

3. Opmåling

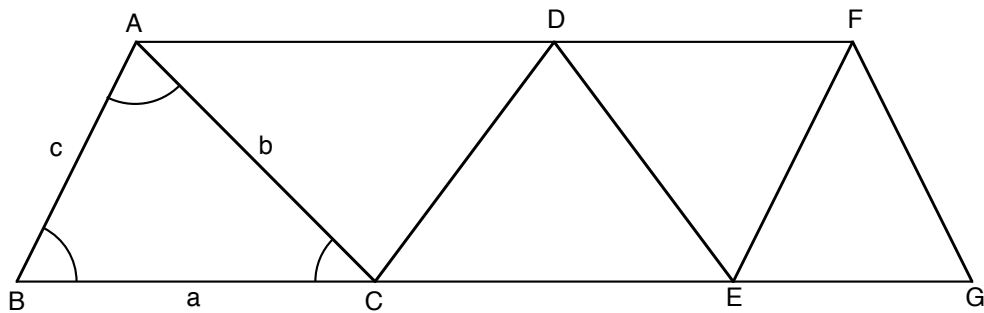
Opmålingen

Forinden den egentlige kortopmåling og tegning af kortet kan finde sted, må der foreligge et system af punkter, der er bestemt ved koordinater, x og y , i det tidligere omtalte koordinatsystem, der har meridianen $2^{\circ} 12'$ vest for Rundetårn som y -akse.

For at få tilvejebragt dette punktsystem er der først målt et system af store trekanter, hvis sidelængder er 30 - 70 km, og som tilsammen udgør et samlet net, der dækker hele landet.

Trigonometri

Som det måske er bekendt, kan en trekants vinkler og sider beregnes fuldstændig, såfremt tre elementer af den er kendt. Det kan være alle 3 sider (Herons Formel), det kan være alle 3 vinkler, det kan være 2 sider og 1 vinkel, eller det mest almindelige, nemlig 1 side og de 2 tilhørende vinkler.



Lad os f.eks. sige, at længden af siden a i det viste trekantnet er målt.
Hvis også vinklerne B og C er målt, kan siden b beregnes af udtrykket

$$b = a \times \sin B / \sin (180 - B - C)$$

Tilsvarende for siden c

$$c = a \times \sin C / \sin (180 - B - C)$$

Siden b er også sidelængde i trekanten ACD .

Hvis man i denne trekant måler de to vinkler, kan de øvrige sidelængder beregnes.

Således kan fortsættes hele trekantnettet igennem.

Årsagen til, at man bestemmer trekanterne ved måling af vinklerne i stedet for at måle trekantsiderne direkte med målebånd er, at vinkelmåling er langt lettere og hurtigere at udføre end nøjagtig udmåling af en længere strækning.

3. Opmåling

Triangulation

Denne trekantmåling kaldes for triangulation og trekantpunkterne kaldes for *Trigonometriske Stationer*. Deres placering er nøje planlagt for at få et hensigtsmæssigt trekantnetværk, som også falder sammen med passende høje punkter i terrænet, hvorfra målingerne kan foretages.

De er afmærket i terrænet enten ved en firkantet, ca. 1 m høj granitblok (postament), der er nedstøbt i en stor betonsokkel i jorden.

Blokken er i toppen forsynet med en bronceknap med centreringshul for måleinstrumentet.

På siden er ofte en bronzeplade med tekst placeret, ligesom et årstal og initialer kan være indhugget.

Postamentet kan også være bygget op af mursten.

De ældste er fra 1867 og yngste er fra 1930.

Her gives nogle eksempler på Postamenter.



Sorring Låddenhøj



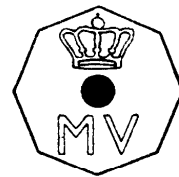
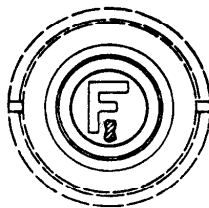
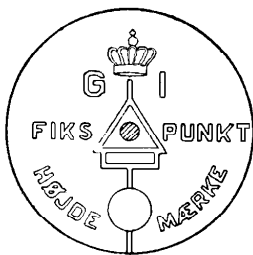
Hellehøj



Flade Kirke

For de mindre stationers vedkommende kan der være tale om blot et jernrør, der er nedstøbt i en mindre betonblok, som kun lige når op til jordens overflade.

