1 MĂSURĂTORILE TERESTRE - NOȚIUNI GENERALE

1.1 Obiectul şi ramurile măsurătorilor terestre

Topografia face parte dintr-un grup de ştiințe şi tehnici numite la modul general măsurători terestre, care se ocupă de studiul – determinarea formelor şi dimensiunilor Pământului în ansamblul său, sau pe porțiuni de teren – precum şi de reprezentarea acestora pe hărți şi planuri.

Măsurătorile terestre au evoluat alături de alte ştiințe ca: matematica, fizica, astronomia, mecanica cerească şi electronica, care au permis dezvoltarea instrumentelor de măsurare precum şi a metodelor de prelucrare a măsurătorilor.

- Evoluția ştiințifică a matematicii a permis dezvoltarea metodelor de prelucrare şi interpretare a rezultatelor măsurătorilor;
- Fizica şi electronica au oferit deschideri noi în domeniul aparaturii utilizate la efectuarea măsurătorilor.

Măsurătorile terestre au o importanță deosebită atât în dezvoltarea ştiințifică cât şi în cea economică.

Ramurile mari ale măsurătorilor terestre sunt:

- geodezia;
- topografia;
- cadastrul;
- fotogrammetria;

Geodezia – este ştiința care studiază forma şi dimensiunea Pământului, câmpul gravitațional în sistem tridimensional, în funcție de timp. În 1880, Helmert defineşte geodezia ca fiind: *„Ştiința măsurării şi reprezentării Pământului”.* În cadrul acesteia există o serie de subramuri cum ar fi: astronomia geodezică, geodezia marină, geodezia inerțială, geodezia diferențială.

Topografia – este acea ştiinţă ce se ocupă cu măsurarea şi reprezentarea suprafeţelor relativ mici de teren, fără a ţine seama de curbura Pământului. Denumirea derivă din cuvintele greceşti *topos* = *loc* şi *grapheim* = *a descrie.* Prin măsurătorile topografice se stabilesc poziţiile relative dintre diverse obiecte din teren şi reprezentarea acestora pe planuri şi hărţi.

Cadastrul – este sistemul unitar şi obligatoriu de evidenţă tehnică, economică şi juridică, prin care se realizează identificarea, înregistrarea, descrierea şi reprezentarea pe hărţi şi planuri cadastrale a tuturor terenurilor, precum şi a celorlalte bunuri imobile de pe întreg teritoriul ţării, indiferent de destinaţia lor şi de proprietar.

Fotogrametria – cuprinde procedee pentru determinarea şi reprezentarea suprafeţelor de teren pe baza unor fotografii speciale numite fotograme obţinute prin fotografierea terenului din avioane echipate adecvat. Caracteristica principală a acestei ramuri este aceea că nu execută măsurători pe teren ci pe imaginea fotografică a acestuia. Fotogrametria nu se aplică independent de alte discipline la întocmirea planurilor şi hărţilor, ci împreună cu topografia, sprijinindu-se amândouă pe reţeaua geodezică.

1.2 Suprafeţe terestre

Din punctul de vedere al măsurătorilor terestre, se definesc următoarele trei suprafeţe (figura 1.1):

- suprafaţa topografică;
- geoidul;
- elipsoidul.

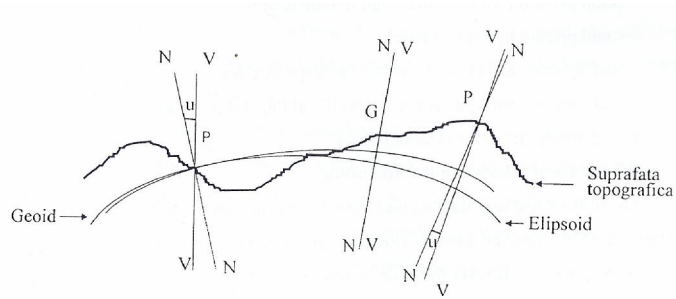

Figura 1.1 Suprafețe terestre

Suprafața topografică – este suprafața terenului natural, cu toate caracteristicile lui, aşa cum va fi reprezentat pe hărți şi planuri. Are forma neregulată şi nu este geometrizată (nu are o formă matematică ce poate fi descrisă prin relații matematice).

