



**Sanda Mărioara NAȘ
Raluca GÂLGĂU**

SISTEME DE COORDONATE ÎN MĂSURĂTORI TERESTRE



**U.T.PRESS
Cluj- Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-773-6**

Sisteme de coordonate în Măsurători Terestre



U.T.PRESS
Cluj - Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-773-6



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Prof.dr.ing. Ioel Vereş
Prof.dr.ing. Mircea Ortelecan

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2025 Editura U.T.PRESS
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-773-6

CUPRINS

CUPRINS	2
PREFAȚĂ	4
CAPITOLUL I.....	6
SUPRAFEȚE DE REFERINȚĂ.....	6
1.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE	6
1.2 FORMA ȘI DIMENSIUNILE PAMÂNTULUI.....	8
1.3 SUPRAFEȚE DE REFERINȚA REALE.....	9
1.3.1. SUPRAFAȚA TERESTRA.....	9
1.3.2 GEOIDUL	9
1.4 SUPRAFEȚE CONVENȚIONALE	10
1.4.1 ELIPSOIDUL.....	10
1.4.2 TELUROID	16
1.4.3 CVASIGEOID.....	17
1.4.4 SFERA.....	18
1.4.5 PLANUL.....	19
CAPITOLUL II	21
PROIECȚII CARTOGRAFICE	21
2.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE	21
2.2 SISTEMUL DE PROIECȚIE STEREOGRAFIC 1970	23
CAPITOLUL III.....	27
SISTEME DE COORDONATE.....	27
3.1 GENERALITĂȚI	27
3.2 SISTEME DE COORDONATE UTILIZATE ÎN MĂSURĂTORILE TERESTRE	29
3.2.1 SISTEME DE COORDONATE PE ELIPSOIDUL DE ROTAȚIE.....	30
SISTEMUL DE COORDONATE GEOGRAFICE SPAȚIALE.....	30
SISTEMUL DE COORDONATE CARTEZIENE ELIPSOIDALE.....	32
3.2.2. SISTEME DE COORDONATE PE SFERA	33
3.2.3 SISTEME DE COORDONATE PE PLANUL DE PROIECȚIE	34

3.2.4 SISTEMUL DE ALTITUDINI	38
3.3 LEGATURA DINTRE SISTEMELE DE COORDONATE	39
3.3.1 POZITIONAREA PUNCTELOR CARACTERISTICE IN PLAN ORIZONTAL	41
3.3.2 POZITIONAREA PUNCTELOR CARACTERISTICE IN PLAN VERTICAL.....	48
3.5 SISTEME DE COORDONATE UTILIZATE ÎN GEODEZIA SATELITARĂ	67
3.5.1 NOȚIUNEA DE DATĂ GEODEZICĂ.....	70
CAPITOLUL IV	80
REPREZENTAREA GRAFICĂ	80
4.1 NOTIUNI GENERALE.....	80
4.2 ETAPELE REALIZĂRII UNUI PLAN TOPOGRAFIC	82
4.2.1 REALIZAREA PLANULUI TOPOGRAFIC ÎN FORMAT ANALOGIC.....	82
4.2.2 REALIZAREA PLANULUI TOPOGRAFIC ÎN FORMAT DIGITAL	101
BIBLIOGRAFIE	109

PREFAȚĂ

De-a lungul veacurilor, în concertul științelor ingineresti, ingineria geodezică, s-a numărat printre domeniile științifice principale pe care s-a clădit civilizația și cultura omenirii.

Printr-o evoluție progresivă bazată pe principiul performanței, calității și inovării, domeniul inginerie geodezică, în prezent, cunoaște o evoluție remarcabilă a tehnicii și tehnologiilor, astfel încât să susțină și să dezvolte o activitate interdisciplinară sustenabilă ancorată în societate, într-o era a digitalizării, robotizării și Inteligentei Artificiale.

În contextul actual unul din obiectivele primordiale a acestei lucrări îl constituie aportul la dezvoltarea pregătirii profesionale a inginerilor geodezi pentru realizarea unei cariere profesionale bine fundamentată.

„Sisteme de coordonate în Măsurători Terestre” este o carte elaborată pentru a răspunde unei curricule dinamice a specializării Măsurători Terestre și Cadastru cu precădere cerințelor disciplinelor de domeniu și de specialitate, care se adresează atât studenților cât și specialiștilor din domeniul ingineriei geodezice care doresc o fundamentare a pregătirii profesionale.

Structura lucrării este una care să surprindă într-o succesiune logică (firească) activitățile de culegere și prelucrare a datelor pentru realizarea reprezentării suprafeței terestre.

În prima parte sunt tratate suprafețele de referință convenționale și caracteristicile acestora prin intermediul cărora este aproximată suprafața terestră, dar și sistemele de proiecție utilizate pentru poziționarea în plan a punctelor care definesc suprafața topografică pe suprafețele de referință convenționale. În această parte s-au tratat în detaliu elementele specifice proiecției utilizate în prezent în România și anume proiecția stereografică 1970 precum și sistemul de cote Marea Neagra 1975.

În cea de a doua parte a lucrării sunt prezentate dezvoltat sistemele de coordonate de uzanță în domeniul măsurătorilor terestre, fiind prezentate în corelare cu suprafețele de referință convenționale și sistemele de proiecție ale României susținute prin exemplificări practice pentru fiecare caz în parte, pentru o mai bună înțelegere a acestora.

În ultima parte este tratată detaliat fiecare etapă necesară pentru reprezentarea grafică a suprafeței terestre atât prin tehnica clasică cât și prin procesul digital utilizând softurile de specialitate, fiecare etapă fiind susținută de aplicații practice exemplificatoare.

Întreaga carte are la bază o documentare temeinică exemplificată în partea bibliografică.

În finalul acestei succinte prezentări dorim să aducem mulțumiri, tuturor celor care au sprijinit realizarea și editarea acestei lucrări, rămânând însă recunoscători aceluia care prin observații, sugestii și propuneri vor contribui la îmbunătățirea unei ediții viitoare.

Autorii

CAPITOLUL I

SUPRAFEȚE DE REFERINȚĂ

1.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Reprezentarea suprafeței Pământului, cu neregularitățile deosebit de variate pe care le prezintă, nu se poate realiza fidel, ci doar prin intermediul unor generalizări, bazate pe anumite legi sau convenții, astfel încât suprafața considerată să fie cât mai apropiată de realitate.

În prezent evoluția tehnică și tehnologică din domeniul Măsurătorilor Terestre permite realizarea lucrărilor specifice precum și reprezentarea suprafeței terestre pe planuri și hărți printr-o gamă diversă de metode cum ar fi:

- metoda clasică (curentă) – (ST)
- metoda GNSS - (GPS)
- metoda fotogrammetrică – (UAV)
- metoda LIDAR
- teledetecție

Indiferent de metoda abordată planurile și hărțile se obțin prin poziționarea punctelor caracteristice (puncte care definesc suprafața de ridicat) prin coordonatele lor în raport cu un sistem de proiecție și sistemul de coordonate aferent acestuia.

Densitatea punctelor caracteristice se stabilește în funcție de gradul de generalizare a hărții sau planului, care depinde de scara de reprezentare, pentru a reda cât mai fidel suprafața care se dorește a fi reprezentată cu toate detaliile acesteia.

Un punct situat pe suprafața fizică a Pământului este supus la acțiunea a două forțe principale: forța centrifugă, datorită rotației Pământului în jurul axei sale, și forței de atracție terestră. Rezultanta acestor forțe principale, la care trebuie să adăugăm și forțele de atracție ale altor planete, este o forță denumită gravitate sau greutate, a cărei direcție este dată de poziția firului cu plumb, după care se realizează întotdeauna calarea instrumentelor topografice și geodezice.

Această primă direcție fundamentală din natură, la care se referă orice măsurătoare geodezică, trebuie luată în considerare la adoptarea și folosirea diferitelor sisteme de referință.

În practica măsurătorilor terestre pentru realizarea obiectivelor este necesară parcurgerea a doua etape și anume:

- etapa de culegere a datelor din teren realizată prin măsurători efectuate asupra punctelor caracteristice care definesc suprafața de reprezentat. Datele colectate din teren sunt stocate în carnetul de teren. Carnetele de teren fiind specifice metodei și tipului de aparatură utilizată.

- etapa de prelucrare a datelor obținute din măsurători. În această etapă se realizează o prelucrare textuală a acestora rezultând inventarul de coordonate, după care se realizează prelucrarea grafică a datelor din inventarul de coordonate rezultând planul sau harta topografică.

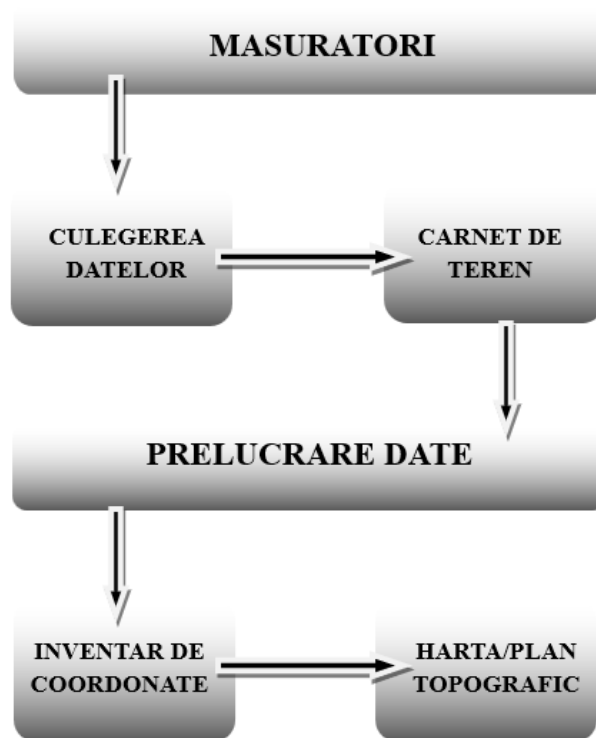


Figura 1.1 Etapele de realizare a lucrarilor

1.2 FORMA ȘI DIMENSIUNILE PAMÂNTULUI

Domeniul Măsurătorilor Terestre cuprinde totalitatea disciplinelor care au ca obiect de studiu și analiză Pamântul, în special caracteristicile geometrice ale acestuia.

Cercetarile realizate până în prezent au condus la concluzia că forma Pământului este neregulată identificându-se cu cea de GEOID.

Lucrările din domeniul Măsurătorilor Terestre au la baza masuratori efectuate pe suprafața pământului precum și prelucrarea acestora. Astfel în acest context s-au stabilit suprafețele de referință optime pentru poziționarea punctelor caracteristice ale suprafeței terestre.

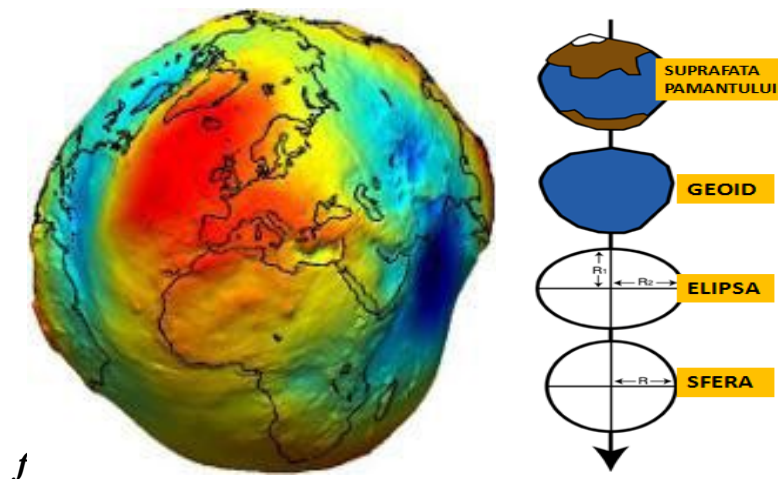


Figura 1.2 Aproximarea Pământului

Activitățile din domeniul ingineriei geodezice au în uzanță atât suprafețele de referință reale cât și cele convenționale.

SUPRAFETE DE REFERINȚĂ REALE

- Suprafața terestră
- Geoid

SUPRAFETE DE REFERINȚĂ CONVENTIONALE

- Elipsoidul
- Sfera
- Planul

1.3 SUPRAFAȚE DE REFERINȚA REALE

1.3.1. SUPRAFAȚA TERESTRA

Suprafața Terestră este o suprafață neregulată, pe care se efectuează măsurătorile geodezice și topografice necesare realizării lucrărilor din domeniul măsurătorilor terestre.

Din punct de vedere geometric, suprafața fizică a Pământului (fig.1.3.) este neregulată. și se numește suprafață topografică. Pe această suprafață se execută toate măsurătorile geodezice care, în vederea calculelor și a reprezentării suprafeței pe planul de proiecție, se reduc la suprafața elipsoidului de referință.



Figura 1.3 Suprafata terestră

1.3.2 GEOIDUL

Geoidul este definit ca fiind un corp neregulat obținut prin prelungirea pe sub scoarța terestră a oceanelor și mărilor deschise, presupuse în echilibru, care are proprietatea că în orice punct suprafața sa este perpendiculară la vectorul forței gravitaționale.

Geoidul reprezintă forma reală a Pământului, este o suprafață echipotențială, perpendiculară în orice punct al ei la direcția accelerației gravitaționale adică la verticala locului dată de firul cu plumb.

Suprafață de nivel reprezintă suprafața construită astfel încât să fie perpendiculară, în oricare din punctele sale, pe direcția gravitației, (Clairaut și Laplace).

Din infinitatea acestor suprafețe de nivel cea mai importantă o constituie geoidul

Geoidul este utilizat ca suprafață de nivel pentru poziționarea cotelor (înălțimilor).



Figura 1.4 Geoidul

1.4 SUPRAFAȚE CONVENȚIONALE

Prin intermediul suprafețelor convenționale se realizează aproximarea suprafețelor reale cu corpuri geometrice care prin intermediul conceptelor matematice permit reprezentarea grafică a acestora rezultând astfel hărțile și planurile suprafeței terestre.

1.4.1 ELIPSOIDUL

Elipsoidul de rotație a apărut ca urmare a imposibilității reprezentării terenului sau a geoidului pe hărți și planuri prin coordonate. Fiind descris de o relație matematică, corespondența reciprocă între puncte din teren și omoloagele lor pe elipsoid permite raportarea acestora pe hărți și planuri prin coordonate, într-un sistem unic și unitar.

Un elipsoid este o suprafață matematică care este folosită pentru a aproxima forma Pământului. Este definită ca mulțime de puncte astfel încât suma distanțelor de la punct la două puncte fixe, numite focare, este o constantă.

Elipsoidul se obține prin rotirea unei elipse meridian în jurul axei polilor geografici.

Elipsa este forma geometrică obținută prin intersecția oblică a unui con cu o suprafață plană și este definită de două axe, axa mare și axa mică.

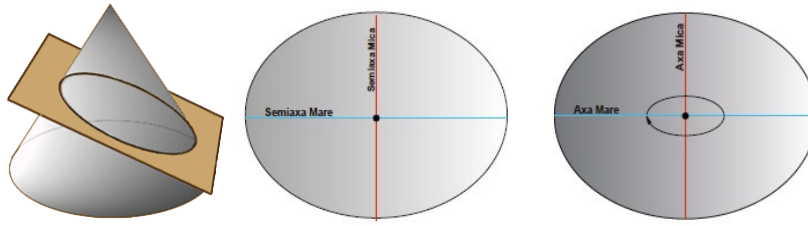


Figura 1.5 Elipsa

Prin rotația unei elipse în jurul axei mici se obține un elipsoid de revoluție numit și sferoid.

Forma fizică a Pământului real este aproximată de suprafața matematică a elipsoidului de rotație. Suprafața elipsoidală este netedă și convenabilă pentru operații matematice. De aceea elipsoidul este folosit în mare măsură ca suprafață de referință pentru coordonatele orizontale.