Disse benævnes også som *fixpunkter*, som ligeledes kan være højdemarkeringer.



Triangulationsnet.

På næste side er vist det danske **Triangulationsnet**.

Det ses, at det danske net også har forbindelse til net i Tyskland, Sverige og Norge.

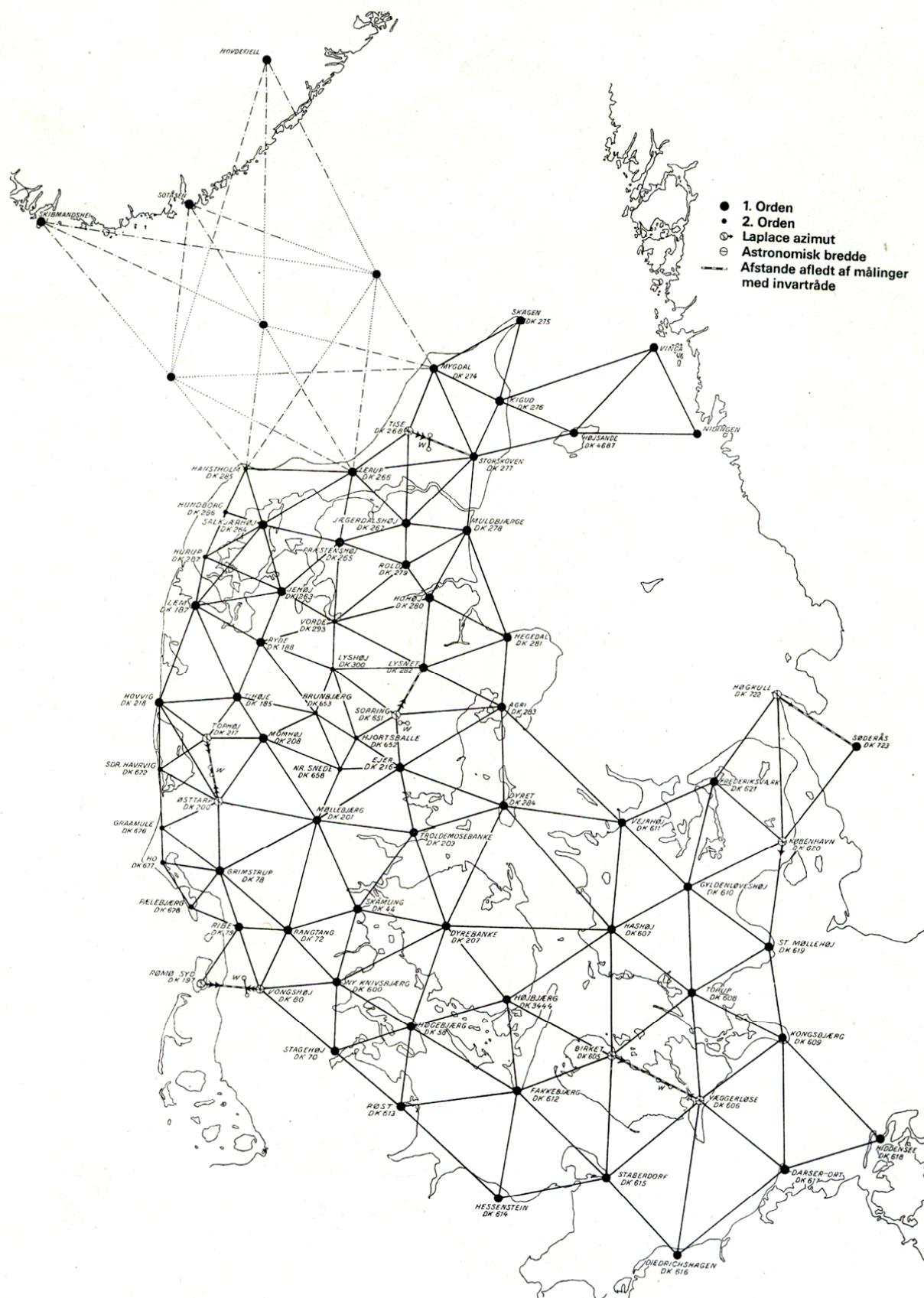
Bemærk hvor elegant nettet er opbygget af trekanter, der danner mangekanter, - ligesom i "gader"

Forbindelsen med Norge blev meget snedigt udført.