Geoidul – este o suprafață echipotențială particulară a câmpului gravitațional terestru, asimilată cu suprafața liniştită a mărilor şi oceanelor considerată prelungită pe sub mări şi oceane. Are o formă uşor ondulată, fiind denumită suprafața de nivel zero şi constituie originea în măsurarea altitudinilor punctelor de pe suprafața topografică a Pământului. Are o formă neregulată şi nu este matematizat. Are proprietatea că în orice punct al său este perpendicular pe verticala VV, respectiv pe direcția accelerației gravitaționale, indicată de regulă de firul cu plumb.

Elipsoidul de revoluție – este suprafața geometrică cea mai apropiată de geoid rezultată prin rotirea unei elipse în jurul axei mici 2b, iar axa mică este paralelă cu axa globului terestru.

De-a lungul timpului mai mulți matematicieni şi geodezi au calculat diverşi elipsoizi în încercarea de-a găsi parametrii optimi.

La ora actuală la noi în țară se foloseşte elipsoidul Krasovski care are următorii parametri:

a = 6 378 245 m – semiaxa mare

b = 6 356 863 m – semiaxa mică

f = $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$ - turtirea

Corespondența punctelor de pe suprafața topografică pe elipsoid se face prin proiectarea punctului aflat pe suprafața terestră pe elipsoid prin intermediul normalei NN la elipsoid, iar punctul capătă coordonate geografice.

Coordonatele geografice sunt latitudinea şi longitudinea.

Latitudinea – B_P este unghiul format de normala la elipsoid cu planul ecuatorului. Putem vorbi de latitudine nordică sau sudică în funcție de poziția punctului într-una din cele două emisfere. Pe ecuator latitudinea este zero.

Longitudinea – L_P este unghiul diedru dintre meridianul geodezic ce trece prin punct şi meridianul de origine al elipsoidului de referință. Meridianul de origine zero este ales convențional cel ce trece prin observatorul astronomic de la Greenwich, de lângă Londra.

Sistemul de coordonate geografice are două familii de linii de coordonate:

Lat=const – familia paralelelor

Long=const – familia meridianelor

Pentru România avem:

Latitudinea medie 46°N

Longitudinea medie 25° E Greenwich

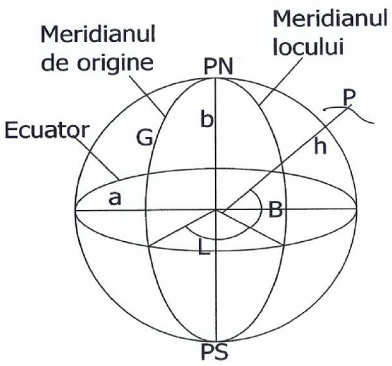

Figura 1.2 Elipsoidul de revoluție

1.3 Suprafețe de proiecție

Prin intermediul sistemelor de proiecție se face trecerea – prin procedee matematice – de la suprafața topografică la suprafața plană care este suportul hărții sau planului topografic. Se ştie că o suprafață curbă (gen elipsoid, geoid) nu poate fi transpusă pe plan fără deformarea suprafețelor sau unghiurilor.

Pentru România sunt adoptate două sisteme de proiecție:

► Proiecția stereografică 1970 – STEREO '70 – cu plan secant unic în centrul geometric al teritoriului, respectiv zona oraşului Făgăraş. Direcția nord geografic se alfă pe axa X, iar axa Y este paralelă cu direcția ecuatorului.

► Proiecția Gauss – proiecție internațională, cilindrică, conformă, transversală – aceasta presupune divizarea elipsoidului în 36 de fuse de 6° fiecare. Acestea se desfăşoară de-a lungul meridianului axial, pe un cilindru imaginar.

