidentämällä etäisyysmittarin kantaa ja lisäämällä sen suurenusta on tarkkuutta mahdollista parantaa. Näin on esim menetelty eräässä saksalaisessa maalinmäärittämislaitteessa, Entfernungsmessgerät 61:ssä. Sen muodostavat laskulaite, suuntakehä ja liikkuvamerk-

kinen etäisyysmittari, jonka kanta on 0,9 m ja suurennus 14-kertainen. Välineistön yhteispaino on kuljetuskunnossa n 55 kp. Vaikka järjestelmä on melko nopea ja edellä esitettyä sädemittausta tarkempi, on sitä pidettävä käyttökelpoisena vain kiinteissä taistelulosuhteissa.

Laser-etäisyysmittaria käytettäessä on mahdollista määrittää maali tarkasti koko näköetäisyyden puitteissa. Suunnan todennäköiselle virheelle on tällöin asetettava edellistä tiukempi vaatimus. Melko pitkänä pidettävän 3 km:n tähystysetäisyyden mukaan se saisi olla enintään 2". Hyvin tarkistettu käsisuuntakehä on riittävä suunnanottoväline laser-etäisyysmittarin kanssa käytettäväksi vain noin 1000 m:iin saakka.

Leikkaamalla määritetyn maalin tarkkuus arviointiin voidaan käyttää kulmakolmioinnin uudispisteen virhekaavaa. Lisäksi on vielä otettava huomioon tasotyön aiheuttama epätarkkuus. Jotta virhe ei kasvaisi yli peruskartan käytön tarkkuuden, täytyy 300^o leikkauskulmalla ja 2000 m:n etäisyydellä suuntatarkkuuden olla jo piirun luokkaa.

VI. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ JA YHDISTELMÄ

Kenttätyökistön ja kranaatinheittimistön mittaustoiminta voi muodostua tarkaksi ja nopeaksi vain, kun sen perustana ovat ampumakartat. Niitä ei kuitenkaan ole vielä läheskään kaikilta sotilaallisesti tärkeinä pidettäviltä alueilta. Vaikka kartoitustyöt jatkuvasti edistyvät, noudattavat ne pääasiassa taloudellisia vaatimuksia. Kestää vielä noin seitsemän vuotta, ennen kuin koko maamme alueelta on käytettävissä mittaustoimintaan riittävän tarkat kartat.

Mainittu aikamäärä ei ole pitkä, mutta vielä on ennenaikaista pitää ampumakarttoja ainoina mittausten perusteina. Kokonaiset armeijakunnatkin voivat joutua toimimaan alueilla, joilta topografiset tiedot ovat puutteellisia. Prikaatien kohdalla tämä tulee kysymykseen melko usein.

Yhtymille on näin ollen taattava edellytykset nopeasti tihentää kiintopisteverkosto vähintään kolmen kilometrin väleln olevaksi alkupisteverkostoksi. Tämä edellyttää, että joko prikaateilla ja armeijakunnilla on omat organiset runkomittauselimensä tai sitten tällaiset osastot on koottu ylijohdon mittausjoukoiksi. Ilmeisesti jälkimmäinen rat-

kaisu on edullisempi, koska mittausjoukkoja voidaan siten käyttää keskitetysti ja niille varata tehokkaat elektroteknilliset mittausvälineet.

Nykyinen organisaatio, jossa mittauspatterissa on elektroteknillisin etäisyysmittausvälinein ja hyrräteodoliitein varustettu mittausjaos, ei ole onnistunut. Mittaustiedustelu ja topografisen pohjan parantaminen ovat toisiinsa nähden varsin erilaisia tarpeita. Ampumakartoitetuilla alueilla on mittausjaos mittauspatterin omiin mittauksiin turhan tehokas ja muuhunkaan mittaustoimintaan se ei kokonaisuutena ole tarpeellinen. Ampumakartoitetun alueen ulkopuolella se taas joudutaan käyttämään yleensä pistetihennykseen organisaationsa ulkopuolella ja täysin itsenäisesti. Näin ollen erilliset elektroteknillisin etäisyydenmittauslaittein ja hyrräteodoliitein varustetut mittausjaokset ovat nykyisiä tehokkaampia. Mittausjaoksien käyttöarvo kohoaa vielä huomattavasti, jos niille annetaan liikuntavälineeksi ja "ilmakiintopisteeksi" helikopteri.

Suuntakehämurtoviivamittaus on edelleen tuli- ja tulenjohtoyksiköiden tärkein mittausmenetelmä. Vain sillä saavutetaan riittävä varmuus ja tarkkuus. Nykyiset epätarkkuudet aiheutuvat lähinnä mittausvälineistön kuluneisuudesta ja pimeätoimintavälineistön heikkoudesta. Laskulaitteiden, tasomittariyhdistelmän ja valaisulaitteen kehittäminen on pieni, mutta tarpeellinen uudistustyö, jonka aiheuttamat kustannuksetkin ovat vähäisiä.