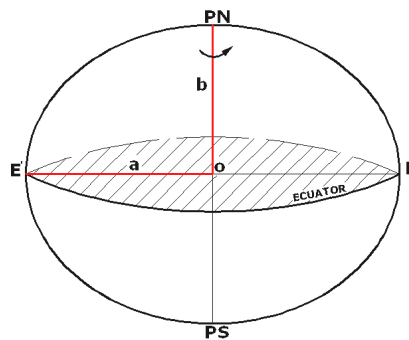


Figura 1.6 Elipsoidul de rotație

Parametrii geometrici ai elipsoidului sunt:

- semimajor axis (semi-axa mare), notată frecvent cu a ;
- semiminor axis (semi-axa mică), notată frecvent cu b ;
- turtirea – se exprimă ca și o fracție și reprezintă diferența dintre cele două axe:

$$f = \frac{a - b}{a}$$

În disciplinele geodeziei se folosește inversul acestei valori și anume $1/f$.

- prima excentricitate: $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$
- a doua excentricitate: $e'^2 = (a^2 - b^2)/b^2$
- raza de curbura polară: $c = a^2/b$

Un elipsoid poate fi definit dacă se cunosc minim doi parametri dintre care unul să fie liniar (dimensional)

Diferiți matematicieni au determinat diferite dimensiuni, respectiv diferite valori pentru parametri a și f (conform tabelului de mai jos). Aceasta s-a datorat în special faptului că determinările au fost făcute pentru anumite regiuni. Un elipsoid se poate potrivi mai bine unei regiuni dar poate fi total nefolositor în altă parte.

Tabelul nr 1.1 Exemple de elipsoizi folosiți pe plan mondial

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Adoptarea unui elipsoid ca sistem de referință este dată de modelul "curbat" al Pământului. Pe de altă parte însă, elipsoidul este mai puțin potrivit ca suprafața de referință pentru coordonatele verticale (înălțimi). Dacă geoidul este unic, elipsoizii pot fi oricați.

În România pentru reprezentarea teritoriului de-a lungul timpului s-au utilizat următorii elipsoizi:

Tabelul nr 1.2 Elipsoizi utilizați în România

Denumire elipsoid	Anul determinării	Semiaxa mare a [m]	Turtirea f	Perioada de utilizare în RO
Bessel	1841	6377397,115	1:299,1528	1873 - 1916
Clarke	1880	6378243,000	1:293,5	1916 - 1930
Hayford	1909	6378388,000	1:297,0	1930 - 1951
Krasovski	1940	6378245,000	1:298,3	1951 -prezent
GRS80	1980	6378137,000	1:298,257	2010 - prezent
WGS-84	1984	6378137,000	1:298,25722	1990 - prezent

Fiecare elipsoid are propriile axe și o poziție oarecare față de meridianul Greenwich (0^0) deși meridianul 0 ar trebui să fie același pentru toți elipsoizii, astfel un punct va avea longitudinea diferită în funcție de elipsoidul utilizat.

Datumul Geodezic = Elipsoid de referință + Sistem de Coordonate

Datumul geodezic – este un concept matematic materializat printr-un set de parametri care definesc relațiile spațiale dintre un elipsoid de referință și un sistem de coordonate.

Prin elipsoidul de referință aproximăm forma Pământului iar prin Sistemul de coordonate definim poziția și orientarea elipsoidului față de centrul Pământului.

Tipuri de datum geodezic – după mărimea zonei acoperite

- **datumul geodezic geocentric sau global** – în acest caz centrul elipsoidului este fixat în centrul de masă a Pământului și aproximează optim întreaga suprafață a Pământului.
- **datum geodezic regional sau local** – în acest caz elipsoidul este tangent la geoid într-un punct fundamental stabilit ca origine și este definit în scopul aproximării cât mai bune a regiunii din jurul punctului fundamental.

Un astfel de datum este Pulkovo 42 (sau Krasovski 1942) – care are ca punct fundamental observatorul astronomic din Pulkovo, stabilit astfel încât să aproximeze cât mai optim teritoriul fostelor țări socialiste central și est europene.

Legatura Geoid-Elipsoid

Practic elipsoidul îmbracă geoidul. Datorită formei vălurite a geoidului acestea în unele puncte poate să fie deasupra elipsoidului sau în unele puncte sub elipsoid sau tangent acestuia.

Din punct de vedere matematic este totuși posibil să fie formulat un model al suprafeței nivelului mediu al mării - geoidul dar modelul este foarte complex și nu este potrivit pentru înregistrarea pozițiilor geografice ale caracteristicilor și detaliilor.

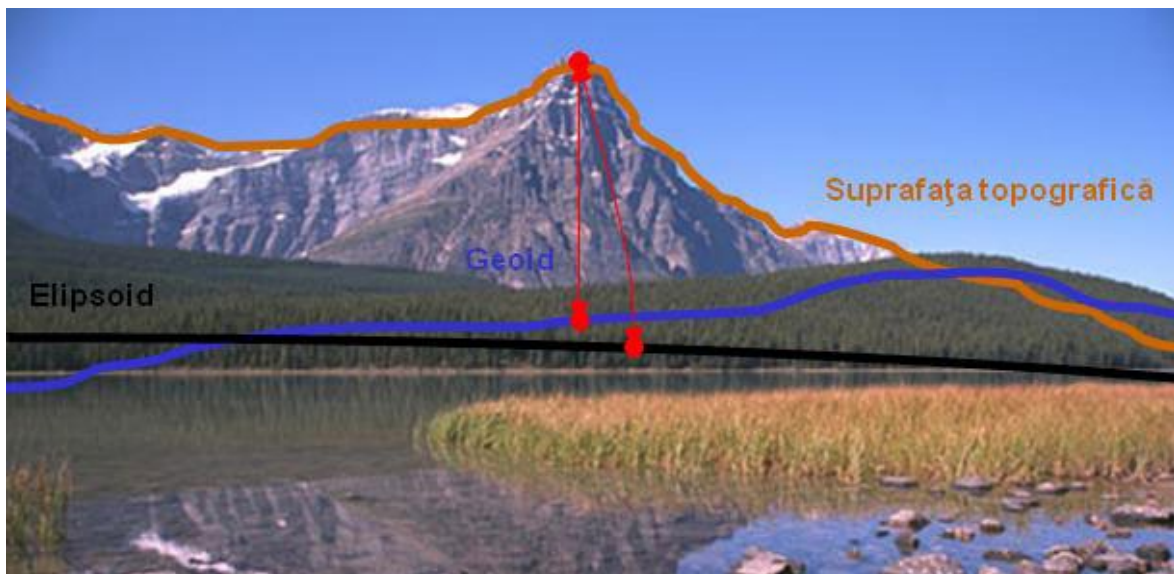


Figura 1.7. Suprafete de referinta

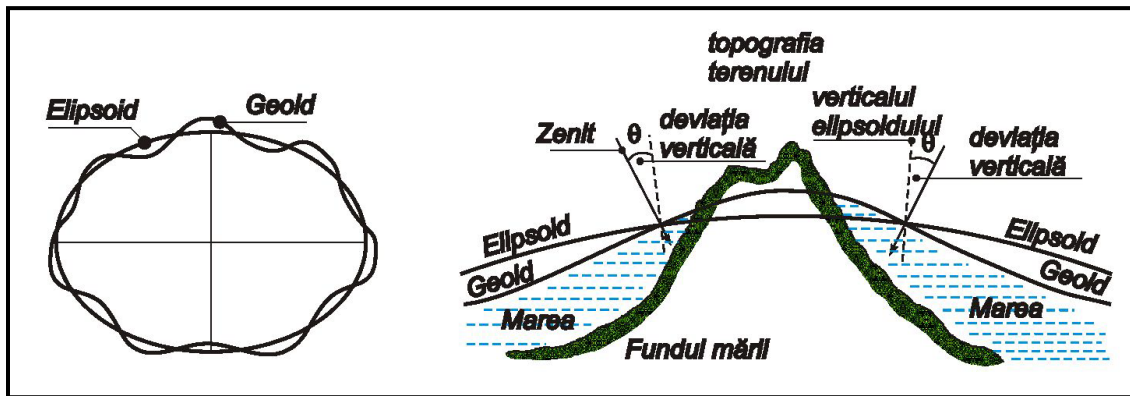


Figura 1.8. Relația dintre elipsoid și geoid

Separarea verticală dintre geoid și un anumit elipsoid de referință este numită undulație de geoid N . Valorile numerice ale undulațiilor depind în mod evident de respectivul elipsoid folosit. Pentru un elipsoid global de referință ele pot ajunge până la 100 m.

Relația geometrică dintre undulația geoidului, N , înălțimea elipsoidală h și cota ortometrică H este:

$$h = N + H$$

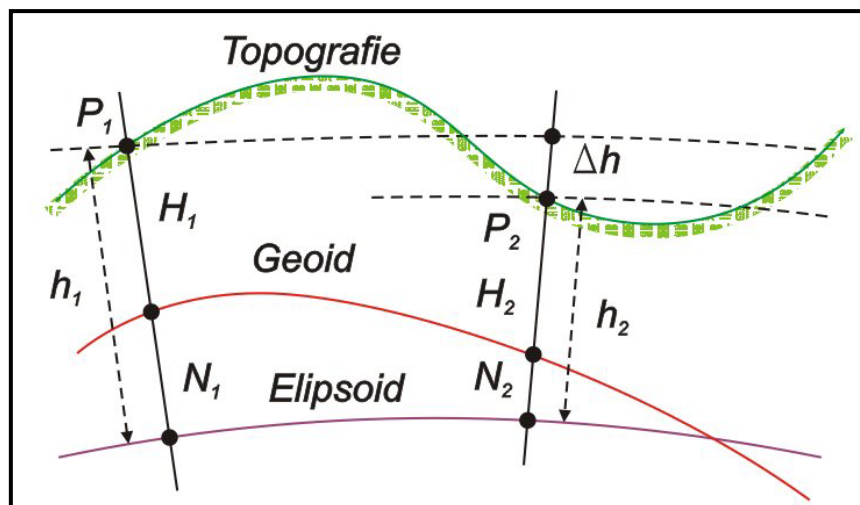


Figura.1.9 Relația dintre înălțimea geoidului N , înălțimea ortometrică H și înălțimea elipsoidală h

Este de reținut faptul că în multe țări, pentru a evita orice ipoteză asupra densității și distribuției maselor, sunt folosite mai des cotele normale HN decât cotele ortometrice H . Suprafața de referință pentru cotele normale se numește **cvasigeoid** care este apropiat de geoid.

Cel mai bun model global geopotential, din care pot fi calculate înălțimile geoidului, a fost EGM96. El a fost dezvoltat cu un efort comun al NIMA (DoD, USA) și NASA GSFC.

Modelul este bazat pe observațiile de urmărire satelitară, anomaliile gravitației terestre și datele altimetriei satelitare ERS-1/TOPEX/POSEIDON. Modelul EGG97 constituie o îmbunătățire semnificativă a modelelor mai vechi datorită determinărilor forței gravitaționale cu o înaltă rezoluție, a disponibilității datelor despre teren și a unui model global de înaltă calitate

1.4.2 Teluroid

Teluroidul se definește ca fiind tot o formă de geoid a Terrei, mai exact un aspect specific al acestuia: S-a observat că turtirea geoidului este mai pronunțată la Polul Sud decât la Polul Nord și mai pronunțată la latitudinile medii din emisfera nordică decât la latitudinile medii din emisfera sudică. Deci Pământul ar semăna cu o pară, formă botezată terroid sau teluroid. Este foarte interesant faptul că turtirile terroidului apar la latitudinile unde predomină continentele, iar bombările apar la latitudinile unde predomină bazinele oceanice. Probabil acestea din urmă sunt mai predispuse la centrifugare.

Teluroidul este definit ca suprafață a cărei înălțime deasupra elipsoidului geocentric de referință este egală cu înălțimea terenului deasupra geoidului în orice punct al său.

Teluroidul este un concept geodezic utilizat pentru a descrie o suprafață intermediară între geoid și elipsoid, având ca scop reprezentarea matematică a formei Pământului prin metode simplificate. Acesta este utilizat mai ales în contextul transformărilor altimetrice și al aplicațiilor geodezice regionale.

Teluroidul este o suprafață definită matematic, care urmărește îndeaproape geoidul, dar nu coincide complet cu acesta. Diferența constă în faptul că teluroidul este o aproximare bazată pe poziționarea unui punct de observație pe suprafața fizică a Pământului, fiind utilizat pentru calcule mai rapide și simplificate.

Teluroidul este un concept geodezic util pentru reprezentarea simplificată a relației dintre suprafața fizică a Pământului, geoid și elipsoid. Prin această aproximare matematică, el permite corectarea altitudinilor și simplificarea calculelor geodezice, mai ales în aplicații regionale sau în zone cu variații topografice semnificative.

1.4.3 Cvasigeoid

Cvasigeoidul este utilizat de multe țări ca suprafață de referință pentru altitudini, sistemul de altitudini care utilizează această suprafață ca referință este sistemul de altitudini normale.

Toate observațiile geodezice se efectuează pe suprafața fizică a Pământului, care datorită faptului că nu poate fi definită matematic, nu poate fi utilizată ca atare în calcule. Funcție de scopul urmărit, de precizia impusă, suprafața terestră se aproximează cu diverse figuri care pot fi, mai mult sau mai puțin, descrise matematic: geoid, cvasigeoid, elipsoid de rotație, sferă, teluroid. Observațiile efectuate sunt raportate la verticala locului.

Cvasigeoidul este suprafața astfel construită încât segmentul de normală la elipsoid să fie egal cu anomalia altitudinii în orice punct în care se cunoaște această valoare.

Cvasigeoidul este o suprafață teoretică utilizată în geodezie pentru a descrie forma Pământului în raport cu nivelul mediu al mării, însă cu un grad mai mare de detaliu și adaptare pentru aplicații locale. El este folosit pentru a corela mai bine datele topografice și altimetrice în raport cu câmpul gravitațional al Pământului. Este o aproximare mai simplă a geoidului, dar este mai utilă pentru anumite aplicații practice.

Cvasigeoidul este definit ca fiind o suprafață echipotențială a câmpului gravitațional al Pământului, dar diferă de geoid prin modul în care ia în considerare distanțele verticale. În timp ce geoidul este strict legat de nivelul mediu al mării extins pe toată suprafața globului, cvasigeoidul folosește o metodă de calcul mai simplă care poate fi mai eficientă în anumite aplicații regionale sau naționale.

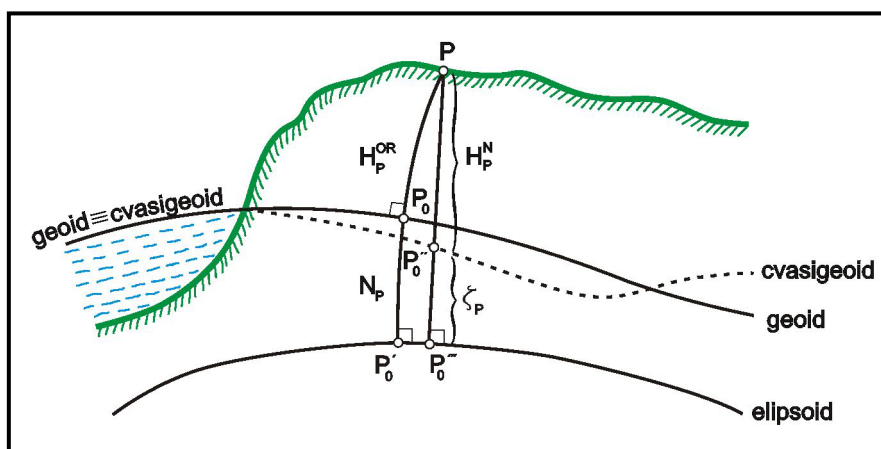


Figura 1.10. Geoid și cvasigeoid

Relația între cvasigeoid-geoid-elipsoid

Elipsoidul de referință: O suprafață matematică simplificată, utilizată ca bază pentru sistemele de coordonate globale (ex. WGS84).

Geoidul: O reprezentare fizică a formei Pământului, care urmează nivelul mediu al mării și este influențată de distribuția maselor interne.

Cvasigeoidul: O aproximare matematică a geoidului, optimizată pentru calcule altimetrice și aplicații regionale.

Cvasigeoidul este un concept intermediar între elipsoid și geoid, fiind utilizat pentru a oferi soluții practice în măsurători și aplicații locale. Deși este mai puțin precis decât geoidul în ceea ce privește descrierea detaliată a câmpului gravitațional, cvasigeoidul este preferat în multe situații datorită simplității și eficienței sale.