1.4 Elementele topografice ale terenului

Pentru a fi reprezentate pe planuri şi hărți elementele ce sunt măsurate pe teren, este necesar să descompunem terenul în elemente liniare şi unghiulare măsurabile. Această operațiune se numeşte geometrizarea terenului şi constă în alegerea punctelor caracteristice de pe teren în aşa fel încât prin unirea lor linia frântă care rezultă să dea cât mai exact forma terenului. Precizia hărților şi planurilor depinde de această operațiune.

1.4.1 Elementele topografice ale terenului în plan vertical

Secționând terenul în plan vertical vom avea următoarele elemente liniare şi unghiulare:

☞ aliniamentul AB – o linie sinuoasă, ce urmăreşte linia terenului natural, şi rezultă din intersecția terenului cu planul vertical;

☞ distanța înclinată L_{AB} – este linia dreaptă ce uneşte puntele A şi B;

☞ distanța redusă la orizont D_{AB} – este proiecția în plan orizontal a distanței înclinate şi este distanța ce o vom reprezenta pe hărți şi planuri;

☞ unghiul de pantă α_{AB} – este unghiul făcut de linia terenului natural cu proiecția sa în plan orizontal, este un unghi vertical;

☞ unghiul zenital Z_{AB} – este unghiul făcut de verticala locului cu linia naturală a terenului şi este tot un unghi vertical;

☞ cotele punctelor A şi B – H_A şi H_B – sunt distanțele pe verticală de la planul de nivel zero la planurile orizontale ce trec prin punctele A şi B;

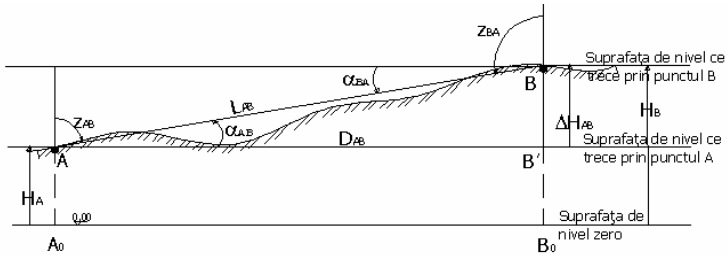

Figura 1.3 Elementele topografice ale terenului în plan vertical

1.4.2 Elementele topografice ale terenului în plan orizontal

☞ unghiul orizontal ω_{AB} – este unghiul diedru dintre planele verticale ce trec prin două aliniamente AB şi AC;

☞ distanța redusă la orizont D_{AB} – definită mai sus;

☞ orientarea topografică θ_{AB} – este unghiul orizontal făcut de direcția nord geografic şi direcția AB măsurat în sensul acelor de ceas, de la nord spre aliniamentul dat;

În mod convențional se defineşte orientarea directă θ_{AB} şi orientarea inversă θ_{BA}. Cele două orientări diferă cu 200^g, adică:

$\theta_{BA} = \theta_{AB} \pm 200^g$

În funcție de poziția punctelor în cele patru cadrane vom avea două situații:

dacă $\theta_{AB}<200^g$ atunci $\theta_{BA} = \theta_{AB} + 200^g$

dacă $\theta_{AC}> 200^g$ atunci $\theta_{CA} = \theta_{AC} - 200^g$

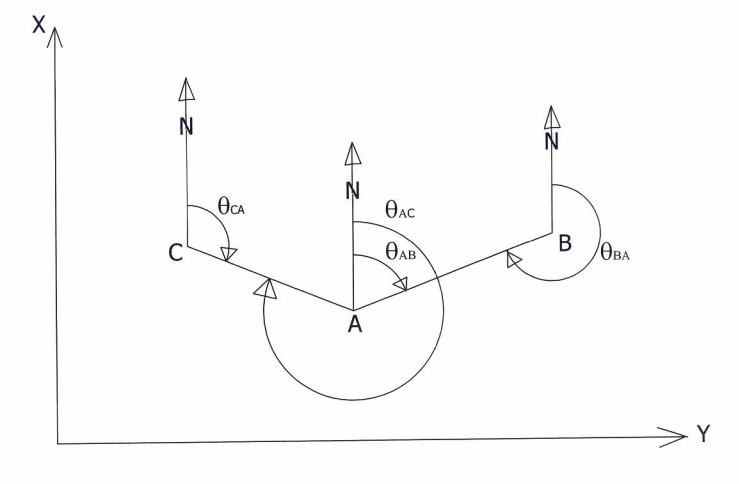

Figura 1.4 Definirea orientării

1.5 Unități de măsură

☞ Pentru lungimi – se foloseşte metrul (m) cu multiplii şi submultiplii săi.