Fra en flyvemaskine blev i stille vejr om natten nedkastet lysbomber.

Mens den dalede ned, blev dens position bestemt ved samtidige vinkelmålinger fra 3 stationer i Danmark og 3 stationer i Norge.

3. Opmåling



3. Opmåling

Nivellement

Stationerne og deres koordinater udgør ikke et fyldestgørende grundlag for korttegningen, fordi de intet fortæller om om terrænets højdeforhold.

For at råde bod herpå lægges der over hele landet et net af højdepunkter, *nivellementspunkter* eller *fixpunkter*, hvis højde over havets middelvandstand bestemmes ved en successiv højdebestemmelse fra det ene fixpunkt til det andet.

Nivellementet lægges i linier, i reglen langs vejene, og de enkelte linier har forbindelse med hverandre, således at linierne tilsammen udgør et net, der dækker hele landet.

Nettet er knyttet til et antal faste vandstandsmålere på forskellige steder af kysten.

Som fast referencepunkt vælges dog et punkt på land.

Her i landet er dette en sølvstift, indmuret i Århus Domkirkes mur.

Et punkts højde over middelvandstanden kaldes for punktes *kote*.

Ud fra referencepunktet bestemmes højdeforskellen til andre punkter.

Er afstanden mellem punkterne kort (dvs. under 100 m), anvendes et niveller-instrument.

Det er således indrettet, at man kan sigte til en lægte (millimeterinddelt stok), opstillet lodret i det ukendte punkt.

Højdeforskellen fås direkte som aflæsning på lægten.

På større afstande anvendes teodolit med vertikalkreds.

Vertikalkredsen er en skala, der muliggør måling af vinkler i det lodrette plan.

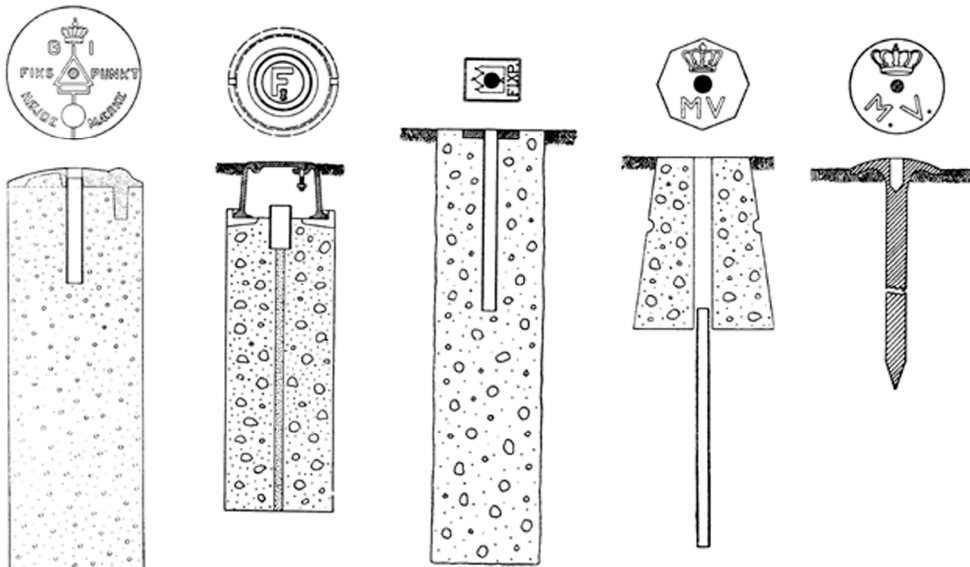
Man måler da en vinkel V , som sigtelinjen mellem det kendte og det ukendte punkt danner med vandret.