1.4.4 SFERA

Sfera este suprafața unei bile. În spațiul euclidian tridimensional, sfera este mulțimea punctelor care se află la o distanță r numită raza sferei de un punct c numit centrul sferei, unde r este un număr real pozitiv, iar în cazul particular în care $r = 1$ vom avea sfera unitate.

Suprafața terestră se echivalează cu cea a sferei atunci când reprezentarea se realizează la o scară mică, iar precizia ei permite generalizarea și simplificarea formulelor de calcul.

Sfera terestră se caracterizează prin raza medie R_m , determinată pentru un punct F definit prin coordonatele sale geografice (φ, λ).

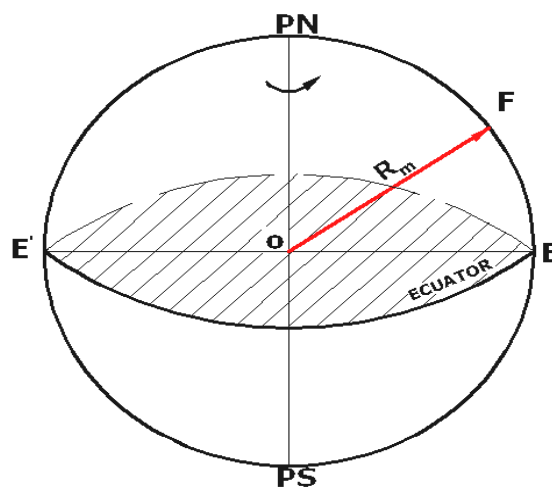


Figura 1.11. Sfera de rază medie

Sfera de rază medie se utilizează ca suprafață de referință în ridicările topografice în cazul în care suprafața de ridicat se încadrează într-un triunghi echilateral cu lungimea laturii egală cu 267 km.

1.4.5 PLANUL

Planul reprezintă suprafața care conține în întregime orice dreaptă care trece prin două puncte oarecare ale sale. Plan de proiecție = plan pe care se obține imaginea unui corp printr-un procedeu de proiecție oarecare. (Astron.)

Exemplu:

Plan meridian = plan definit de meridianul

locului și de axa lumii.

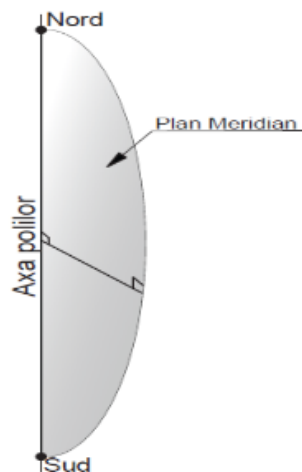


Figura 1.12 Plan meridian

Plan de proiecție este o suprafață plană pe care se proiectează punctele aflate pe suprafața convențională a Pământului (sferă, elipsoid) .

Planul se utilizează ca suprafață de referință în ridicările topografice în cazul în care suprafața de ridicat se încadrează într-un cerc cu raza mai mică sau egală cu 10 km.

Planul de proiecție este o suprafață geometrică plană utilizată în cartografie și geodezie pentru a reprezenta suprafața curbă a Pământului într-un sistem bidimensional. Este un element esențial al proiecțiilor cartografice, care transformă coordonatele de pe suprafața sferică sau elipsoidală a Pământului în coordonate plane, utilizabile pentru realizarea hărților.

Planul de proiecție este utilizat pentru a reprezenta punctele, liniile și suprafețele Pământului într-un mod convenabil pentru măsurători, analize și reprezentări vizuale.

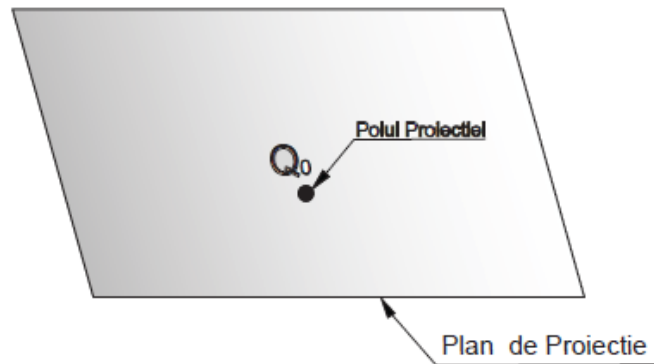


Figura 1.13 Plan de proiecție

CAPITOLUL II

PROIECȚII CARTOGRAFICE

2.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Elementele topografice – direcții azimutale, unghiuri orizontale, distanțe de pe suprafața terestră se proiectează pe suprafețe de referință (Elipsoid, sferă de rază medie).

Proiecțiile cartografice au ca scop reprezentarea pe un plan de proiecție a suprafeței convenționale a Pământului (elipsoid sau sferă) printr-un ansamblu de metode matematice.

Utilizarea legilor perspectivei liniare definește proiecțiile cartografice ca proiecții perspective (adevărate) iar tratarea teoretică a acestora, fără utilizarea perspectivei liniare le definește ca proiecții convenționale (neperspective).

Componentele de bază a unui sistem de proiecție sunt prezentate în figura 2.1

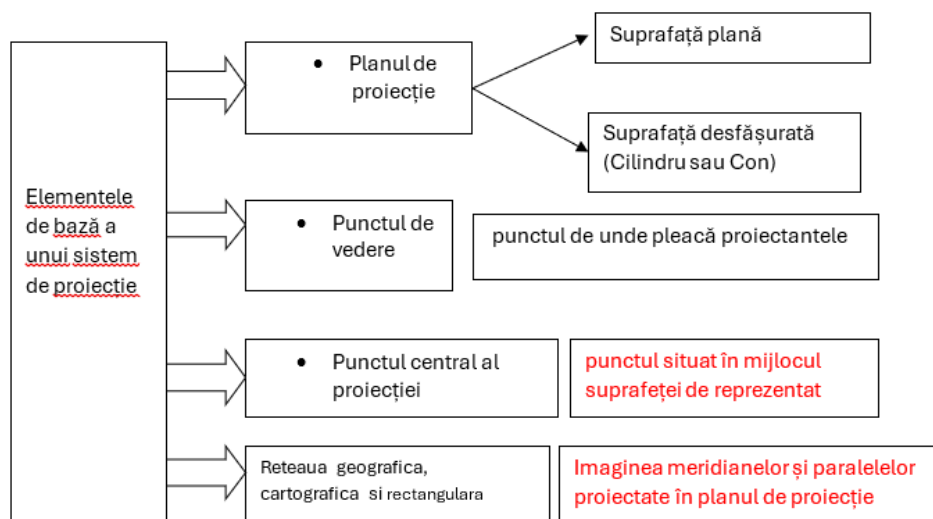


Figura 2.1 Elementele de bază ale proiecției cartografice perspective

- planul de proiecție - este suprafața pe care se realizează proiectarea porțiunii de pe elipsoid aferentă suprafeței terestre. Planurile de proiecție pot fi suprafețele plane, tangente sau secante la suprafața de reprezentat, sau suprafețe desfășurabile sub formă de cilindru sau con;

- punctul de vedere (Q) este punctul în care se consideră așezat ochiul observatorului când privește zona de proiecție, punctul din care pleacă razele proiectante;
- punctul central al proiecției (Q_0) este punctul din centrul zonei de proiectat față de care se face proiecția acestei zone. Acest punct poate fi materializat sau fictiv
- rețeaua geografică este rețeaua de meridiane și paralele de pe globul terestru care se proiectează pe hartă;
- rețeaua cartografică este rețeaua de linii drepte sau curbe rezultate din proiecția în plan a meridianelor și paralelelor globului pământesc;
- rețeaua rectangulară este formată din drepte echidistante paralele cu sistemul de axe rectangulare plane Ox și Oy.
- scara reprezentării

Tabel 2.1 : Proiecții utilizate în România

PROIECȚII APLICATE ÎN ROMÂNIA		
Nr. crt.	DENUMIRE PROIECȚIE	PERIOADA DE APLICARE
1	BONNE	1873 - 1916
2	LAMBERT - CHOLESKY	1916 - 1933
3	STEREOGRAFICĂ Brașov 1933	1933 - 1951
4	GAUSS - KRUGER	1951 - 1973
5	STEREOGRAFICĂ 1970	1973 – prezent
6	UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)	1992- prezent în domeniu militar

2.2 SISTEMUL DE PROIECȚIE STEREOGRAFIC 1970

România începând cu anul 1973 până în prezent a adoptat ca sistem de proiecție pentru reprezentarea suprafetei terestre pe hărți și planuri Sistemul de proiecție STEREOGRAFIC 1970.

Caracteristicile sistemul de proiecție STEREOGRAFIC 1970 proiecție azimutală perspectivă stereografică oblică conformă pe plan secant unic elipsoidul de referință

În cadrul sistemului de proiecție Stereografic 1970 s-a utilizat elipsoidul Krasovsky - 1940. Orientat Pulkovo și sistemul de coordonate S42

Raza medie de curbură corespunde sferei terestre echivalentă cu elipsoidul de referință pentru O' și este egală cu $R = 6378956,681\text{m}$

- Punctul central al proiecției Q_0 numit și Polul proiecției are coordonatele
- geografice $\varphi_0 = 46^{\circ}00'00''$ latitudine nordică, $\lambda_0 = 25^{\circ}00'00''$ longitudine estică (poziționat în centru geometric a țării)
- Adâncimea planului de proiecție este de $h = 3189,478\text{ m}$ ($h/2R_0 = 1/4000$), față de
- planul tangent la suprafața terestră în punctul central, astfel întreaga țară se reprezintă pe un singur plan în care există un cerc de deformări nule cu raza de 201,718 km

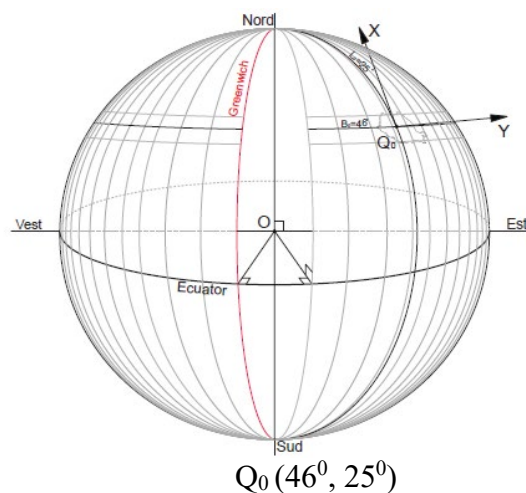
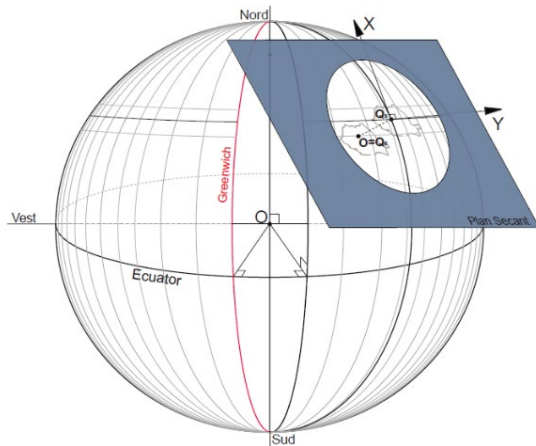


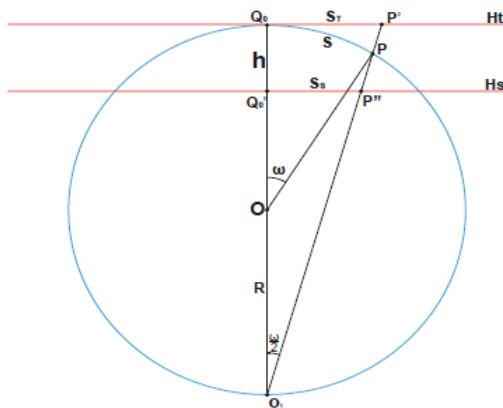
Figura 2.2 Punctul central al proiecției stereografice pe plan tangent 1970



- $Q_0 (46^\circ, 25^\circ)$
- **Adancimea planului secant $h=3,2$ km**

Figura 2.3. Punctul central al proiecției stereografice pe plan secant 1970

unde:



H_T - plan tangent

H_S - plan secant

P^I - proiecția punctului P în plan tangent

P^{II} - proiecția punctului P în plan secant

Q_0 - polul proiecției

h – adancimea planului secant

O_1 - punctul stereografic (punctul de observatie)

Figura 2.4. Secțiune proiecție stereografică 1970

Sistemul axelor de coordonate:

- originea sistemului de coordonate O este imaginea plană a punctului central al proiecției $Q_0 (\varphi_0, \lambda_0)$;
- axa OX – proiecția meridianului ce trece prin Q_0 , pe planul de proiecție cu sensul pozitiv spre Nord
- axa OY – este perpendiculara pe axa OX , în imaginea plană a polului proiecției, cu sensul pozitiv spre Est;

Sistemul de axe de coordonate s-a translatat cu 500 km spre sud și vest pentru pozitivizarea coordonatelor rectangulare plane.

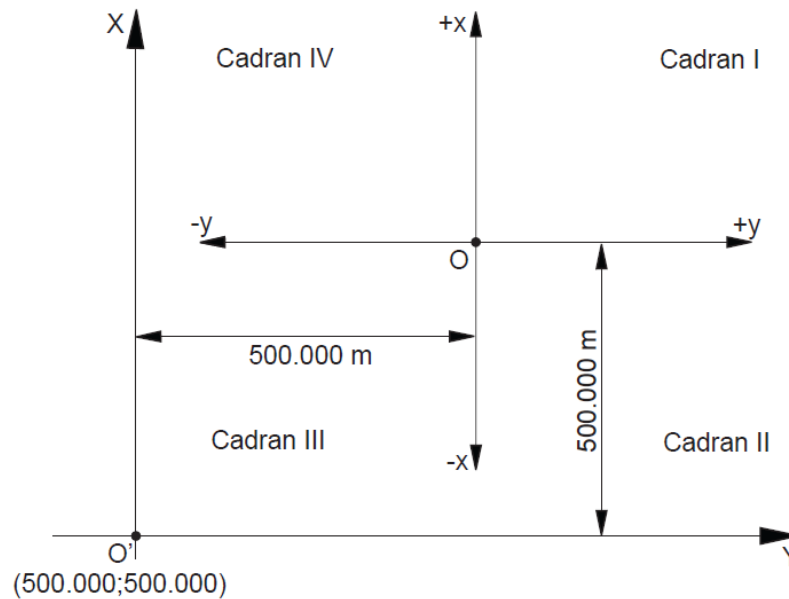


Figura 2.5. Sistemul de axe de coordonate translatat în OI

- coeficientul de reducere la scara $C = 1 - 1/4000 = 0,999750$, se realizează transformarea coordonatelor plane din plan tangent în polul proiecției în plan secant unic paralel cu planul tg.

$$X = X_{tg} * C$$

$$Y = Y_{tg} * C$$

- coeficientul de revenire la scara $C' = 1/C = 1,000250063$, se realizează transformarea coordonatelor plane din plan secant în plan tangent

$$X_{tg} = X * C'$$

$$Y_{tg} = Y * C'$$

- deformații: proiecția Stereografică 1970 este o proiecție conformă astfel se păstrează nedeformate unghiurile. Prin utilizarea planului secant s-a obținut un cerc de raza $r = 201,718\text{km}$ pe care deformațiile sunt nule iar în interiorul cercului deformațiile liniare sunt negative având valoarea de -25cm/km în punctul Q_0 și pozitive în exteriorul acestuia ajungând la valori și de $+70\text{cm/km}$ la limitele teritoriului României.