☞ Pentru suprafețe – se foloseşte metrul pătrat (m^2) cu multiplii şi submultiplii. Cel mai uzual multiplu este hectometrul pătrat sau hectarul (ha). 1ha = 10 000 m^2.

☞ Pentru unghiuri – se foloseşte gradația centesimală, sexagesimală sau radiani. În topografie în mod uzual se foloseşte gradația centesimală.

Trecerea din sistemul sexagesimal în cel centesimal se face prin următoarea corespondență:

La cercul de 360° sexagesimale corespund 400^g centesimale

$1^o = 60'$ $1^g = 100^c$

$1' = 60''$ $1^c = 100^{cc}$

Notațiile sunt g – pentru grad

c – pentru minute

cc – pentru secunde

1.6 Tipuri de coordonate ce definesc punctul şi legătura dintre ele

Un punct pe suprafața terestră poate fi definit de trei tipuri de coordonate:

☞ coordonate geografice B_A şi L_A – latitudine şi longitudine

☞ coordonate rectangulare X ,Y,H

☞ coordonate polare D şi θ - distanța redusă la orizont şi orientarea

1.6.1 Transformarea din coordonate rectangulare în coordonate polare

Dacă avem două puncte 1 şi 2 definite de coordonatele rectangulare X_1 şi Y_1, respectiv X_2 şi Y_2 le putem raporta într-un sistem de axe, sistemul STEREO 70 prin raportare carteziană.

Se observă că se formează triunghiul dreptunghic $122'$ în care ipotenuza este distanța redusă la orizont D_{12} iar catetele sunt diferența de coordonate pe X şi pe Y. Aceste diferențe se numesc coordonate relative şi se pot exprima astfel:

$$\Delta X_{12} = X_2 - X_1 \quad \text{şi} \quad \Delta Y_{12} = Y_2 - Y_1$$

Tot aici se poate defini şi unghiul dintre axa X şi distanța D_{12} ca fiind orientarea θ_{12} conform definiției enunțate la paragraful 1.4.2

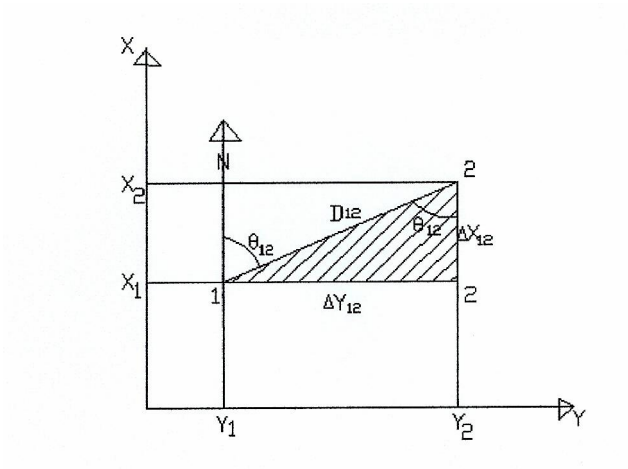

Figura 1.5 Calculul coordonatelor polare

Din acest triunghi dreptunghic putem calcula D_{12} şi θ_{12}

$$D_{12} = \sqrt{\Delta X_{12}^2 + \Delta Y_{12}^2}$$

$$tg\theta_{12} = \frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \text{sau} \quad \theta_{12} = arctg\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