Kender man afstanden A mellem de to punkter, får man højdeforskellen ΔH af formelen

$$\Delta H = A \times \text{tg } V$$

Nivellementspunkterne kan have højst forskelligt udseende.

Det kan f.eks. være sten, hvis øverste flade er tilhugget som en halvkugle, eller betonstøbninger, der foroven er dækket af en plade med en halvkugleformet forhøjning, eller det kan være metalbolte, der en anbragt i solide bygninger.



3. Opmåling

Basislinien

Afstandsmålingen er endda en så vanskelig operation, at man aldrig indlader sig på at måle en trekantside på 30 - 70 km, men klarer sig med en langt kortere linie - en såkaldt basislinie - på 5 - 6 km (undertiden endda kortere), der gennem et antal stadig større trekanter forstørres op til en stor trekantsides længde.

Man nøjes nu ikke med blot een basislinie.

Der er målt flere, jævnt fordelt over landet.

Som det kan ses på kortet side 1, drejer det sig om en linie mellem Birket på Lolland og Væggerløse på Falster, en linie fra Rømø til Vongshøj i Jylland, en linie ved Ringkøbing Fjord, en linie fra Sorring til Lysnet ved Randers og en linie i Vendsyssel mellem Thise og Dronninglund Storskov.

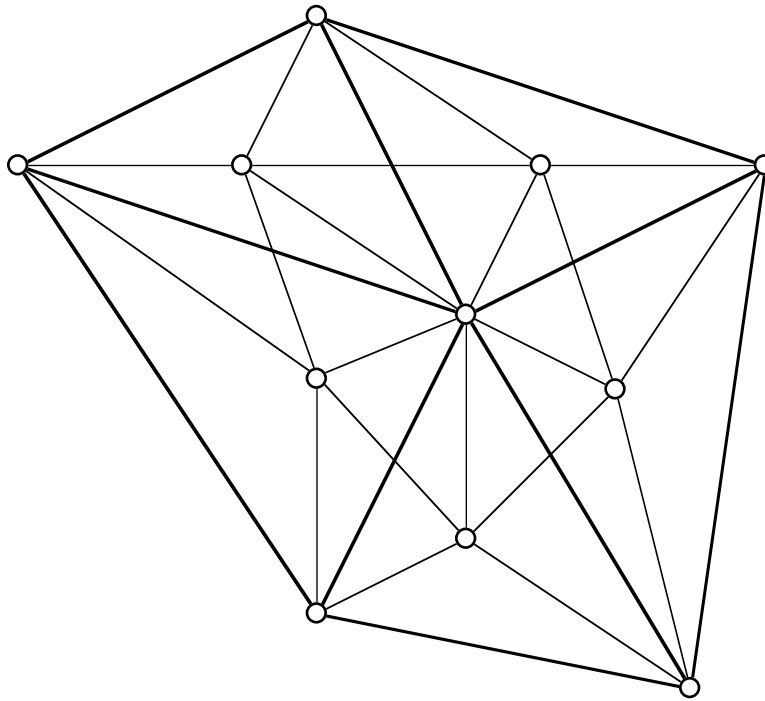
Under fanebladet "Blandet" findes der i emne 4. Basislinien en tegninger og beskrivelse af basislinien Birket - Væggerløse.

Man kan imidlertid ikke nøjes med en afstand på 30 - 70 km mellem punkterne i basisnetværket, men må have tilvejebragt en væsentlig større punkttæthed.

For at opnå dette vælges der midt i hver af de store trekanter et punkt, som indmåles, og derved skabes et nyt og tættere trekantnet.

I hver af de mindre trekanter vælges atter et punkt, som indmåles, hvorved trekantnettet yderligere fortættes, og således fortsættes, indtil punkterne ligger med en indbyrdes afstand på 4 - 5 km eller mindre.

Endelig indmåles et stort antal terrængenstande, f.eks. kirkespir, møller m.m.