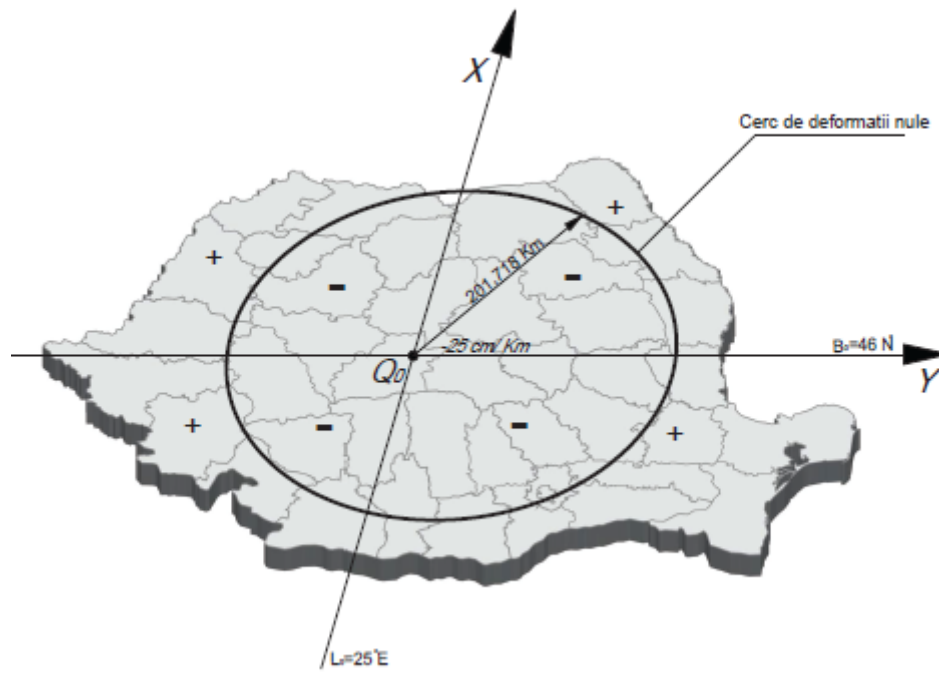


Figura 2.6 Deformatiile relative aferente teritoriului României

CAPITOLUL III

SISTEME DE COORDONATE

3.1 GENERALITĂȚI

O coordonată este un număr care determină locația unui punct în lungul unei drepte sau a unui arc. Una, două, trei sau mai multe coordonate pot fi folosite pentru a determina poziția unui punct față de o dreaptă, suprafață, volum sau alt domeniu dimensional.

O metodă sistematică de a alocă o listă de coordonate fiecărui punct dintr-un domeniu se numește sistem de coordonate. Se cunosc o mulțime de sisteme de coordonate definite în fiecare domeniu și folosite în contexte specifice. O clasificare completă a sistemelor de coordonate nu este de referință în cadrul acestei lucrări.

Din punct de vedere matematic se pot defini trei tipuri de sisteme de coordonate:

Sistemul de coordonate unidimensional,

Sistemul de coordonate bidimensional,

Sistemul de coordonate tridimensional.

Sistemul de coordonate unidimensional

Pentru a reprezenta o poziție în acest sistem este nevoie de o linie de referință cu o origine. După alegerea unei unități de măsură și raportarea acestei unități la linia de referință, se pot exprima poziții în spațiul cu o dimensiune. Sistemul este mai puțin folosit în matematică, dar este folosit în geodezie pentru reprezentarea poziției verticale a unui punct.

Sistemul de coordonate bidimensional

Un sistem de coordonate cartezian (sau rectangular) în două dimensiuni este definit de obicei de două axe în unghi drept una cu cealaltă, formând un plan. Axa orizontală este în mod normal etichetată x , iar axa verticală este notată cu y . Punctul de intersecție a axelor se numește origine și se notează cu O . Axele x și y definesc un plan denumit planul xy . Pentru a specifica un anumit punct pe un sistem de coordonate bidimensional, se indică întâi unitatea x (abscisa), urmată de unitatea y (ordonata) de forma (x,y) , pereche ordonată.

Un exemplu de punct P în sistem este arătat în figura 3.1, folosind coordonatele $(3,5)$.

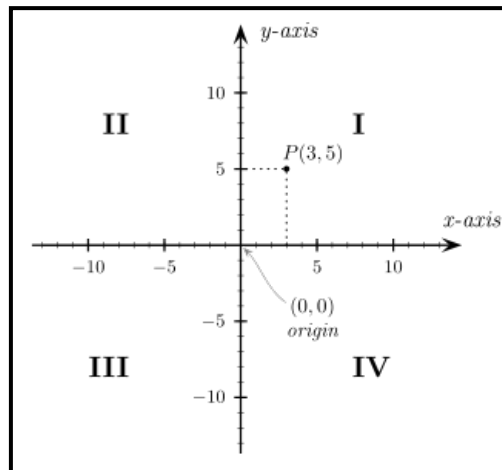


Fig. 3.1. Sistemul de coordonate rectangular - matematic

Intersecția celor două axe dă naștere la patru regiuni, denumite cadrane, notate cu numerele romane **I** (+,+), **II** (-,+), **III** (-,-), și **IV** (+,-). Convențional, cadranele sunt etichetate în sens invers acelor de ceasornic pornind de la cel din dreapta-sus (de "nord-est"). În primul cadran, ambele coordonate sunt pozitive, în al doilea cadran abscisele sunt negative și ordonatele pozitive, în al treilea cadran ambele coordonate sunt negative iar în al patrulea cadran, abscisele sunt pozitive iar ordonatele negative.

Sistemul de coordonate tridimensional

Sistemul de coordonate cartezian în trei dimensiuni furnizează cele trei dimensiuni fizice ale spațiului — lungime, lățime și înălțimi. În figura 3.2 sunt arătate două moduri obișnuite de reprezentare a acestuia.

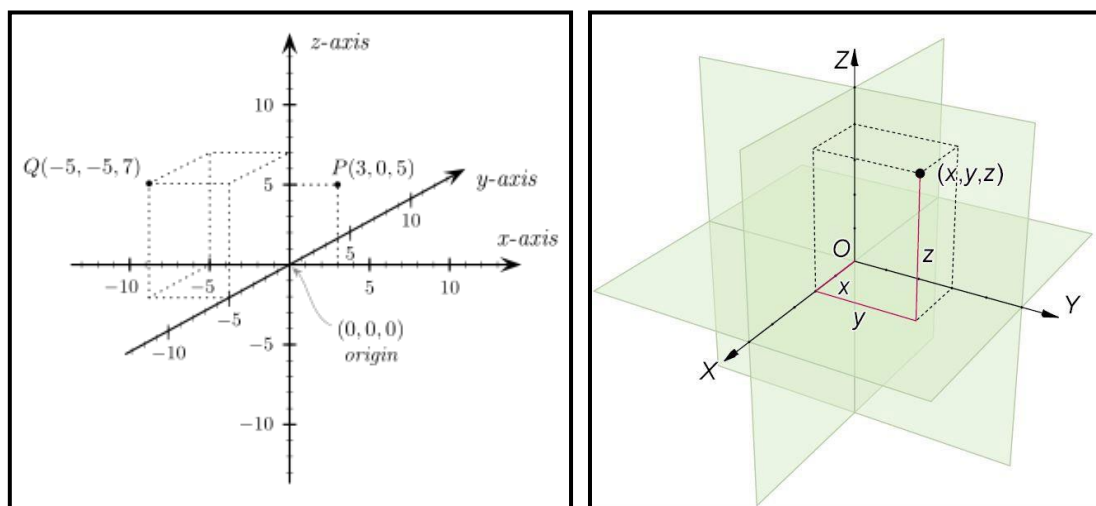


Figura. 3.2. Sistemul de coordonate tridimensional

Cele trei axe carteziane care definesc sistemul sunt perpendiculare două câte două. Coordonatele relevante sunt de forma (x,y,z) . De exemplu, figura 3.2 arată două puncte trasate într-un sistem cartezian tridimensional: $P(3,0,5)$ și $Q(-5,-5,7)$.

3.2 Sisteme de coordonate utilizate în Măsurătorile Terestre

Sisteme de coordonate prezentate mai sunt folosite cu succes în domeniul măsurătorilor terestre pentru diferite reprezentări ale punctelor. Așa cum se cunoaște, în disciplinele geodeziei și topografiei există mai multe tipuri de coordonate prin care poate fi exprimată poziția unui punct. Din punct de vedere al utilizatorilor există trei tipuri de coordonate și anume:

- altitudinea sau înălțimea (cota) exprimă distanța pe verticală între poziția punctului și o suprafață „orizontală” definită ca referință;
- coordonatele geografice exprimă în termeni de latitudine și longitudine poziția unui punct pe sferă sau elipsoid;
- coordonatele plane sau coordonate în sistemul de proiecție al hărții care exprimă poziția unui punct pe un plan pe care a fost proiectată suprafața terestră.

Sistemele de coordonate convenționale din domeniul măsurătorilor terestre utilizate în raport cu suprafețele de referință sunt:

Pe elipsoid

- Sistemul de coordonate geografice spațiale
- Sistemul de coordonate carteziane elipsoidale

Pe sfera

- Sistemul de coordonate geografice sferice
- Sistemul de coordonate sferice polare

Pe plan

- Sistemul de coordonate carteziane plane
- Sistemul de coordonate polare plane

Observatii

- ✓ prin intersecția planelor ce conțin axa polilor și suprafața terestră, rezulta **meridianele**.
- ✓ prin intersecția globului terestru cu planele paralele la Ecuator, rezultă **paralelele**.
- ✓ din infinitatea de meridiane, se considera în mod convențional ca meridian origine „0” meridianul care trece prin observatorul Greenwich.

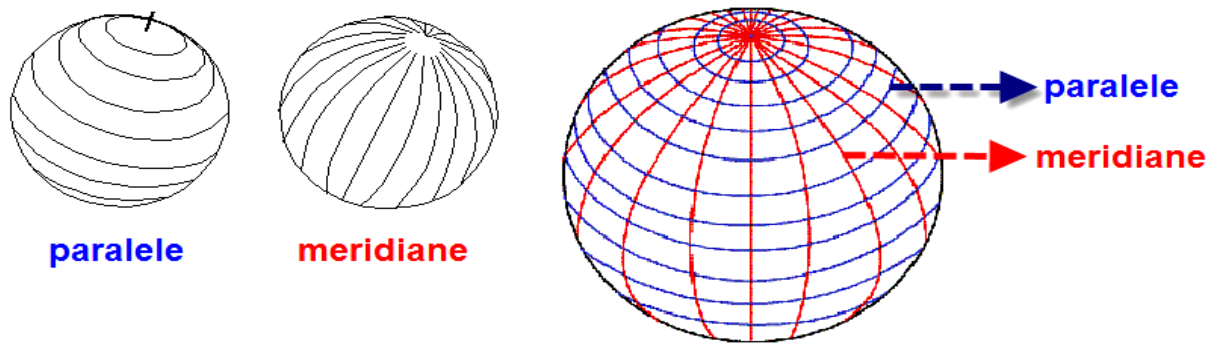


Figura. 3.3. Meridiane si paralele

3.2.1 Sisteme de coordonate pe elipsoidul de rotație

Sistemul de coordonate geografice spațiale

În cadrul acestui sistem poziția unui punct de pe elipsoid este determinată prin coordonatele geografice elipsoidale latitudinea, longitudinea geografică și înălțimea elipsoidală (B, L, h).

Originea sistemului este considerată ca fiind central geometric al elipsoidului (O).

Latitudinea (B) – este unghiul format de normala la elipsoid în punctul considerat și planul ecuatorului, măsurat în planul meridianului locului.

În funcție de poziția punctului considerat față de planul ecuatorului avem următoarele valori pentru latitudine:

- latitudine nordică cu valori cuprinse între 0^0 și 90^0
- latitudine sudică cu valori cuprinse între 0^0 și -90^0

Longitudinea (L) – este unghiul dintre planul meridianului origine (Greenwich) și planul meridianului locului măsurat în planul ecuatorului.

În funcție de poziția punctului considerat față de meridianul origine avem următoarele valori pentru longitudine:

- longitudine estică, cu valori cuprinse între 0^0 și 180^0 , puncte situate la est de meridianul origine (Greenwich) până la meridianul opus acestuia
- longitudine vestică cu valori cuprinse între 0^0 și -180^0 , puncte situate la vest de meridianul origine (Greenwich) până la meridianul opus acestuia.

Înălțimea elipsoidală (h) - distanța verticală măsurată pe normala la elipsoid, de la punctul considerat situat pe suprafața terestră până la proiecția acestuia pe elipsoid (Fig. 3.4).

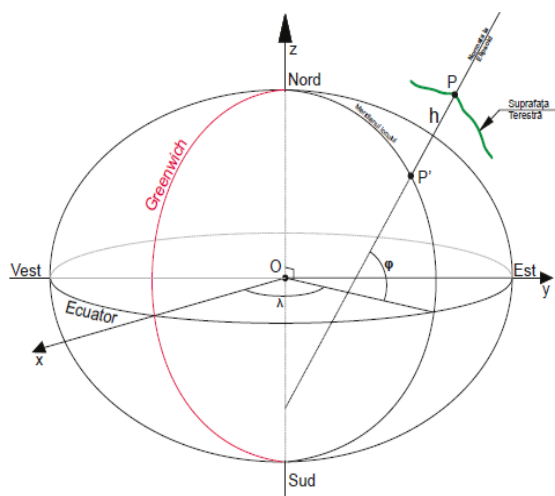


Figura 3.4 Sistemul de coordonate geografice elipsoidale spațiale

Într-un punct de observație P, se poate defini un **sistem elipsoidal local**, legat de normal la elipsoid $\bar{n}$, cu specificațiile:

- originea punctului de observație, P,
- z_e – axa orientată după normala la elipsoid în punctul P, către zenitul geodezic,
- x_e – axa situată în meridianul geodezic, (direcția nordului geodezic),
- y_e – axa direcționată spre est, completând un sistem în sensul rotirii acelor de ceasornic.

Locația unui al doilea punct, P_i , în sistemul elipsoidal local, poate fi determinată prin următoarele mărimi (coordoanate elipsoidale polare locale):

- distanța înclinată dintre puncte s,

- azimutul elipsoidal α ,
- unghiul zenital elipsoidal ζ .

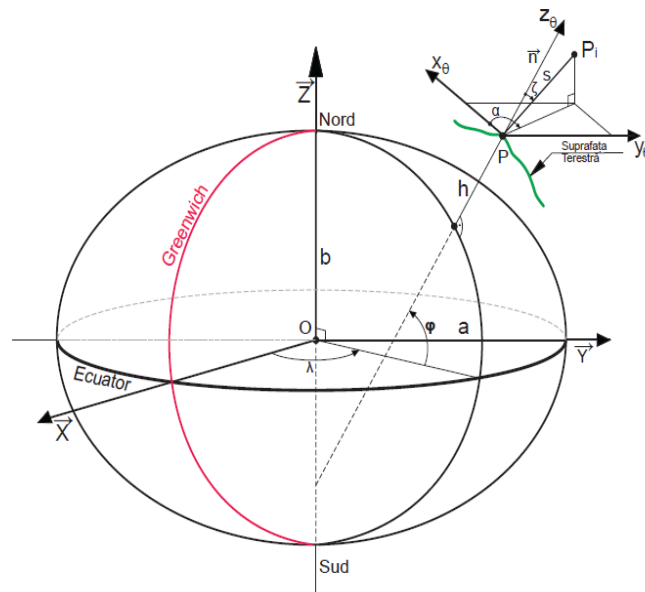


Figura 3.5 Sistemul de coordonate geografice locale elipsoidale

Sistemul de coordonate carteziene elipsoidale

Sistemul de coordonate carteziene elipsoidale – în care poziția unui punct de pe elipsoid este definită prin coordonatele sale rectangulare X, Y, Z . Acesta își are originea (O) în centrul geometric al elipsoidului, axa OX se află la intersecția planului ecuatorului cu planul meridianului origine Greenwich, axa OY se află în planul ecuatorului, perpendiculară pe axa OX și este orientată cu sensul pozitiv spre est, iar axa OZ coincide cu axa polilor geografici (Fig. 3.6).

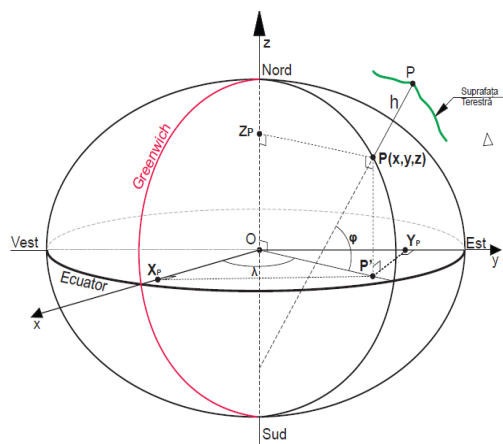


Figura 3.6 Sistemul de coordonate carteziene elipsoidale

3.2.2. Sisteme de coordonate pe sferă

Sistemul de coordonate geografice sferice

Poziția unui punct de pe sferă în acest sistem este determinată prin coordonatele geografice latitudine și longitudine (φ, λ). Acestea se definesc asemenea celor elipsoidale cu precizarea că punctul se află pe sferă nu pe elipsoid iar direcția normalei coincide cu direcția razei sferei în punctul considerat și trece prin centrul sferei.

