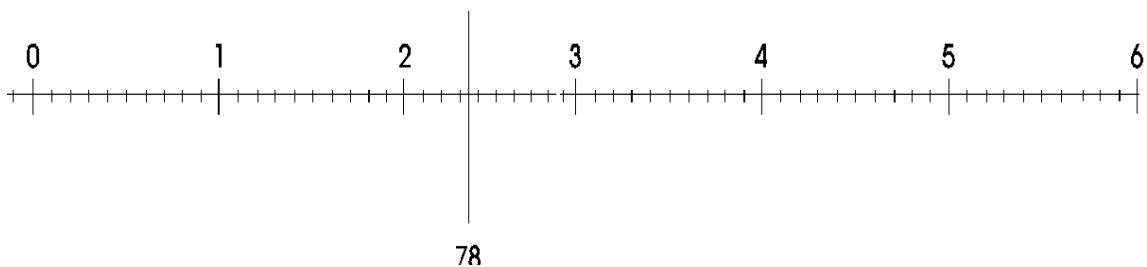


# Teodolit vejledning

En teodolit er beregnet til at måle vinkler med, både horisontalt (Hz) og vertikalt (V). Vinklerne aflæses gennem det lille mikroskop ved siden af kikkertens okular (øjelinse, oculus = et øje), der kan aflæses grader (°) og minutter (′) ( $60' = 1^\circ$ ). Disse kan så bagefter bruges til at beregne afstande og retninger med i landskabet. Man får lys på skalaerne ved at vippe det spejl ud, der er anbragt på siden og fange Solen (eller en anden lyskilde).

1. Når apparatet er opstillet på det sted, hvor man skal bruge det, skal det **justeres** (stilles vandret ved hjælp af de to libeller (vaterpas)); det gøres med de tre nederste store sorte fingerskruer.
2. Nedenunder trefoden er et ophæng til et **lod**; dette bruges til at stille teodolitten lige over det punkt på jorden, hvorfra man skal måle. Nogle apparater har en lille sigtekikkert indbygget, så man kan se loddet og **målepunktet** lodret ovenfra.
3. Nu skal horisontalskalaen **nulstilles**, normalt mod geografisk eller magnetisk Nord. Hvis man kun er interesseret i en vinkel, kan man indstille mod et målepunkt (den anden teodolit el. lign.). Dette gøres ved at dreje apparatet, så Hz-skalaen er ca. i  $0^\circ$ , skalaen løsnes og fastholdes med den lille **metallås** på libellesiden.  
For at man kan finindstille, må kikkerten låses med en af **vippearmene**; så kan der fin-indstilles med den **yderste sorte** knap på siden (den inderste bruges til vertikalindstilling). Når skalaen er i  $0^\circ$  fastlåses den, teodolitten løsgøres og **kikkerten** indstilles på målepunktet; trådkorset stilles skarpt med den **sorte ring** på okularet; og kikkerten stilles skarpt med den **gule riflede** ring. Nu løsnes skalaen med den lille blanke lås, og apparatet er nulstillet. NB Den lille lås skal ikke røres mere.
4. Nu kan vinkler, fra det punkt der er valgt som nulpunkt, aflæses. Man løsner med vippearmene, grovindstiller med sigtekikkerten (ovenpå kikkerten), grovindstiller med kikkerten, låser, finindstiller og aflæser de to vinkler (hvis kun Hz-vinklen ønskes, kan den anden slås fra med knappen ved vippearmene).
5. **Husk, udover vinklerne, at notere hvad du sigter på, ellers bliver det svært at sammenligne dine målinger med nogle, foretaget fra et andet sted.**