Generalizând relațiile putem scrie

$$D_{ij} = \sqrt{\left(X_j - X_i\right)^2 + \left(Y_j - Y_i\right)^2}$$

$$\theta_{ij} = arctg\frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}$$

Notă!! Când calculăm orientarea trebuie să facem reducerea la primul cadran în funcție de semnele numitorului şi numărătorului astfel:

$$\frac{+}{+}\theta_{12} = arctg\left|\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}}\right|$$

$$\frac{+}{-}\theta_{12} = 200^g - arctg\left|\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}}\right|$$

$$\frac{-}{-}\theta_{12} = 200^g + arctg\left|\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}}\right|$$

$$\frac{-}{+}\theta_{12} = 400^g - arctg\left|\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}}\right|$$

În concluzie, combinația de semne indică cadranul în care se află orientarea fapt pentru care nu se va face un semn din cele două ce rezultă din diferențele de Y şi X.

Fiecare din cele patru situații reprezintă poziția orientării într-unul din cele patru cadrane ale cercului topografic.

1.6.2 Transformarea din coordonate polare în coordonate rectangulare

Coordonatele relative ΔX_{12} si ΔY_{12} se pot calcula cu relațiile:

$$\Delta X_{12} = D_{12}\cos\theta_{12}$$

$$\Delta Y_{12} = D_{12}\sin\theta_{12}$$

Astfel coordonata X sau Y a unui punct poate fi calculată funcție de coordonata altui punct şi coordonata relativă:

$X_2=X_1+D_{12}\cos\theta_{12}$

$Y_2=Y_1+D_{12}\sin\theta_{12}$

$$X_j = X_i + D_{ij}\cos\theta_{ij}$$

$$Y_j = Y_i + D_{ij}\sin\theta_{ij}$$

1.7 Scara hărților şi planurilor

1.7.1 Scara numerică

Este raportul constant dintre distanța ″d″ de pe plan dintre două puncte şi distanța orizontală ″D″ dintre aceleaşi două puncte din teren, ambele fiind exprimate în aceleaşi unități de măsură.

Relația matematică de exprimare a scării numerice este

$\frac{1}{n} = \frac{d}{D}$, unde n este numitorul scării, iar d şi D sunt distanțele enunțate mai sus

Valorile scărilor numerice sunt STAS, astfel că putem avea următoarele tipuri de scări:

$$\frac{1}{10^n} \rightarrow \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \ldots, \frac{1}{1000000}$$

$$\frac{1}{2*10^n} \rightarrow \frac{1}{2}, \frac{1}{20}, \frac{1}{200}, \ldots, \frac{1}{2000000}$$

$$\frac{1}{2{,}5*10^n} \rightarrow \frac{1}{25}, \frac{1}{250}, \ldots, \frac{1}{2500000}$$

$$\frac{1}{5*10^n} \rightarrow \frac{1}{5}, \frac{1}{50}, \frac{1}{500}, \ldots, \frac{1}{5000000}$$

Precizia grafică a planurilor şi hărților

Dacă eroarea de citire sau de raportare a unui punct pe plan sau hartă este de 0.2 – 0.3 mm, valoarea corespunzătoare a acesteia în teren se numeşte precizie grafică. Precizia grafică este direct proporțională cu numitorul scării numerice şi se calculează cu relația

$\pm \frac{e}{P_g} = \frac{1}{n}$ de unde $P_g = \pm e * n$

Unde:
- P_g este precizia grafică;
- e este eroarea de citire 0.2 – 0.3 mm;
- n este numitorul scării.

De exemplu, pentru un plan la scara 1: 2 000 P_g = e*n = 0.3 mm * 2000 = 600 mm =0.6 m. Această precizie duce la concluzia că cel mai mic detaliu reprezentat pe plan va avea dimensiunea de 0.6 m.