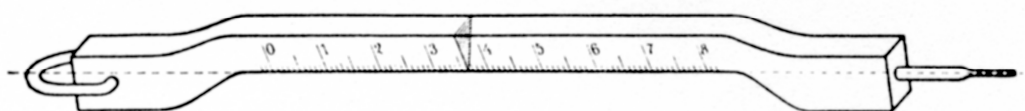
3. Opmåling

Lærebogen “ Landmåling, Opmålingslære I” giver en nøje beskrivelse af, hvordan en sådan måling udføres, og giver samtidig en fornemmelse af den store nøjagtighed, man arbejder med.

Basismålingen er grundlæggende for hele nettets dimension og må udføres med meget stor nøjagtighed, thi en fejl i basis vil blive overført til hovednettets sider i samme forhold som forholdet mellem den pågældende sides længde og længden af basis.

Da man næppe mere vil udføre basismålinger med stænger, skal vi her indskrænke os til at beskrive basismåling med tråde.

Hertil anvendes en tråd fremstillet af legeringen invar, som udmærket sig ved at have en meget lille varmeudvidelseskoefficient. I begge ender er den forsynet med en trekantformet skala.



Da basistrådene er 24 m lange, må længden af basis være et multiplum heraf. Terrænet, hvorigennem basislinien lægges, må være nogenlunde vandret og jævnt, og det må være muligt at få sigte mellem endepunkterne.

Linien måles foreløbigt igennem med et 24 m langt stålbånd, og for hver 24 m sættes små træpæle i linien. Når linien er gennemmålt, erstattes træpælene med lodrette stolper, 10 - 15 cm i diameter.

De slås så dybt i jorden, at de står ganske fast, og afskæres, således at deres højde over jorden er ca. 1,2 m. Hver stolpe støttes yderligere af 3 skråstivere.

I hver stolpes endeflade anbringes en metalknop, hvis overside er afdrejet som en kuglekalot med et indridset stregkors i toppunktet, og hvis underside, der er plan, er forsynet med en nål.

Knoppen rettes ved hjælp af en teodolit nøjagtigt ind i linien og trykkes fast i stolpen, således at den ene streg falder i liniens retning.

Da invartrådenes skala har en længde af 8 cm, må afstanden fra knop til knop ikke afvige mere fra 24 m end knapt 8 cm.

Til basismålingen benyttes 2 spændbukke med 2 lodder a` 10 kg, 2 stålfjedre og et antal måletråde. Endvidere et nivelleringsinstrument med stadie til nivellementet og en teodolit til alignementet.

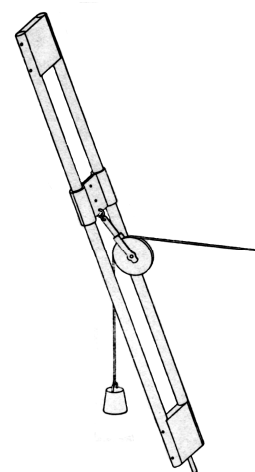
Personalet består af 2 observatører, 1 skriver og 4 medhjælpere, af hvilke de to betjener spændbukkene og de to andre lodderne.

Målingerne udføres på følgende måde. De to observatører bringer tråden, der må bæres meget varsomt, hen over det par stolper, hvis indbyrdes afstand skal måles. Spændbukkene stilles udenfor stolperne og trykkes fast i jorden uden at berøre dem, observatørerne hæfter stålfjedrene til tråden, og på kommando af den ene observatør hænges lodderne samtidig i stålfjedrenes anden ende. Herunder må medhjælperne sørge for, at loddernes vægt langsomt overføres til fjedrene.

Når lodderne hænger hænger frit, dirigerer de to de andre medhjælpere med spændbukkene skalaerne hen over metalknopperne på stolperne, således at at skalaernes kant lige berører knopperne.

På kommando af den ene observatør aflæser begge observatører samtidig skalaernes stilling til stregkorset på stolperne og dikterer aflæsningerne til skriveren.

Aflæsningen sker i tiendedele millimeter.



3. Opmåling

Tråden forskydes lidt i længderetningen, og ny aflæsning foretages, hvorefter tråden atter forskydes lidt, og en 3. og sidste aflæsning foretages.