Denne gradskala på teodolitten aflæses som  $78^\circ 24,5'$

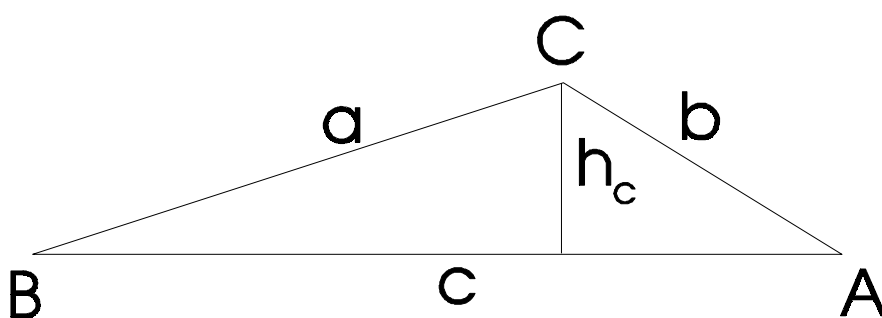
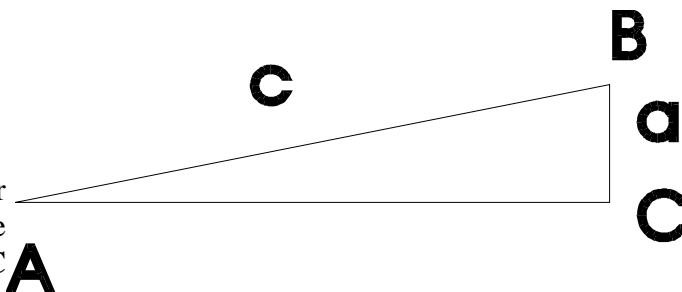
# AFSTANDSMÅLING MED TREKANTER

Man kan ikke direkte måle siderne i meget store trekanter, da man ikke kan tegne dem. For at finde siderne må man beregne dem, til det får vi brug for en funktion der hedder Sinus.

Sinus til en vinkel i en retvinklet trekant er forholdet mellem vinklens modsatte side og den side der ligger overfor den rette vinkel.

Eller hvis du ser på tegningen:  $\sin(\angle A) = a/c$ .

Vi tegner nu en tilfældig trekant ABC, kalder siderne a, b og c og vælger to af vinklerne f.eks.  $\angle A$  og  $\angle B$ . Så nedfældes højden fra  $\angle C$   $h_c$ .



Nu har vi to retvinklede trekanter i hvilke vi kan bruge vor definition på sinus. Vi får:

$$\sin(\angle A) = h_c/b \text{ og}$$

$$\sin(\angle B) = h_c/a$$

I den første ligning ganger vi med b på hver side, i den anden med a, det giver:

$$b \cdot \sin(\angle A) = h_c \text{ og } a \cdot \sin(\angle B) = h_c$$

eller

$$b \cdot \sin(\angle A) = a \cdot \sin(\angle B)$$

Vi dividerer med  $\sin(\angle A) \cdot \sin(\angle B)$  på hver side, forkorter og får:

$$b/\sin(\angle B) = a/\sin(\angle A)$$

Da  $\angle A$  og  $\angle B$  var tilfældig valgt, gælder denne ligning også for  $\angle C$ . Nu har vi den relation mellem siderne og vinklerne i en trekant, som vi skal bruge til trekantberegning.

$$c/\sin(\angle C) = b/\sin(\angle B) = a/\sin(\angle A)$$

Sinus til en vinkel kan man slå op i en tabel, eller nemmere få frem på en matematiklommeregner ved at trykke på tasten SIN.

## MÅLINGEN

I vælger en grundlinie på 50 m. eller mere, den kalder vi c og den har endepunkterne A og B. Nu måler vi  $\angle A$  og  $\angle B$  i trekanten ABC hvor C er toppen af Ledøje Kirke, den højre spids.