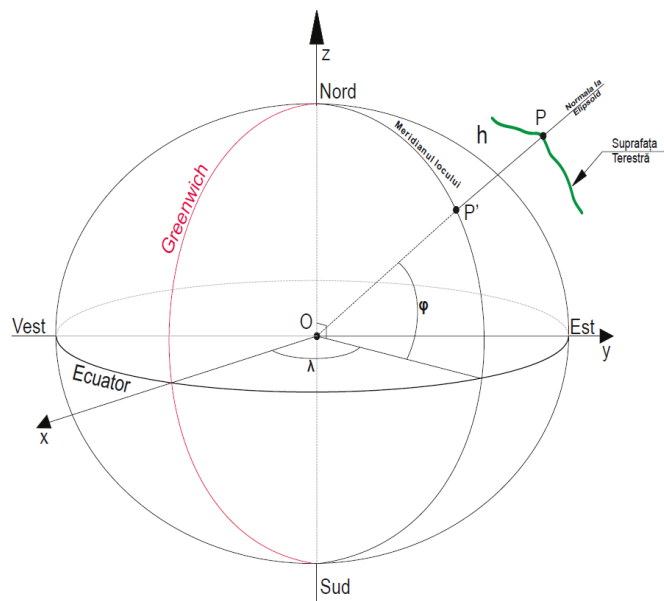


Figura 3.7 Sistemul de coordonate geografice sferice

Sistemul de coordonate sferice polare

De asemenea, poziția unui punct de pe sferă poate să fie determinată prin coordonate sferice polare azimut și distanță zenitală (A, z) față de poziția geografică a polului proiecției Q_0 (φ_0, λ_0)

A – azimut – unghiul măsurat în sensul acelor de ceasornic dintre direcția către polul nord a meridianului ce trece prin polul proiecției și direcția de la polul proiecției la punctul considerat.

z – distanța zenitală – unghiul la centrul sferei format de normala la sferă în punctul considerat și diametrul sferei ce trece prin polul proiecției (Fig.3.8).

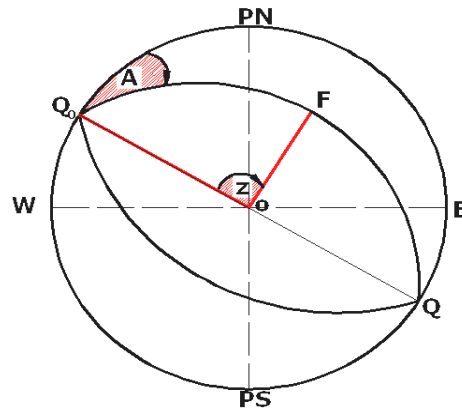


Figura 3.8 Sisteme de coordonate sferice polare

3.2.3 Sisteme de coordonate pe planul de proiecție

Sistemul de coordonate carteziene plane

Sistemul de coordonate carteziene plane – în care poziția unui punct este definită prin coordonatele sale rectangulare (X,Y). Coordonatele plane sau coordonate în sistemul de proiecție al hărții exprimă poziția unui punct pe un plan pe care a fost proiectată suprafața terestră.

Hărțile și planurile utilizate în lucrările din domeniul măsurătorilor terestre, se întocmesc, în prezent, în sistemul de proiecție STEREOGRAFIC 1970, o proiecția azimutală perspectivă stereografică oblică conformă pe plan secant.

Originea sistemului de axe rectangulare plane în cazul proiecției stereografice – 1970 reprezintă imaginea plană a punctului central Q_0 ($\varphi_0 = 46^\circ$ latitudine nordică și $\lambda_0 = 25^\circ$ longitudine estică), fiind situat aproximativ în centrul geometric țării, la nord de orașul Făgăraș.

În sistemul general de axe al proiecției stereografice – 1970, axa absciselor XX' reprezintă imaginea plană a meridianului punctului central (Q_0), de longitudine $\lambda_0 = 25^\circ$, fiind orientată pe direcția Nord-Sud, iar axa ordonatelor YY' reprezintă tangenta la imaginea plană a paralelului, de latitudine $\varphi_0 = 46^\circ$ și este orientată pe direcția Est-Vest .

Pentru pozitivarea valorilor negative ale coordonatelor plane din cadranele: II (-X; +Y); III (-X; -Y) și IV (+X; -Y) s-a realizat translarea originii sistemului de axe rectangulare O ($X_0 = 0,000$ m; $Y_0 = 0,000$ m) cu câte 500 000 m spre sud și, respectiv, cu 500 000 m spre vest, obținându-se originea translată O' ($X_0 = 500000,000$ m; $Y_0 = 500000,000$ m).

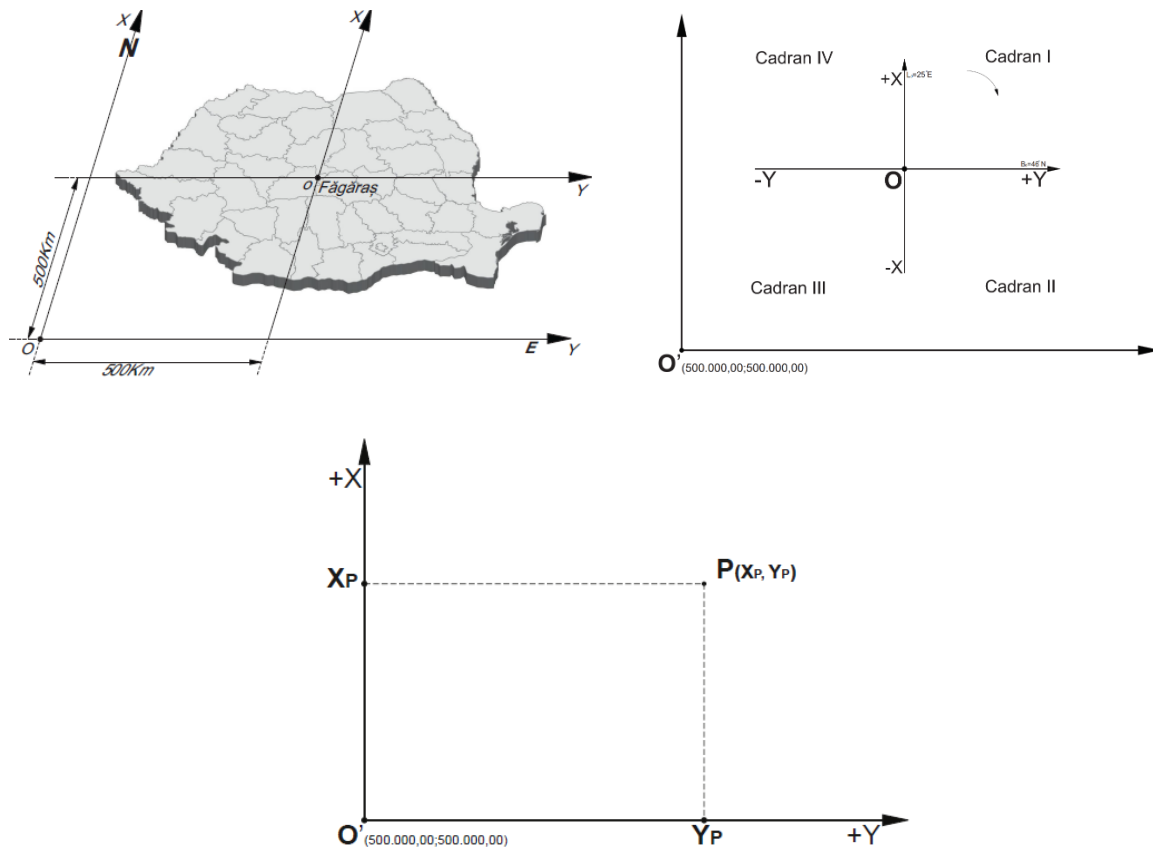
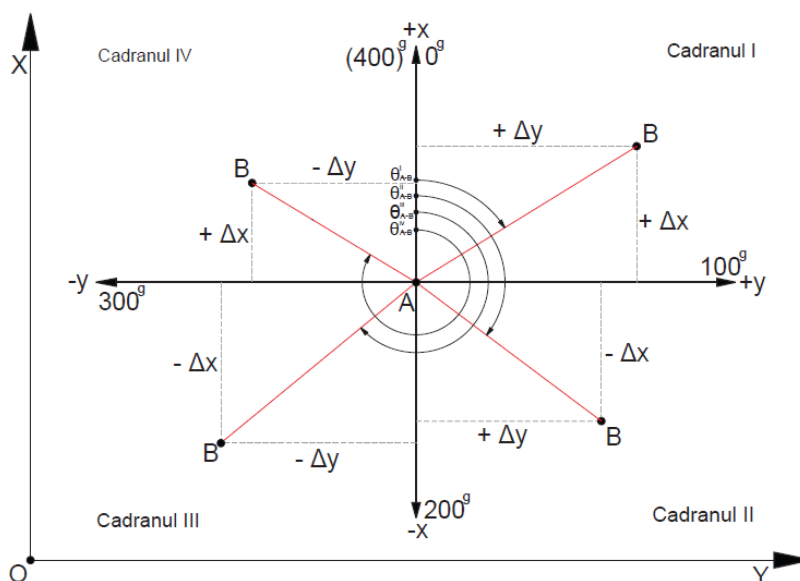


Figura 3.9 Sistemul de coordonate carteziene plane

Coordonate rectangulare locale

În topografie poziția unui punct se determina și în cadrul unui sistem de coordonate rectangulare local prin coordonatele relative (ΔX , ΔY). Acest sistem are originea într-un punct de coordonate cunoscut [ex. $A(X_A, Y_B)$] iar axele paralele cu cele ale sistemului absolut. (Fig. 3.10).

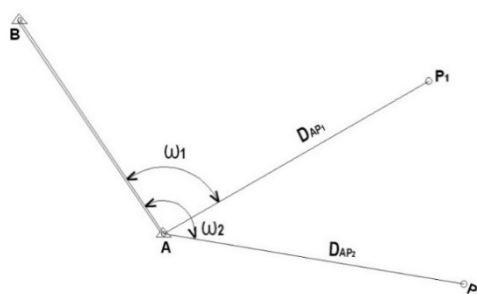
Coordonatele relative sau creșterile de coordonate sunt mărimi algebrice și pot să fie pozitive sau negative. Semnele acestora se stabilesc în funcție de cadranul în care se află punctul de determinat (B) față de originea sistemului (A).

**Figura 3.10 Coordonate relative****Tabel 3.1. Semnele coordonatelor relative**

	Cadran I	Cadran II	Cadran III	Cadran IV
ΔX_{AB}	+	-	-	+
ΔY_{AB}	+	+	-	-

Sistemul de coordonate polare plane

În sistemul polar plan poziția unui punct este definită prin distanța polară (D_{AP1}) și unghiul polar (ω_1) dintre direcția de referință (AB) și direcția dată cu originea în polul A (Fig.3.11).

**Figura 3.11 Coordonate polare**

În cadrul măsurătorilor terestre un sistem de coordonate polar particular este determinat de unghiul de orientare (Θ) și direcția dată (D) definită de două puncte caracteristice.

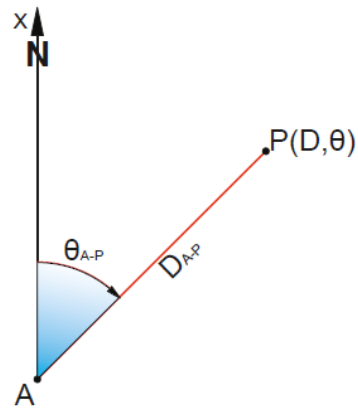
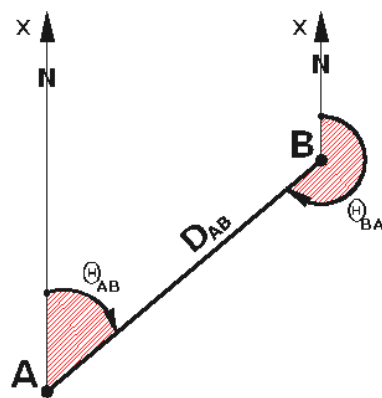


Figura 3.12 Sistemul de coordonate polare plane

Orientarea topografică Θ - reprezintă unghiul orizontal de orientare și este definit ca unghiul dintre direcția nordului topografic (N) și direcția data (D) măsurat în sensul de rotire a acelor de ceasornic (sens topografic)

Nord topografic - axa X (nord) a sistemului de coordonate aferent sistemului de proiecție



θ_{AB} – orientare directă

θ_{BA} – orientare inversă (capăt de segment)

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

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

Figura 3.13 Orientarea directă și orientarea inversă

În lucrările din domeniul ingineriei geodezice se mai determină orientarea geografică și orientarea magnetică.

Orientarea geografică, cunoscută sub denumirea de Azimut, utilizează ca direcție de referință direcția spre nord a meridianul locului. Unghiul dintre orientarea topografică și azimut (orientare geografică) poartă denumirea de unghi de convergență a meridianelor și se notează cu litera gama (γ)

Orientarea magnetică are ca direcție de referință nordul magnetic și se determină când utilizăm busola, deoarece aceasta indică nordul magnetic. Unghiul dintre Orientarea topografică și orientarea magnetică se notează cu delta (δ).

Notă: În cazul lucrărilor topografice vom utiliza doar orientarea topografică în cazul în care determinăm orientarea geografică sau magnetică acestea vor fi corectate cu unghiurile aferente γ și δ .

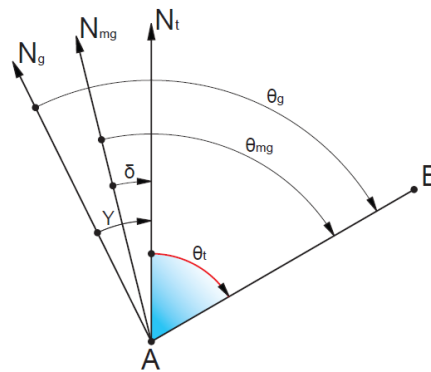


Figura 3.14. Orientarea topografică, geografică și magnetică

3.2.4 Sistemul de altitudini

Altitudinea (H) reprezintă distanța măsurată pe verticală între suprafața de nivel zero (S_0) și suprafața de nivel a punctului considerat (S_B)

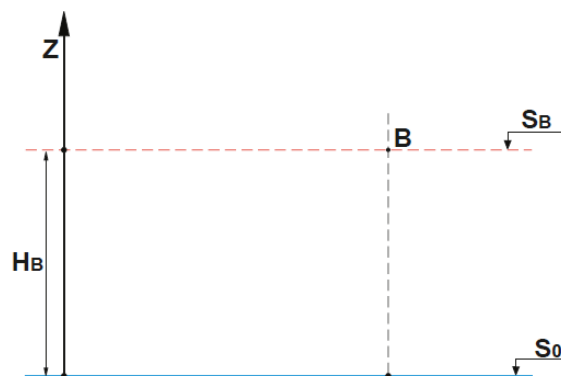


Figura 3.15 Sistemul de altitudini

Pentru România se utilizează în prezent sistemul de cote Marea Neagră 1975 având următoarele caracteristici:

- Sistem de cote normale
- $S_0(S_{MN})$ – suprafața de referință este suprafața mării Negre

- R_{MN} – reperul fundamental de cotă zero – punct zero fundamental de referință a altitudinilor, care este materializat în portul Constanța fiind originea altitudinilor determinate în întreaga țară.

Tipuri de cote în funcție de suprafața de referință

Cota ortometrică notată H^{or} utilizează ca suprafață de referință Geoidul. Geoidul fiind considerat suprafață de nivel zero.

Cota normală notată H utilizează ca suprafață de referință Cvasigeoidul. Cvasigeoidul fiind o suprafață cu undulații mai mici, undulațiile se calculează față de elipsoidul de referință.