På kommando af den ene observatør løftes lodderne af fjedrene, idet observatørerne i forvejen har fattet om krogene i tråden, og hele personalet begiver sig til det næste interval, hvor operationen gentages, og således fortsættes linien igennem.

Ved endepunkterne og ved sektionspunkterne foretages oplodning ved hjælp af et stanglod med rørlibelle.

Ved disse punkter bør der tages 3 sæt aflæsninger med libellen i den ene hovedstilling og 3 sæt aflæsninger med libellen i den anden hovedstilling.

Endelig foretages med passende mellemrum temperaturbestemmelser med et i skygge ophængt termometer.

Da Invar har en meget ringe temperaturudvidelse, kræves ikke nogen stor nøjagtighed i bestemmelsen.

Med hver tråd måles linien igennem een gang frem og een gang tilbage.

Mellem frem- og tilbagemålingen vendes tråden.

---- herefter fortsætter beskrivelsen med yderligere anvisninger som observatørernes pladsbytning, stolpernes nivellement og indretning i linien, beregning af middeltal, reduktion for trådlængde, reduktion for temperaturforskel, reduktion for hældning m.v.

Vinkelmålingen

Ej heller nøjes man med at måle to vinkler i hver trekant.

For at forøge nøjagtigheden måles alle tre vinkler.

Den vinkel, som forekommer i landmålingen, omhandler ikke selve terrænvinklerne men deres projektioner på den matematiske jordoverflade.

Ved en vinkels størrelse forstår man derfor størrelsen af toplansvinklen mellem de to normalplaner, som indeholder vinklens ben.

En sådan vinkel en *azimutalvinkel* eller almindeligere en *horisontalvinkel*.

De instrumenter, som benyttes til denne vinkelmåling, kan være af meget forskellig konstruktion.

Teodolitten er afgjort den altdominerende på dette område.

De ydre omstændigheder, hvorunder målingen udføres spiller en afgørende rolle for den nøjagtighed, som kan opnås.

Navnlig om sommeren kan stærkt solskin bevirke en sådan luftsitring, at en nøjagtig indstilling af sigterne bliver umulig, og man kan da blive nødt til kun at observere i eftermiddags- og aften timerne.

Undertiden udfører man også vinkelmålingen om natten, hvor atmosfærens refraktionsforhold er rolige.

De bedste ydre betingelser er køligt gråvejr, eventuelt med enkelte småbyger, som vasker luften ren for støv, således som vi har det her i landet i september og oktober.

Disse måneder er derfor særlig velegnede til vinkelmåling mellem punkter med indbyrdes store afstande, således som de forekommer ved triangulation.

Signaler

Under målearbejdet må stationerne for at gøres synlige afmærkes med signaler.

Her i landet anvendes ved større afstande hyppigt et timeglasformet tømmer signal, der anbringes centrisk over stationspunktet.

3. Opmåling

Det er indskriveligt i et kvadrat med sidelængde varierende fra 0,5 til 2 m efter den afstand, hvori det skal ses.

Signalpladen bygges af smalle brædder med ca. 2 cm mellemrum.

Pladen, der må være nøje symmetrisk, bæres af en i pladen symmetrisk anbragt firkantet tildannet stolpe, der fastholdes ved 4 barduner af hegnstråd eller wire og stilles lodret ved hjælp af et vaterpas.

Signalpladen stilles så ingen sigtelinie danner nogen vinkel mindre end 45° .

Pladen males sort, hvis den ses på lys baggrund og hvid eller gul, hvis den ses på en mørk baggrund.

En sort maling kan fremstilles af kønrøg udrørt i kærnemælk, og en hvid maling af kalk udrørt i vand.

Foruden det ovenfor beskrevne tømmersignal benyttes ofte lyssignaler på længere afstande.

Enten anvender man en heliotrop, der dog har den skavank kun at kunne bruges i solskin, eller man anvender elektriske lygter eller acetylenlamper.

Ved mindre triangulationer benyttes cylindriske træstokke, der efter omstændighederne males i røde og hvide, sorte og hvide, eller sorte og gule bælter.

Stokkene stilles lodret ved hjælp af en stokkelibelle og fastholdes ved barduner af hegnstråd eller wire.