$$\angle C = 180^\circ - \angle A - \angle B$$

Da vi nu kender  $\angle C$ ,  $\angle A$  og c kan vi beregne a, som er afstanden til Ledøje K. fra vinkel B:

$$c/\sin(\angle C) = a/\sin(\angle A)$$

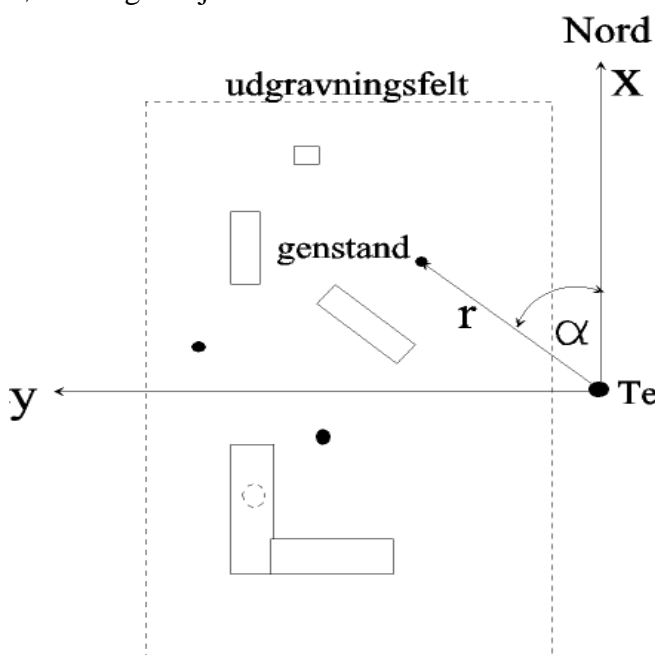
eller

$$a = c \cdot \sin(\angle A) / \sin(\angle C)$$

## Tredimensional kortlægning ved hjælp af Teodolit.

Denne metode kan for eksempel bruges ved arkæologiske udgravninger, hvor det er vigtigt at fastslå et objekts tredimensionale placering inden det fjernes, så udgravningen kan gå videre.

Først skal Teodolitten opstilles på den sædvanlige måde og stilles vandret, så skal dens sted bestemmes, det gøres ved hjælp af et kort over området eller en GPS-måling. Så skal dens vandrette vinkel 0-stilles, her vil det ofte være praktisk at vinklen er  $0^\circ$  når man sigter mod nord eller syd derfor findes på et kort Teodolittens sted og et markant sted (bjergtop el.lign.) så langt borte som muligt og vinklen fra nord eller syd til linien mellem Teodolitten og stedet måles så præcist som muligt. Denne vinkel indstilles teodolitten så på, skalaen løsgøres og man sigter mod bjergtoppen, skalaen låses og vinkelmåleren vil nu vise  $0^\circ$  når Teodolitten peger mod nord (eller syd). Til sidst hamres en pløk i jorden lodret under Teodolitten så dens nøjagtige sted kan findes hvis det er nødvendigt at fjerne den om natten.



På tegningen må man forestille sig at  $0^\circ$  er valgt til at vise nord og man kan se to af de tre koordinataksler i forhold til hvilke genstandens placering skal findes, x-y planet er Teodolittens vandrette sigteplan, den tredje z-aksen må man forestille sig går lodret op der hvor Teodolitten er. 0-punktet på z-aksen kan vælges frit og det vil være praktisk at stille et stadie op et bestemt sted (som ikke skal udgraves) det afmærkes med en pløk og højden aflæses med Teodolitten på samme måde som ved nivelleringsinstrumentet.

Når en genstand skal fjernes skal den opmåles og det gøres ved at stille et stadie (lodret!!) der hvor den er, sigte med Teodolitten mod stadiet og aflæse vinklen  $\alpha$  fra nord. Derpå aflæses højden af x-y

planet over genstanden, a trækkes fra for at få genstandens z-koordinat og den er hermed fundet. Afstanden r mellem genstanden og Teodolitten findes ved at aflæse stadiet gennem Teodolitten, nøjagtigt som ved Nivelleringsinstrumentet (en Teodolit er normalt også forsynet med de to korte hjælpelinier i trådkorset).

Genstandens x- og y-koordinat kan nu findes fordi:

$$x = r * \cos(\alpha)$$

$$y = r * \sin(\alpha)$$

Da genstandens tredimensionale placering nu er fundet kan den fjernes for nærmere undersøgelse og der kan graves videre.