Cota elipsoidală notată H^E utilizează ca suprafață de referință Elipsoidul.

3.3 Legatura dintre sistemele de coordonate

Consideram doua puncte caracteristice din teren A si B, care vor fi pozitionate pe planul topografic prin coordonatele rectangulare sau polare.

Elementele caracteristice ale terenului in cele doua sectiuni orizontal si vertical sunt reprezentate de: distanta inclinata, distanta orizontala, diferenta de nivel, cota și panta terenului.

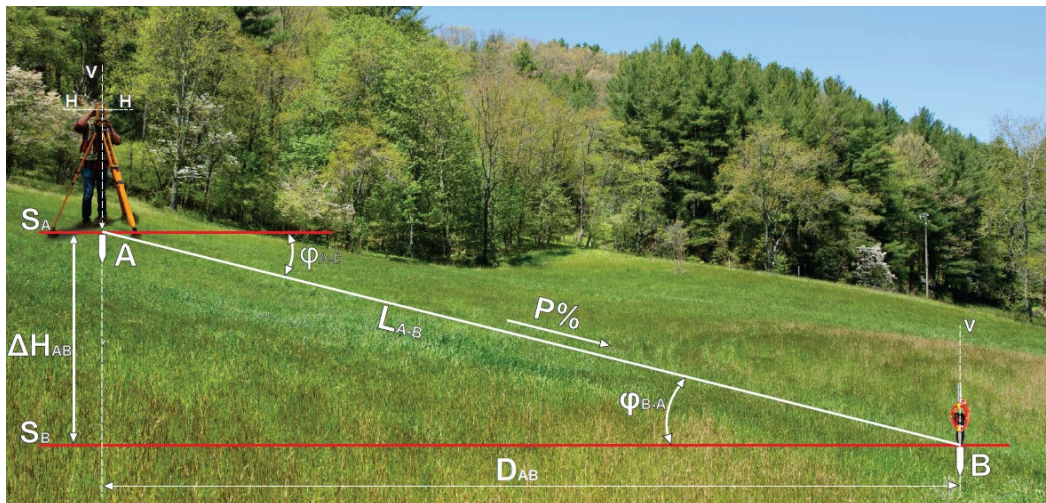


Figura 3.16 Componentele topografice ale terenului

PLAN VERTICAL

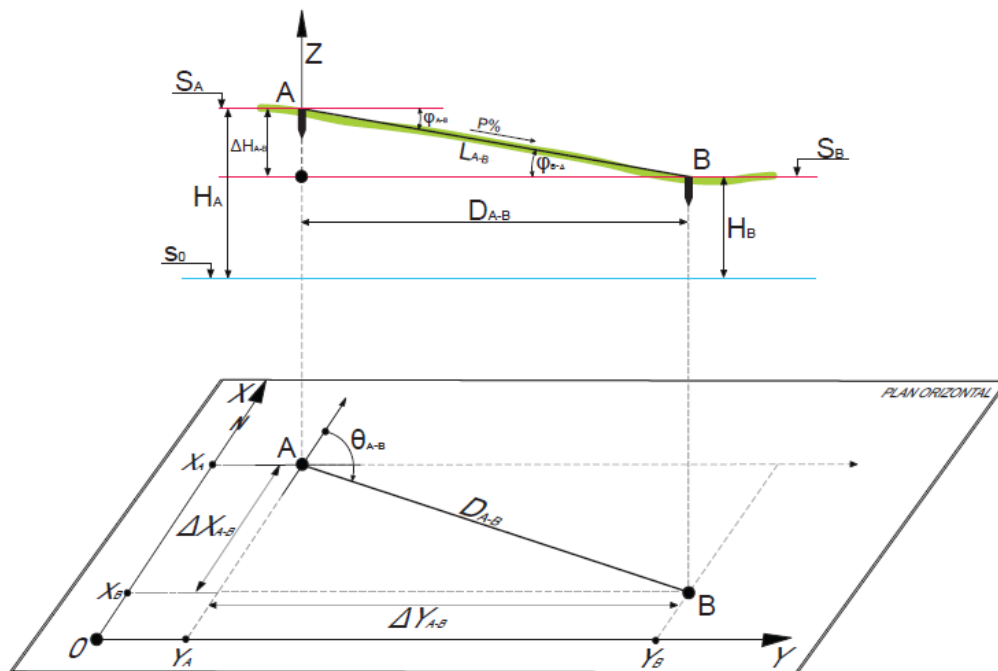


Figura 3.17 Sisteme de coordonate în plan orizontal și vertical

NOTAȚII:

✓ **Plan orizontal:**

D – distanță orizontală Θ – orientarea direcției date

X – coordonata rectangulara pe axa X

Y – coordonata rectangulara pe axa Y

ΔX – coordonata relativă pe axa X

ΔY – coordonata relativă pe axa Y

✓ **Plan vertical**

L – distanța înclinată

ΔH – diferența de nivel

H - cota

φ – unghiul de înclinație a terenului

V – unghiul zenital.

p – panta terenului

3.3.1 Pozitionarea punctelor caracteristice în plan orizontal

În plan orizontal pozitionarea punctelor caracteristice care definesc detaliile din teren se poate realiza prin coordonatele rectangulare plane sau coordonatele polare ale acestora. În acest caz putem să distingem două situații:

- **Determinarea coordonatelor polare din coordonate rectangulare**

Date cunoscute: coordonatele rectangulare plane ale punctelor

Determinarea coordonatelor rectangulare plane din coordonate polare

Date cunoscute: coordonatele polare ale punctelor (orientarea și distanța orizontală)

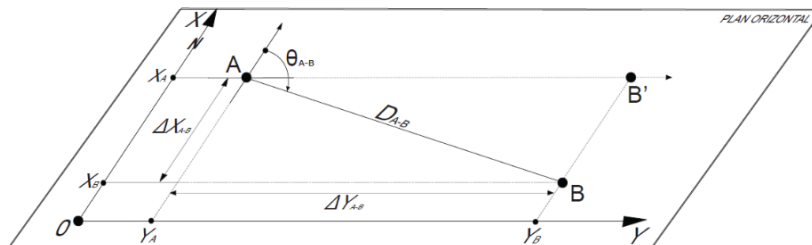
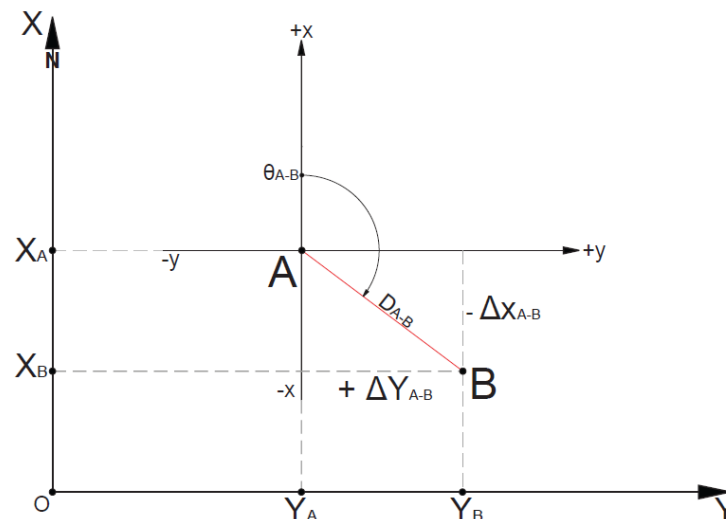


Figura 3.18 Sisteme de coordonate în plan orizontal



Cercul topografic

În cadrul lucrărilor din domeniul măsurătorilor terestre se utilizează cu precădere cercul topografic. Acesta este împărțit în patru cadrane de cele două axe OX (axa nordului topografic)

și axa OY (axa estului topografic) ale sistemului de coordonate. Sensul de parcurgere al cercului topografic este sensul de rotire a acelor de ceasornic (sens orar), iar gradația acestuia corespunde sistemului centezimal de la 0^g la 400^g .

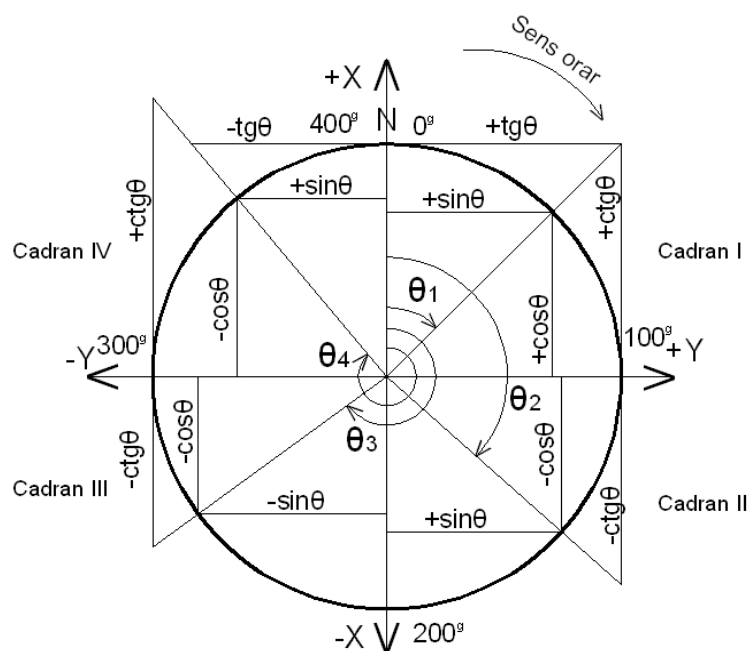


Figura 3.19 Cercul topografic

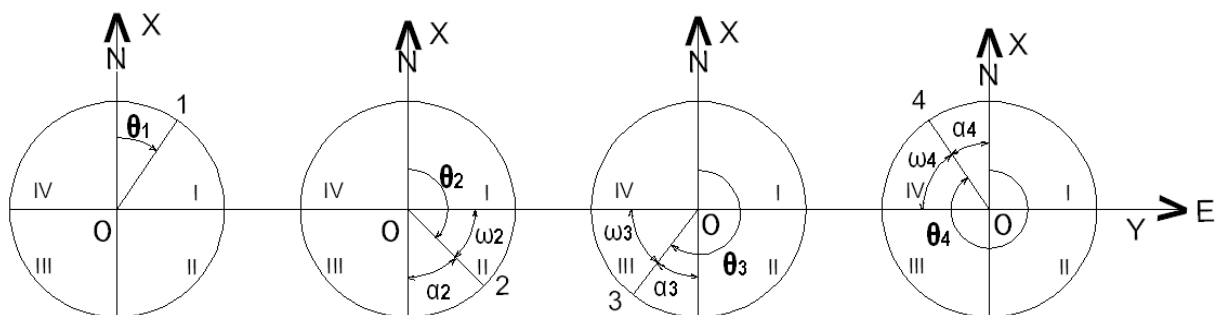


Figura 3.20 Pozitionarea punctelor în cele patru cadrane

Determinarea coordonatelor rectangulare**Determinarea coordonatelor relative**

- în funcție de coordonatele absolute a celor două puncte

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A$$

$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$$

- în funcție de coordonatele polare a celor două puncte

$$\Delta X_{AB} = D_{AB} \cdot \cos \theta_{AB}$$

$$\Delta Y_{AB} = D_{AB} \cdot \sin \theta_{AB}$$

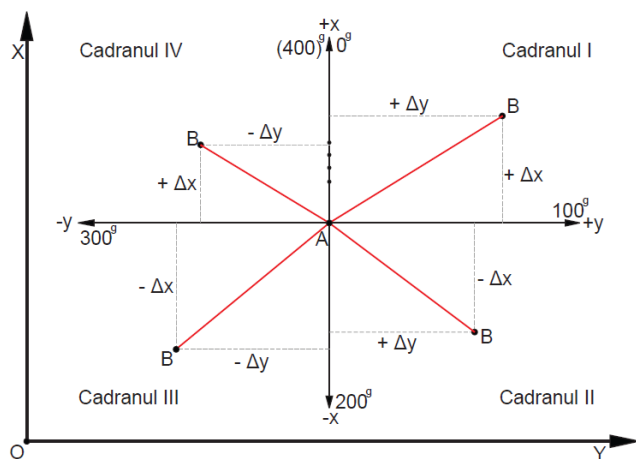


Figura 3.21 Coordonate relative

Cadran	Coordonate relative	
	ΔY	ΔX
I	+	+
II	+	-
III	-	-
IV	-	+

- Determinarea coordonatelor rectangulare**

- în funcție de coordonatele relative

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} ; [m]$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} ; [m]$$

Nota: în relațiile coordonatelor rectangulare se vor lua în considerare semnele coordonatelor relative.

Determinarea coordonatelor polare

- Determinarea distanței orizontale
- în funcție de coordonatele relative (analitic) :

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

- **Determinarea orientării unei direcții**
- **în funcție de coordonatele relative :**

$$\operatorname{tg} \theta_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}$$

În acest caz se ține seama de semnele creșterilor de coordonate ΔY , ΔX iar rezolvarea se face astfel:

- ✓ Se calculează orientarea de calcul $\theta_{AB}^c = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$,
- ✓ Se stabilește cadranul în funcție de semnele creșterilor de coordonate
- ✓ Se determină orientarea reală (θ)

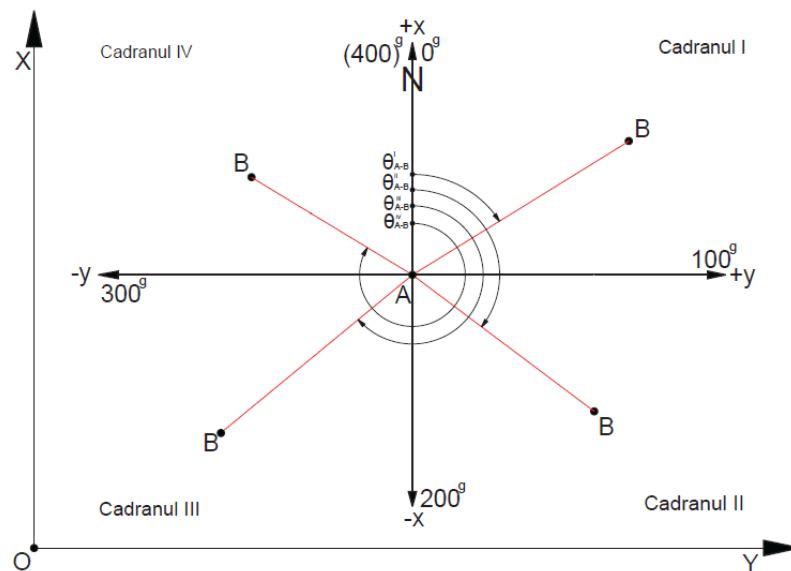


Figura 3.22 Orientari

<i>Cadran</i>	<i>Coordonate relative</i>		θ^c	θ [g. c. cc.]	<i>Valori unghiulare θ</i> [g. c. cc.]
	ΔY	ΔX			
<i>I</i>	+	+	+	$\theta = \theta^c$	[0° – 100°]
<i>II</i>	+	–	–	$\theta = 200 + \theta^c$	[100° – 200°]
<i>III</i>	–	–	+	$\theta = 200 + \theta^c$	[200° – 300°]
<i>IV</i>	–	+	–	$\theta = 400 + \theta^c$	[300° – 400°]

- **Determinarea suprafețelor**

În funcție de elementele geometrice determinate prin coordonatele acestora se determină suprafața suprafeței de reprezentat. Determinarea suprafeței se determină prin metoda analitică sau trigonometrică.

Determinarea suprafețelor prin metoda analitică

Este metoda cea mai precisă de calcul a suprafeței aplicându-se numai cu ajutorul coordonatelor rectangulare ale punctelor de pe conturul poligonului care delimitează suprafața de reprezentat.

Relații de calcul a suprafeței de teren când se cunosc coordonatele punctelor de contur

Considerăm o suprafață de teren de forma unui poligon oarecare determinat de punctele caracteristice 1-2-3-4 (conform figurii de mai jos), a cărei suprafață S , se va obține ca o însumare și scădere de trapeze dreptunghice rezultate din proiectarea poligonului pe axa de coordonate OY.