For let at kunne finde dem i kikkertfeltet, forsyner man dem tit med et flag eller to på hinanden vinkelrette tværplader.

Ved store triangulationer må man hæve sigtet op over jordoverfladen.

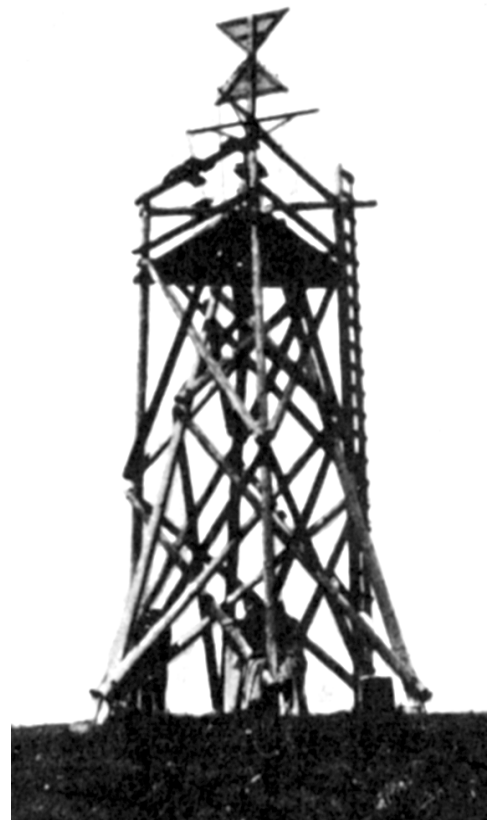
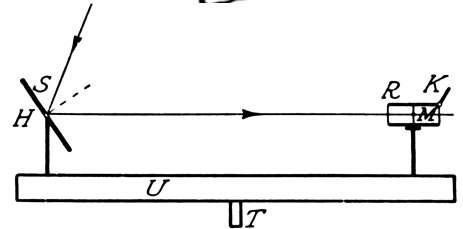
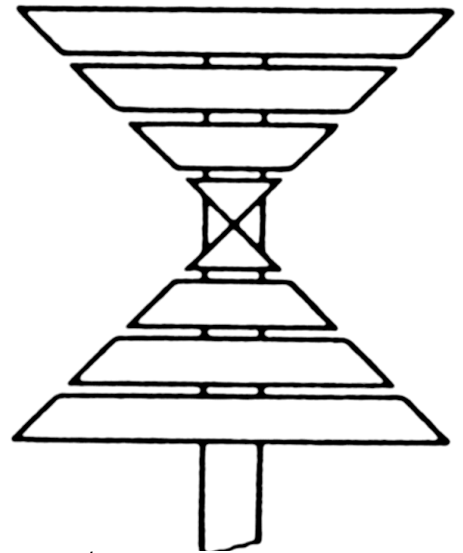
Det bliver da nødvendigt at bygge tårne, og disse bør altid være dobbelte, eet der bærer instrumentet, og eet, hvorpå observator færdes, således at rystelser fra observators bevægelser ikke kan overføres til instrumentet.

Mange forskellige former af geodætiske tårne har været anvendt.

Det mest stabile, men også det dyreste, består af et instrumenttårn bygget af mursten, og uden om dette et trætårn til observator.

Murtårnet er firkantet og hult, således at instrumentet ved hjælp af et almindeligt snorlod kan stilles centrisk over stationspunktet.

Forneden i tårnet findes de fornødne huller, således at den rette centrering kan overvåges.



3. Opmåling

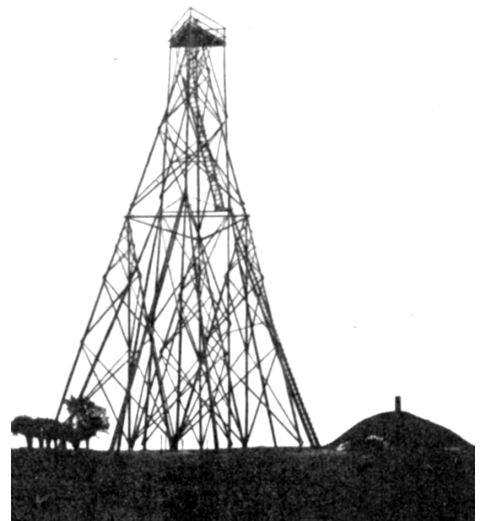
Trættårnet er vist ekscentrisk beliggende i forhold til det på højen anbragte postament.