Problemele ce se pot rezolva cu ajutorul scării numerice sunt următoarele:

1. Se dau n şi d şi se cere să se calculeze D; $D = n * d$
2. Se dau n şi D şi se cere să se calculeze d; $d = \frac{D}{n}$
3. Se dau d şi D şi se cere să se calculeze n; $n = \frac{D}{d}$

Exemplu numeric

Problema 1

Pe un plan la scara 1/2000 s-a măsurat o distanță de 20cm. Ce valoare are această distanță pe teren?

d = 20cm, $\frac{1}{n} = \frac{1}{2000}$

Se cere: D

Conform relației numerice pentru scară: $\frac{1}{n} = \frac{d}{D}$, rezultă D = d*n sau

D = 20cm * 2000 = 40000cm = 400m

Problema 2

Cât reprezintă pe un plan la scara 1/1000 distanța din teren de 150m?

D=150m, $\frac{1}{n} = \frac{1}{1000}$

Se cere: d

Conform relației numerice pentru scară: $\frac{1}{n} = \frac{d}{D}$, rezultă $d = \frac{D}{n} = \frac{150m}{1000} = \frac{15000cm}{1000} = 15cm$

Problema 3

Ce scară are planul pentru care distanța din teren de 500m are pe plan 100cm?

D=500m, d=100cm

Se cere: n

Conform relației numerice pentru scară: $\frac{1}{n} = \frac{d}{D}$,

Rezultă n = $\frac{D}{d} = \frac{500m}{100cm} = \frac{50000cm}{100cm} = 500$, deci scara este 1/500

Concluzii

Deoarece scara numerică este o egalitate de două rapoarte ce conțin patru termeni: 1, n, d, D se va putea calcula oricare din cele trei necunoscute funcție de celelalte două.

Atenție! D şi d se exprimă în aceiaşi unitate de măsură.

Cu cât numitorul este mai mic, scara este mai mare. Adică, scara 1/200 este mai mare decât scara 1/10 000.

1.7.2 Scara grafică

Este reprezentarea grafică a scării numerice. După modul de construcție al scării grafice, se deosebesc două tipuri: scara grafică liniară cu talon şi scara grafică transversală.

Scara grafică liniară cu talon - se va desena pe planuri şi hărți printr-o linie divizată, în cm având înscris în dreptul fiecărei diviziuni valoarea distanței din teren corespunzătoare scării planului. Scara grafică asigură o precizie de $\frac{1}{10}$ din bază.

Mod de utilizare: se ia în compas distanța de pe hartă, dintre două puncte 1 şi 2 şi se aşează compasul pe scară, astfel încât un vârf al compasului să coincidă cu un număr întreg de baze, iar celălalt vârf al compasului să cadă în interiorul talonului. Distanța este egală cu numărul întreg de baze la care se adaugă partea fracțională citită pe talon.

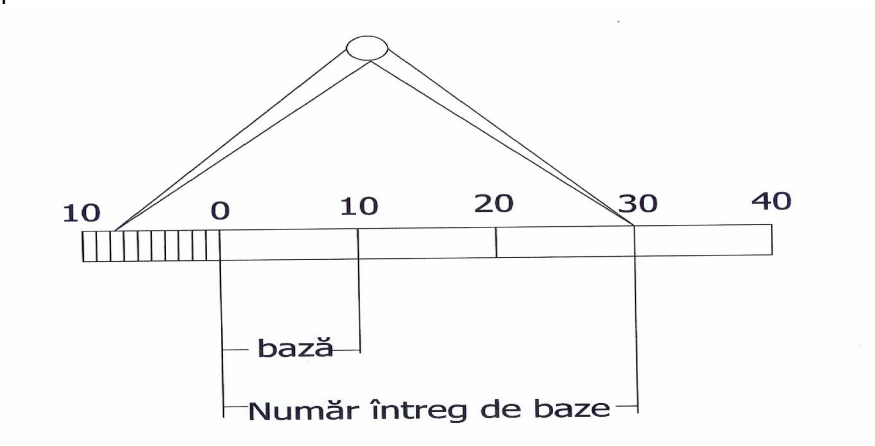

Figura 1.6 Scara grafică liniară

Exemplu: pentru scara numerică de 1 : 1000 s-a construit scara grafică din figura 1.6. Distanța măsurată este: 30 m + n*1 m = 30 m + 7*1 m= 37 m