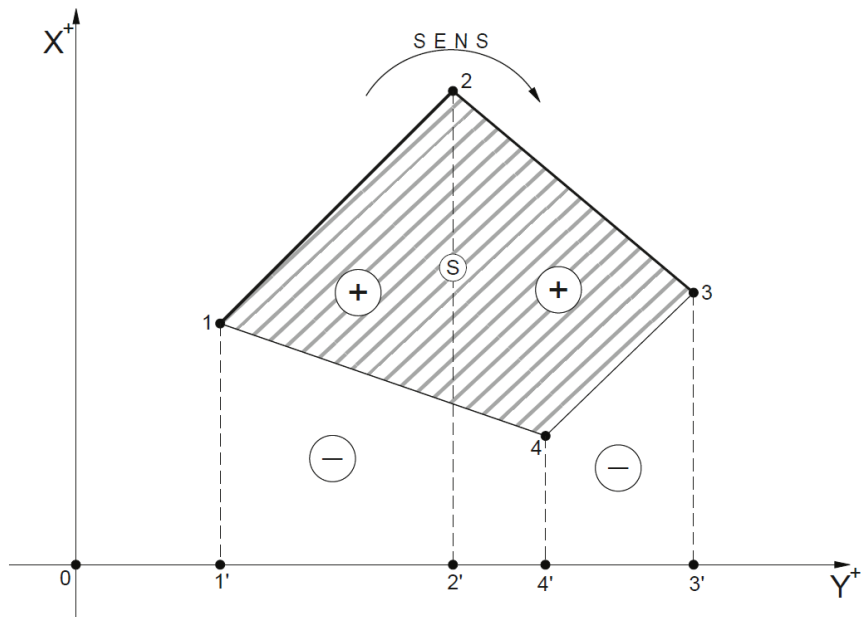


Figura 3.23. Calculul suprafeței

Pentru determinarea suprafeței sensul de parcurgere a punctelor caracteristice este cel orar $1(X_1, Y_1)$, $2(X_2, Y_2)$, $3(X_3, Y_3)$, $4(X_4, Y_4)$. Astfel urmărind figura de mai sus putem scrie următoarea relație:

$$2S = (X_2 + X_1)(Y_2 + Y_1) - (X_1 + X_4)(Y_4 + Y_1) - (X_3 + X_4)(Y_3 + Y_4) + (X_2 + X_3)(Y_3 + Y_2)$$

Dezvoltând produsele și reducând termenii asemenea vom obține:

$$2S = X_1(Y_2 - Y_4) + X_2(Y_3 - Y_1) + X_3(Y_4 - Y_2) + X_4(Y_1 - Y_3) = \sum_{n=1}^n X_n (Y_{n+1} - Y_{n-1})$$

▪ **Relația de calcul**

$$2S = \sum_{n=1}^n X_n * (Y_{n+1} - Y_{n-1})$$

unde: n – reprezintă nr. punctului;

$n + 1$ – reprezintă punct înainte;

$n - 1$ – reprezintă punct înapoi.

X, Y – coordonatele rectangulare ale punctelor

▪ **Determinarea suprafețelor prin metoda trigonometrică**

Este o metodă numerică de calcul a suprafețelor de teren care se aplică în funcție de instrumentele avute la dispoziție, când ridicarea planimetrică se poate face numai prin distanțe sau prin distanțe și unghiuri.

Calculul suprafețelor de teren când ridicarea planimetrică s-a făcut prin distanțe

În acest caz un poligon oarecare 1-2-3-4-5 (conform figurii de mai jos) s-a descompus în cinci triunghiuri componente la care se vor măsura pe teren laturile.

Relația de calcul trigonometric a suprafeței pentru un triunghi

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad \text{formula lui Heron}$$

unde: a, b, c – sunt laturile triunghiului

p – semiperimetru, $p = \frac{a+b+c}{2}$

După calculul suprafeței fiecărui triunghi, acestea se vor însuma obținând în final suprafața finală.

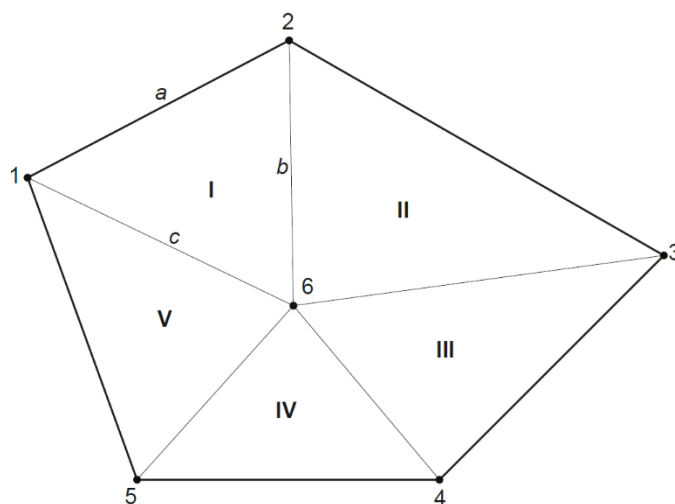


Figura. 3.24. Lungimi orizontale măsurate cu ruleta prin perimetrarea unui pentagon și din centrul acestuia

3.3.2 Pozitionarea punctelor caracteristice in plan vertical

Pozitia unui punct caracteristic in plan vertical se exprima prin cota (H) acestuia care reprezinta distanta masurata pe verticala intre suprafata de nivel zero si suprafata de nivel a punctului considerat. Suprafata de nivel zero (S_0) este considerata suprafata geoidului.

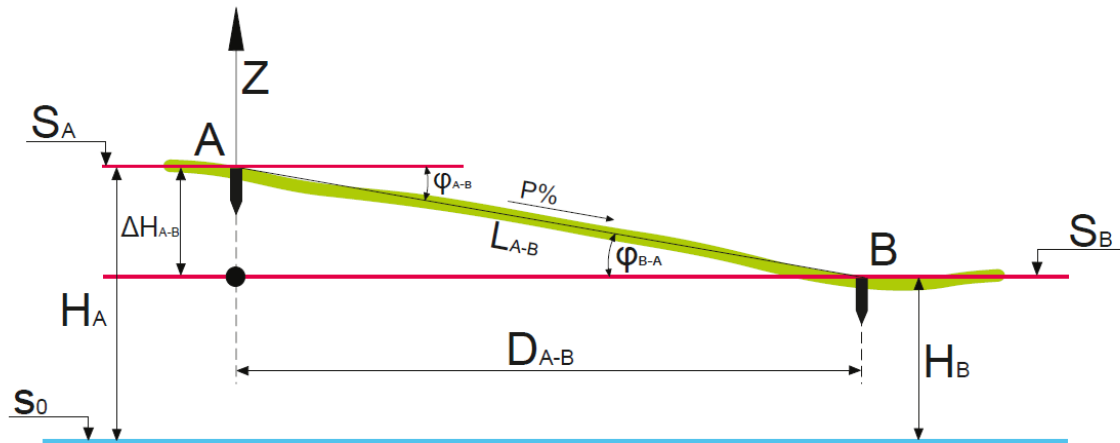


Figura 3.25 Sisteme de coordonate in plan vertical

Pentru România suprafața de nivel zero se utilizează suprafața Mării Negre 1975. (Sistem de cote Marea Neagra 1975).

S_A – Suprafața de nivel a punctului A (nivel aparent - NA)

S_B – Suprafața de nivel a punctului B (nivel aparent - NB)

S_0 – Suprafața de nivel zero (S_{MN} - suprafața liniștită a Mării Negre pentru România)

În plan vertical poziția unui punct față de alt punct se determină prin diferența de nivel ΔH . Diferența de nivel ΔH reprezintă distanța măsurată pe verticală între suprafețele de nivel ce trec prin cele două puncte A și B de pe suprafața topografică.

Diferențele de nivel sunt mărimi algebrice și pot să fie pozitive sau negative, în funcție de declivitatea terenului.

- ΔH_{AB} – pozitivă, dacă terenul este în rampă
- ΔH_{AB} – negativă, dacă terenul este în pantă.

DATE CUNOSCUTE - din masuratori – Elemente continute in carnetul de teren

L – distanta inclinata

V – unghiul vertical

Prelucrarea Datelor - RELATII DE CALCUL

Determinarea unghiului de inclinatia a terenului

$$\Phi = 100^g \cdot V$$

Determinarea distantei orizontale

$$D = L \cdot \cos \varphi = L \cdot \sin V$$

Determinarea diferentei de nivel ΔH_{AB}

In functie de cotele celor doua puncte

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$

In functie de distanta si inclinatia terenului

Viza la inaltimea aparatului

$$\Delta H = D \cdot \operatorname{tg} \varphi = L \cdot \sin \varphi = L \cdot \cos V$$

Viza la inaltimea prisme

$$\Delta H = D \operatorname{tg} \varphi \pm h_{ap} \mp h_p$$

Determinarea cotelor

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$

Nota: in relatia cotei se va lua in considerare semnul diferentei de nivel.

Determinarea pantei

$$P = \operatorname{tg} \Phi$$

$$p = \Delta H_{AB} / D_{AB}$$

in procente % => $p\% = 100 \cdot \operatorname{tg} \Phi$

3.4 APLICAȚII

Aplicația 1

Cunoscând coordonatele rectangulare plane a punctelor caracteristice să se determine coordonatele relative în raport cu punctul 1.

Date cunoscute:

Nr. Pct.	Coordonate rectangulare	
	X [m]	Y [m]
1	579561,95	427176,41
2	579578,96	427195,77
3	579556,43	427394,85
4	579526,68	427090,45
5	579616,62	427108,94

Prelucrarea Datelor

a) 1-2

✓ Determinarea coordonatelor relative având ca pol punctul 1 (ΔX_{1-2} , ΔY_{1-2})

$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1$$

$$= 579578,96 - 579561,950$$

$$= 17,010 \text{ m}$$

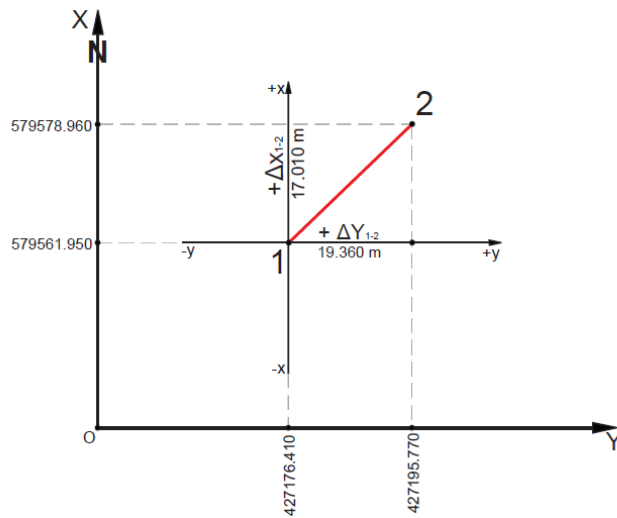
$$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1$$

$$= 427195,77 - 427176,41$$

$$= 19,360 \text{ m}$$

✓ *Reprezentarea grafică*

$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{1-2} - \textit{pozitiv} \\ \Delta Y_{1-2} - \textit{pozitiv} \end{array} \right\} \Rightarrow \textit{cadrantul I}$$



b) 1-3

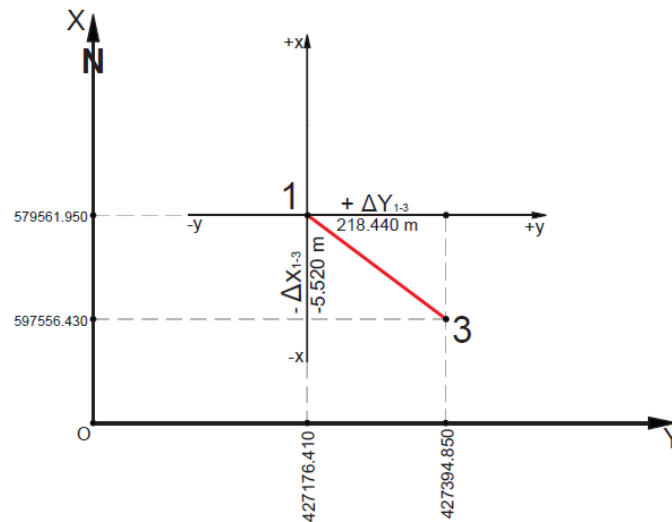
✓ **Determinarea coordonatelor relative având ca pol punctul 1 (ΔX_{1-2} , ΔY_{1-2})**

$$\begin{aligned} \Delta X_{1-3} &= X_3 - X_1 \\ &= 579556,430 - 579561,950 \\ &= -5,520 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_{1-3} &= Y_3 - Y_1 \\ &= 427394,85 - 427176,41 \\ &= 218,440 \text{ m} \end{aligned}$$

✓ **Reprezentarea grafica**

$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{1-3} - \textit{negativ} \\ \Delta Y_{1-3} - \textit{pozitiv} \end{array} \right\} \Rightarrow \textit{cadrantul II}$$



c) 1-4

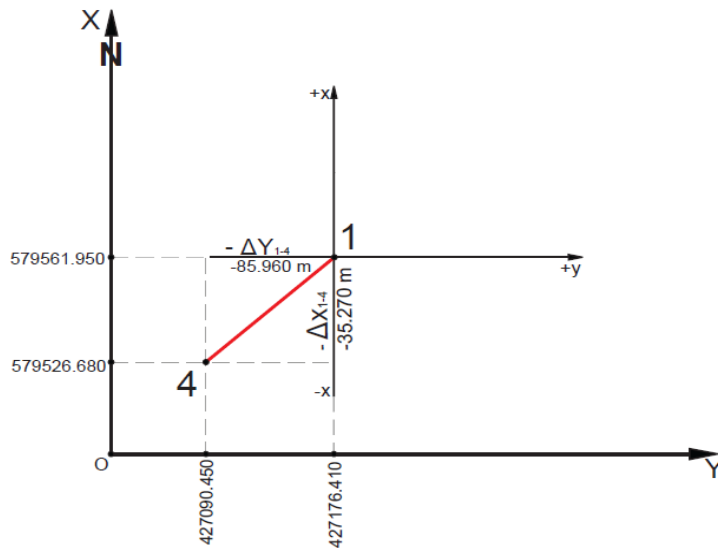
✓ **Determinarea coordonatelor relative având ca pol punctul 1 (ΔX_{1-2} , ΔY_{1-2})**

$$\begin{aligned}\Delta X_{1-4} &= X_4 - X_1 \\ &= 579526,68 - 579561,950 \\ &= -35,270 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_{1-4} &= Y_4 - Y_1 \\ &= 427090,45 - 427176,41 \\ &= -85.960 \text{ m}\end{aligned}$$

✓ **Reprezentarea grafica**

$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{1-4} - \text{negativ} \\ \Delta Y_{1-4} - \text{negativ} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{cadranul III}$$



d) 1-5

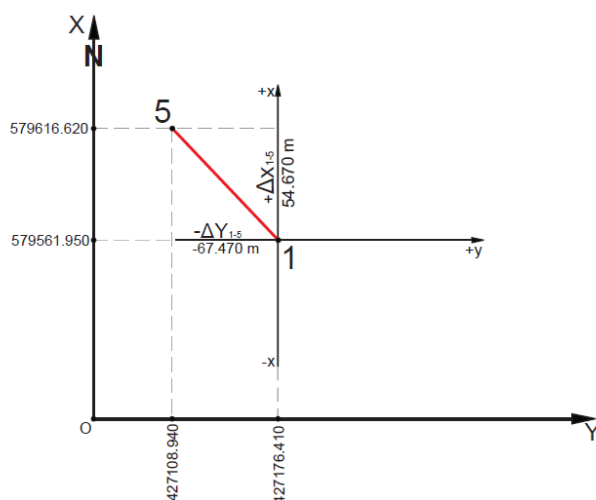
✓ **Determinarea coordonatelor relative având ca pol punctul 1 (ΔX_{1-2} , ΔY_{1-2})**

$$\begin{aligned}\Delta X_{1-5} &= X_5 - X_1 \\ &= 579616,62 - 579561,950 \\ &= 54.670 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_{1-5} &= Y_5 - Y_1 \\ &= 427108,94 - 427176,41 \\ &= - 67.470 \text{ m}\end{aligned}$$

✓ **Reprezentarea grafica**

$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{1-5} - \text{pozitiv} \\ \Delta Y_{1-5} - \text{negativ} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{cadrantul IV}$$



Aplicația 2

Cunoscând coordonatele rectangulare plane a punctelor caracteristice să se determine orientările direcțiilor în raport cu punctul 1.