Det er bygget som en 3-sidet pyramide med sidelængde i grundfladen lig pyramidens halve højde.

Instrumentttårnet bærer foroven et lille bord, hvorpå instrumentet opstilles.

Centreringen sker ved, at man med en teodolit anbragt i passende afstand fra tårnet, i tre retninger fører stationscentret op på instrumentbordet.

Tårnet, hvorpå observator færdes, er formet som en 3-sidet pyramidestub



Jerntårnet stammer fra Amerika.

Instrumentttårnet er bygget som en 3-sidet pyramide, der foroven ender i et 3-sidet prisme, hvorpå instrumentet er anbragt.

Dette er gennemboret i midten, og instrumentets centrering sker ved hjælp af et optisk lod.

Tårnet er boltet sammen, og det er let at opsætte og nedtage, så det efterhånden kan benyttes i mange stationer, hvorved det bliver økonomisk i brugen.

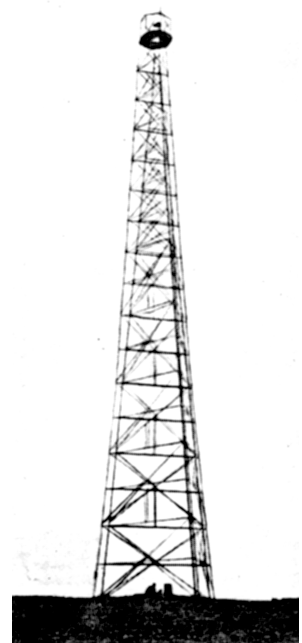
Astronomisk bestemmelse

I flere af de trigonometriske stationer (især dem som indgår i en basislinie) udføres der astronomiske bestemmelser af stationens bestemmelser af stationens geografiske længde og bredde.

Også azimut af en trekantside, d.v.s. trekantsidens retning i forhold til syd.

Disse geografiske positioner omregnes derefter til retvinklede koordinater i tidligere omtalte, retvinklede koordinatsystem.

Derefter kan alle de øvrige punkters koordinater beregnes.



det

Opmålingens Historie

3. Opmåling

Den første rationelle kortlægning blev iværksat af Videnskabernes Selskab i 1757.

Det geodætiske arbejde blev i 1816 videreført af Den Danske Gradmåling.

Kortlægningen blev i 1842 overtaget af militæret i Generalstabens topografiske Afdeling.

Geodætisk Institut blev i 1928 oprettet ved en sammenlægning af Generalstabens topografiske Afdeling og Den danske Gradmåling.

I 1989 blev Kort & Matrikelstyrelsen dannet ved Lov om Kort & Matrikelstyrelsen.

Målemetoder og -udstyr

Målemetoder og -udstyr er stedse forbedret gennem tiderne og nøjagtigheden dermed forbedret.

På vinkelmålingernes område har metoden ikke ændret sig synderligt, men de anvendte instrumenter er blevet stadig mere forfinede.

Afstandsmålingen har ændret sig med fremkomsten af nye teknologier.

I mere end hundrede år var målebåndet det altdominerende.

I 60'erne benyttedes radiobølger og radarstråler.

Senere blev også ultralydbølger anvendt

Med laserstråler har man fundet et meget anvendeligt grundlag for præcise målinger.

Med de satellitbaserede systemer til positionsbestemmelse - GPS - har man fået nye muligheder.

Litteratur henvisninger

Titel Terrainsports Bogen

Forfatter Axel Schnack

Udgiver Dansk Terrainsport Forbund

Forlag H. Hirschsprungs 1949

Titel Landmaaling / Opmaalingslære I

Forfatter A.Schneider og N.Thorkil-Jensen

Udgiver Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole 1961

Titel Landmaaling / Instrumenter

Forfatter A.Schneider og N.Thorkil-Jensen

Udgiver Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole 1961