Ved hjælp af et regneark på en computer kan al det ovenstående talgymnastik gøres enklere. I kolonnerne skrives følgende:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Reg.nr.	a	$\alpha$	r	højde	x	y	z
2	##	##	##	##	##	$E2 * \cos(D2)$	$E2 * \sin(D2)$	F2-C2

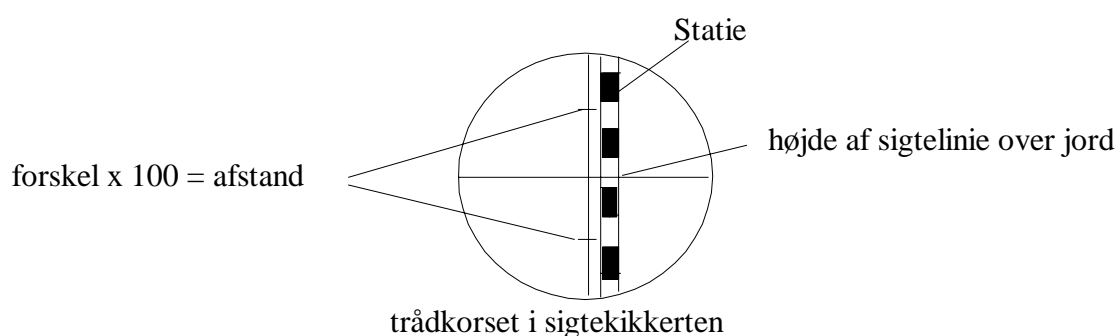
Hvis Teodolitten fjernes om natten kan den opsættes samme sted, men højden over 0 kan skifte, så a kan ændres fra dag til dag.

# Nivellerinstrument

## vejledning

Et nivellerinstrument er beregnet til at måle niveauforskelle med. Efter at det er justeret, sigter man via trådkorset i kikkerten nøjagtigt vandret, og man kan så aflæse niveauet på et stadie (en målestok), der er oprejst et stykke væk.

1. Apparatet fastskrues på trefoden og **loddet** ophænges i krogen nedenunder; loddet bruges til indstilling over det nøjagtige **målepunkt** i landskabet.  
Ved siden af kikkertens okular befinder **libellen** (vaterpasset) sig; **boblen** stilles i midten ved hjælp af de to **drejelige ringe** fornedet. Det er klogt at stille de to håndtag modsat, dreje dem samtidigt, således at boblen bevæger sig vinkelret på de to håndtag og derpå føre håndtagene sammen (øvelse gør mester). Nu står nivellerinstrumentet vandret.
2. Kikkertens trådkors stilles skarpt ved at man drejer på den lille **sorte ring** ved okularet (øjelinsen). Selve kikkerten fokuseres ved at man drejer på den **sorte knap** på siden.
3. Nu sigtes gennem kikkerten efter grovsigte med de to **sigtekorn** oven på håndtaget, og stadiet kan aflæses. Hvis der er behov for at **finjustere** vandret, kan det gøres med de **nederste sorte knapper**. Når den **vertikale tråd** står nøjagtigt på midten af stadiet, vil antallet af cm mellem de to korte mærker på tråden ganget med 100 give **afstanden** mellem nivellerinstrumentet og stadiet; hvis der er 15,8 cm mellem mærkerne vil afstanden være 15,8 m.  
På to af instrumenterne er desuden **sigtespalte** ovenpå, den er til 90N's sigte på kikketretningen (det kunne jo være, at det var praktisk).
4. **Husk at notere alle målinger ned, samt hvortil og hvorfra de er foretaget, ellers vil arbejdet være spildt!**



## Nivelleringsøvelse.

Vi forestiller os, at der i det udgravede landobservatorium er opstået følgende problem:

Det sænkede gulv står tit under vand p.gr.a. dårlig dræning; isdannelse om vinteren giver frostsprængninger, og det at gulvet står under vand giver publikum et forkert indtryk af observatoriebygningen.