Uudistamisohjelmaan tulisi myös ottaa kevyen heittimistön mittaseiväsmenetelmästä luopuminen ja mittausryhmän täydentäminen vastaavanlaiseksi kenttätykistön ja raskaan heittimistön mittausryhmän kanssa. Vain näin menetellen päästään kaikkien mittausryhmien tehokkaaseen käyttöön ja samoilla alueilla tapahtuvista päällekkäismittauksista vältytään. Erityisen tärkeää tämä on myös sen vuoksi, että kevyen heittimistön mittausryhmä on usein ainoa pataljoonan käytössä oleva mittauselin. Mittaseiväsmenetelmällä se ei kykene tällöin tehtäväänsä täyttämään.

Tuli- ja tulenjohtoyksiköiden mittaustoiminnan heikoimpana kohdana on kuitenkin tällä hetkellä pidettävä oikean pohjoissuunnan määrittämistä. Nykyisellä välineistöllä se on mahdollista vain pilvettömällä säällä aurinko- ja tähtimittauksella tai jos mittauspatterin hyrräteodoliitti käy määrittämässä suuntapisteitä. Suuntakehillä tapahtuvalla

suunnansiirrolla jää suunta jo prikaatinkin puitteissa epätarkaksi. Samanlaiseen tarkkuuteen päästään suunnastamalla maastolinjojen avulla.

Mittauspatterin hyrräteodoliitti ei myöskään ole mikään ratkaisun avain, sillä se sitoutuu yleensä jaoksen omiin mittauksiin eikä ehdi kiinnittämään suuntaa edes kaikkiin mitattuihin pisteisiin. Jokaisella tuliyksiköllä tulisi olla oma hyrräkomponentti, kuten useimmissa ulkomaiden tykistöyksiköissä jo on. Nyt kun ei enää ole kysymyksessä kalliiden hyrräteodoliittiyhdistelmien hankkiminen, tämä on ilmeisen mahdollista. Tarvitaanhan vain kevyt hyrräkomponenttiosa, esim GAK 1 tai TK 3, joka liitetään kiinnityssillalla joukon käyttämään teodoliittiin tai suuntakehään suunnastamisen ajaksi. Kun prikaatilla on kaksikin tällaista laitetta, on sen mittaustoiminnassa oikea suunta taattu kaikissa olosuhteissa. Myös armeijakunnan tuliyksiköille se on tarpeellinen.

Vaikka murtoviivamittaukset ja kolmiointi ovat vielä kaikissa maissa päämenetelmiä, on todennäköistä, että erityisesti tulenjohtomittauksissa tullaan siirtymään yhä enemmän elektroteknillisten järjestelmien käyttöön. Jo nyt niillä saavutetaan suuri nopeus ja yleensä tyydyttävä tarkkuuskin. Myös kalustot ovat kenttäkelpoisia. Selvittämättä kuitenkin on tällaisten järjestelmien arvo sodan aikana, jolloin vihollinen voinee elektronisella häirinnällä jopa kokonaan estää niiden käytön. Ilmeistä kuitenkin on, etteivät elektroteknilliset järjestelmät vähennä murtoviiva- ja kolmiomittausten tarvetta tarkistavina ja tarkkoina menetelminä.

Omakohhtaisen käsityksen saamiseksi tulisi meille hankkia tai vuokrata joitakin aikaeromenetelmiä käytettäviä laitteita ja kokeilla niitä meidän maasto-olosuhteissamme erityisesti jääkäri- ja panssarijoukkojen paikantamisvälineinä. Muilla menetelmillä ei näiden joukkojen mittaustarvetta kyetä tyydyttämään.

Kokonaisuutena eivät meikäläisen kenttätykistön ja kranaatinheittimistön mittausvälineet ja -menetelmät vastaa nykyajan vaatimuksia. Vain edullisissa olosuhteissa ja jos käytettävissä on ampumakartat, tul-taneen toimeen suuremmitta häiriöittä. Puutteet ovat kuitenkin asian tärkeyteen nähden siksi vähäisiä, että niihin pieninkin määrärahoiin voitaisiin saada olennaisia parannuksia, kunhan vain asiaan kiinnitetään tarpeellista huomiota.

Lähteet

Ohjesääntökirjallisuus

Hang, Wilhelm

Taschenbuch für die Artillerie, Dritte Folge Darmstadt, Wehr und Wissen Verlagsgesellschaft

Kallauke, Martin

Das Schiessen der Artillerie, Band 1

Engineer Test report, short range electronic positioning equipment (SREPE)

Rudi Heinze-Dieter Huber

Das Entfernungsmessgerät

Belugin, D A

Artillerijskaja topografitseskaja sluzba

The Decca Navigator System as an aid to Survey (Issue 5)

Heimo, P

Taktiikan ja ampumatekniikan vaatiman kartta- ja kiintopistetarpeen nopea tyydyttäminen toimittaessa alueilla, joista ei ole olemassa riittävän tarkkoja karttoja

Palmén, N

Kenttätykistön topografinen valmistelu maamme kartaston ja geodeettisen kiintopisteaineiston pohjalla sekä elektroteknillisten paikantamisvälineiden hyväksikäyttäminen siinä

Kaje, L

Kenttätykistön tarkistusammunnan teoria

Strasser, Georg

Der Kreisel: Soldat und Technik n:ot 5, 6, 7 ja 8/1963

Les Cahiers de l'Artillerie 31/1964, Servantie, La topographie moderne

Lasertekniikan luennot Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskuksen luennoilta

Esittelylehtiset mittausvälineistä ja menetelmistä