For at løse problemet må nedgraves en drænledning fra lidt under observatoriegulvet og ned til den mergelgrav der ligger ca. øst for observatoriet. Der skal selvfølgelig være et passende fald på sådan en ledning, så vandet løber den rette vej. For at finde hvor dybt drænledningen skal graves ned i jorden i punkter på vejen fra observatoriet til mergelgraven må landskabets profil først findes. Til den opgave benyttes et nivellerinstrument.

Det opstilles i obs. ved skorstenen, justeres og der sigtes ned mod mergelgraven, det kan være en fordel at opstille en landmålerstok ved mergelgraven, så er der noget at rette ind efter. Stadiet opstilles på obs. gulvet i sigtelinien og kikkertens højde  $a_1$  over gulvet måles, husk også at måle afstanden fra instrumentet til stadiet  $d_0$  (det er vort udgangspunkt, så alle målte afstande må fratrækkes  $d_0$ ). Nu flyttes stadiet længere ud af sigtelinien og højde over jord ( $a_1$ -den målte højde) samt afstand noteres hver gang.

Det bliver på et tidspunkt nødvendigt at flytte instrumentet til et nyt målepunkt, det gøres på følgende måde: Et punkt A's niveau og afstand måles og punktet afmærkes på jorden, et punkt B lidt længere ude af sigtelinien måles også. Nu flyttes nivellerinstrumentet til A mens stadiet holdes i B, fra A foretages en ny måling af B's niveau og afstand. Som før kaldes instrumentets oprindelige højde over gulvet for  $a_1$ , den målte højde og afstand til A kaldes for  $h_1$  og  $d_1$  og den målte højde i B for  $h_2$ , heraf fås A's højde over gulvet til  $a_1 - h_1$ . For at finde instrumentets højde i forhold til gulvet efter flytningen til A  $a_2$  måles nu højden på stadiet i B, den kaldes  $h_2$ . Da punktet B er det samme ved begge målinger fås at  $a_2 = h_2 - h_1 + a_1$ . Ved de målinger du foretager fra A bliver højden over gulvet  $a_1$ -målt højde, og afstanden fra startpunktet bliver den målte afstand +  $d_0$ . Hvis det er nødvendigt med yderligere en flytning af instrumentet følges samme procedure igen.

Det vil være praktisk at indføre resultaterne i et skema:

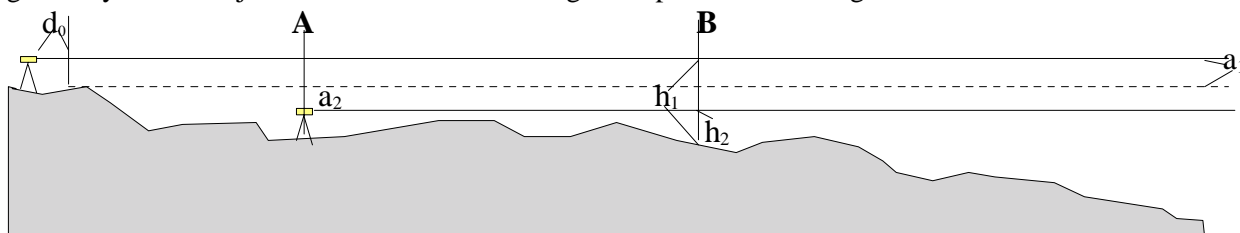
punkt	målt højde H	målt afstand D	højde i forh. t. gulv $a_1 - H$	afstand i forh. t. gulv $D - d_0$
gulv	$a_1 =$	$d_0 =$		
A				$d =$

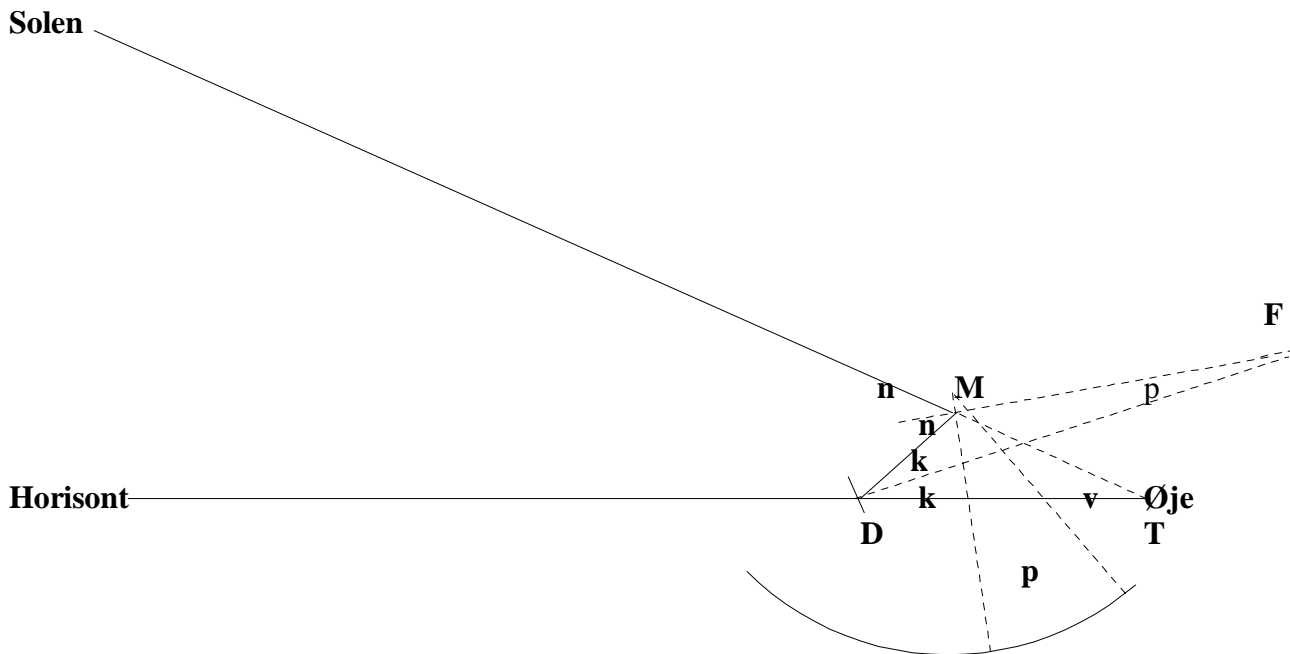
Målinger fra A:

punkt	målt højde H (fra A)	målt afstand D (fra A)	højde i forh. t. gulv $a_2 - H$	afstand i forh. t. gulv $D + d$
A	_____	0	_____	
B	$h_2 =$			

o.s.v.

Der afsluttes med at ind-tegne den målte profil på et stykke papir, den planlagte drænledning kan så indtegnes og dens dybde under jordover-fladen i de forskellige målepunkter kan beregnes.





## Sekstant

### vejledning

Strålegangen i en sekstant. Sollyset rammer spejlet M, går herfra til „halvspejlet“ D og rammer herefter øjet. Lyset fra horisonten går lige gennem D og rammer øjet.

Solens højde er vinklen  $v$ . Fra trekanterne FDM og MDT fås:

$$p+k = n \text{ samt } 2k+v = 2n$$

ved at substituere  $n$  i ligningerne fås:

$$p = \frac{1}{2}v$$

På gradbuen  $G$ , hvor vinklen  $p$  kan aflæses, er hver grad halv så stor som normalt; derved kan vinkel  $v$  direkte aflæses.

Vinkelmålingsinstrumentet ovenfor blev opfundet i 1700tallet, og blev anvendt meget ved navigation. Bestemmelse af længde- og breddegrad fås af stjerne- eller solhøjde sammen med et ur.

Til søs kan man som regel se horisonten, men til lands er denne tit dækket af landformationer, så her må en anden teknik bruges.

Man anbringer et vandret spejl på jorden. Spejlet kan enten vandretstilles med en libelle (vaterpas) eller helt enkelt bestå af en skål med kviksølv. Nu måler man vinklen mellem Solen og Solens spejlbillede; denne vinkel vil være det dobbelte af den søgte solhøjde.