Date cunoscute:

Nr. Pct.	Coordonate rectangulare	
	X [m]	Y [m]
1	579561.950	427176.410
2	579616.730	427255.070
3	579496.380	427252.290
4	579514.170	427110.420
5	579659.290	427092.030

Prelucrarea Datelor

a) *determinarea orientării θ_{1-2}*

$$\operatorname{tg} \theta_{1-2} = \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}}$$

✓ *Orientarea de calcul*

$$\begin{aligned}\theta^c &= \arctg \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}} \\ &= \arctg \frac{(427255,070 - 427176,410)}{(579616,730 - 579561,950)}\end{aligned}$$

$$= 61,2734$$

$$= 61^{\circ}27'34''$$

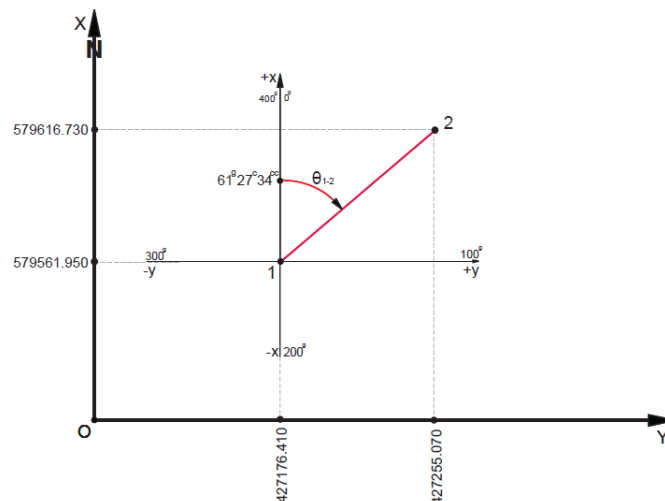
✓ *Stabilim cadrantul*

ΔY – pozitiv

ΔX – pozitiv $\Rightarrow$ cadran I

✓ *Calculăm Θ_{1-2}*

$$\begin{aligned}\Theta_{1-2} &= \theta^c \\ &= 61,2734 \\ &= 61^{\circ}27'34''\end{aligned}$$

✓ *Reprezentare grafică*b) *determinarea orientării Θ_{1-3}*

$$tg \theta_{1-3} = \frac{\Delta Y_{1-3}}{\Delta X_{1-3}}$$

✓ *Orientarea de calcul*

$$\begin{aligned}
 \theta^c &= \arctg \frac{\Delta Y_{1-3}}{\Delta X_{1-3}} \\
 &= \arctg \frac{(427252,290 - 427176,410)}{(579496,380 - 579561,950)} \\
 &= -54,6320 \\
 &= -54^{\circ}63'20''
 \end{aligned}$$

✓ *Stabilim cadrantul*

ΔY – pozitiv

ΔX – negativ $\Rightarrow$ cadran II

✓ *Calculăm θ_{1-3}*

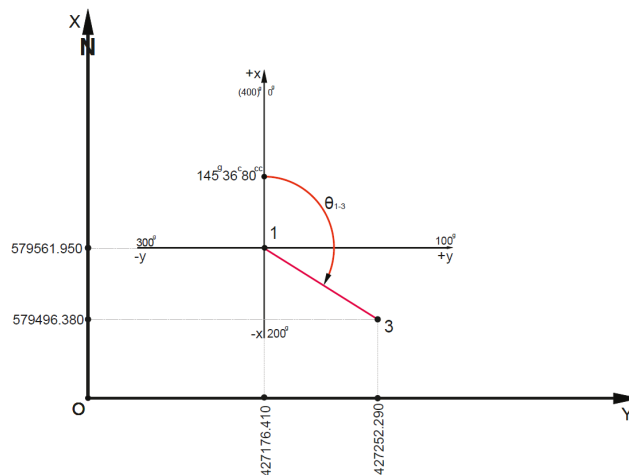
$$\theta_{1-3} = \theta^c + 200^g$$

$$= -54,6320 + 200$$

$$= 145,3680$$

$$= 145^{\circ}36'80''$$

✓ *Reprezentare grafică*



c) *determinarea orientării θ_{1-4}*

$$\operatorname{tg} \theta_{1-4} = \frac{\Delta Y_{1-4}}{\Delta X_{1-4}}$$

✓ *Orientarea de calcul*

$$\theta^c = \arctg \frac{\Delta Y_{1-4}}{\Delta X_{1-4}}$$

$$= \operatorname{arctg} \frac{(427110,420 - 427176,41)}{(579514,170 - 579561,950)}$$

$$= 60,1040$$

$$= 60^{\circ}10'40''$$

✓ *Stabilim cadrantul*

ΔY – negativ

ΔX – negativ $\Rightarrow$ cadran III

✓ *Calculăm θ_{1-4}*

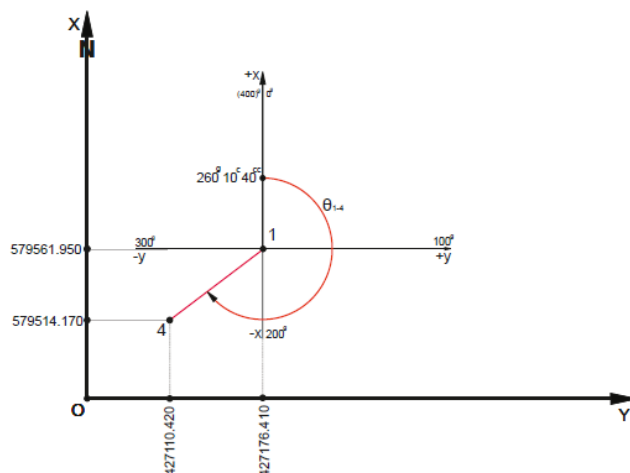
$$\theta_{1-4} = \theta^c + 200^g$$

$$= 60,1040 + 200$$

$$= 260,1040$$

$$= 260^{\circ}10'40''$$

✓ *Reprezentare grafică*



d) determinarea orientării θ_{1-5}

$$\operatorname{tg} \theta_{1-5} = \frac{\Delta Y_{1-5}}{\Delta X_{1-5}}$$

✓ *Orientarea de calcul*

$$\begin{aligned}
 \theta^c &= \arctg \frac{\Delta Y_{1-5}}{\Delta X_{1-5}} \\
 &= \arctg \frac{(427092,030 - 427176,410)}{(579659,290 - 579561,950)} \\
 &= -45,4674 \\
 &= -45^{\circ}46'74''
 \end{aligned}$$

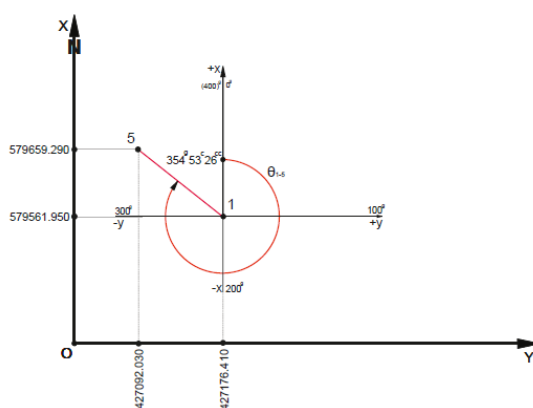
✓ *Stabilim cadrantul*

ΔY – negativ

ΔX – pozitiv $\Rightarrow$ cadran IV

✓ *Calculăm Θ_{1-5}*

$$\begin{aligned}
 \Theta_{1-5} &= \theta^c + 400^g \\
 &= -45,4674 + 400 \\
 &= 354,5326 \\
 &= 354^{\circ}53'26''
 \end{aligned}$$

✓ *Reprezentare grafică*

Aplicația 3

Cunoscând coordonatele rectangulare plane a doua puncte caracteristice 1 și 2 să se determine:

- ✓ coordonatele relative având ca pol punctul 1
- ✓ coordonatele polare
- ✓ sa se realizeze poziționarea punctelor în cele doua sisteme de coordonate
- ✓ sa se realizeze interpretarea rezultatelor

Date cunoscute:

Nr. Pct.	Coordonate rectangulare	
	X [m]	Y [m]
1	579561,950	427176,410
2	579556,430	427394,850

Prelucrarea Datelor

- ✓ **Determinarea coordonatelor relative având ca pol punctul 1 (ΔX_{1-2} , ΔY_{1-2})**

$$\begin{aligned}\Delta X_{1-2} &= X_2 - X_1 \\ &= 579556,430 - 579561,950 \\ &= -5,520 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_{1-2} &= Y_2 - Y_1 \\ &= 427394,850 - 427176,41 \\ &= 218,440 \text{ m}\end{aligned}$$

- ✓ **Coordonatele polare (D_{1-2}, Θ_{1-2})**
 - **determinarea distanței D_{1-2}**

$$D_{1-2} = \sqrt{\Delta X_{1-2}^2 + \Delta Y_{1-2}^2}$$

$$\begin{aligned}
 D_{1-2} &= \sqrt{(579556,430 - 579561,950)^2 + (427394,85 - 427176,41)^2} \\
 &= \sqrt{(-5,520)^2 + (218,440)^2} \\
 &= 218,510 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **determinarea orientării Θ_{1-2}**

$$\text{tg}\theta_{1-2} = \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}}$$

Orientarea de calcul

$$\begin{aligned}
 \theta^c &= \text{arctg} \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}} \\
 &= \text{arctg} \frac{(427394,850 - 427176,410)}{(579556,430 - 579561,950)}
 \end{aligned}$$

$$= -98.39159796$$

$$= -98^{\circ}39'16''$$

Stabilim cadrantul

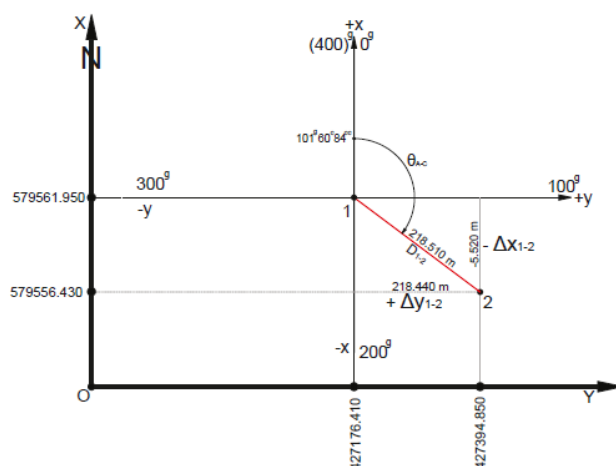
ΔY – *pozitiv*

ΔX – *negativ* $\Rightarrow$ **cadran II**

Calculăm Θ_{1-2}

$$\begin{aligned}
 \Theta_{1-2} &= \theta^c + 200^g \\
 &= -98,3916 + 200 \\
 &= 101,6084 \\
 &= 101^{\circ}60'84''
 \end{aligned}$$

✓ **poziționarea punctelor în cele doua sisteme de coordonate**



✓ Interpretarea rezultatelor

Punctul caracteristic 2 este poziționat în cadranul II în raport cu punctul 1, la o distanță de 218,510 m și un unghi de orientare de $101^g 60^c 84^{cc}$

Aplicația 4

Cunoscând coordonatele polare plane în raport cu polul 2 să se determine:

- ✓ coordonatele relative ale punctului 1 în raport cu polul 2
- ✓ coordonatele rectangulare plane ale punctului caracteristic 1
- ✓ sa se realizeze poziționarea punctelor în cele doua sisteme de coordonate
- ✓ sa se realizeze interpretarea rezultatelor

Date cunoscute:

Nr. Pct.	Coordonate polare		Coordonate rectangulare	
	D_{2-1} [m]	Θ_{2-1} [g.c.cc]	X [m]	Y [m]
1	345,760	327,6549	-	-
2	-	-	579556,430	427394,850

Prelucrarea Datelor

✓ **coordonatele relative ale punctului 1 în raport cu polul 2**

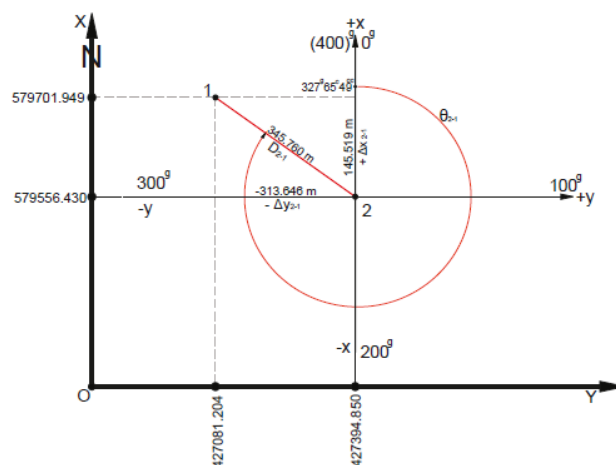
$$\begin{aligned}\Delta X_{2-1} &= D_{2-1} \cdot \cos \theta_{2-1} \\ &= 345,760 \cdot \cos(327.6594) \\ &= 145,519 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta Y_{2-1} &= D_{2-1} \cdot \sin \theta_{2-1} \\ &= 345,760 \cdot \sin(327.6594) \\ &= -313,646 \text{ m}\end{aligned}$$

✓ **coordonatele rectangulare plane ale punctului caracteristic 1**

$$\begin{aligned}X_1 &= X_2 + \Delta X_{2-1} \\ &= 579556,430 + 145,5194 \\ &= 579701,949 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_1 &= Y_2 + \Delta Y_{2-1} \\ &= 427394,850 - 313,646 \\ &= 427081,204 \text{ m}\end{aligned}$$

✓ **poziționarea punctelor în cele doua sisteme de coordonate**

✓ Interpretarea rezultatelor

În urma analizei datelor prelucrate s-a constatat ca ΔX_{2-1} este pozitivă iar ΔY_{2-1} este negativă rezultând ca punctul caracteristic 1 este poziționat în cadranul IV în raport cu punctul 2, la o distanță de 345,760 m și un unghi de orientare de $327^{\circ}65'49''$

Aplicatia 5

Cunoscând cota reperului de nivel RN să se determine:

- unghiul de înclinare a terenului de la reper la cele două puncte caracteristice
- distanța orizontală dintre reper și punctele 233, 234
- diferența de nivel dintre reper și punctele 233, 234
- cota absolută a punctelor 233, 234
- panta terenului între punctul de stație și cele două puncte
- se vor analiza și interpreta rezultatele
- se va întocmi schița conform rezultatelor obținute.

Date cunoscute:

Cota stației $H_{RN}=396,131$ m

Carnet de teren – obținut în urma măsurătorilor

Nr.statie Inaltime instrument	Punct vizat	Distanta inclinata [L]	Citiri la cercul vertical						hp
			Pozitia I V^I			Pozitia II V^{II}			
		m	g	c	cc	g	c	cc	m
RNi=1,46 m	233	152,87	83	90	25	316	11	00	1.50
	234	244,53	104	33	00	295	68	00	1.50

Prelucrarea Datelor

a) **RN-233**✓ **Determinarea unghiului de inclinație a terenului**

$$\Phi_{RN-233}^I = 100^g - V^I = 100^g - 83,9025 = 16,0975$$

$$\Phi_{RN-233}^{II} = V^{II} - 300^g = 316,1100 - 300^g = 16,1100$$

$$\varphi_{RN-233} = \frac{\varphi_{RN-233}^I + \varphi_{RN-233}^{II}}{2} = \frac{16,0975 + 16,1100}{2} = 16,1038$$

$$\varphi_{RN-233} = 16^g 10^c 38^{cc}$$

✓ **Determinarea distanței orizontale**

$$D_{RN-233} = L_{RN-233} \cdot \cos \varphi_{RN-233}$$

$$D_{RN-233} = 152,87 \cdot \cos(16,1038) = 148,005 \text{ m}$$

✓ **Determinarea diferenței de nivel ΔH_{AB}**

- În funcție de distanța și inclinația terenului

- Viza la înălțimea prisme

$$\Delta H_{RN-233} = D_{RN-233} \operatorname{tg} \varphi_{RN-233} + h_{ap} - h_p$$

$$\Delta H_{RN-233} = 148,005 * \operatorname{tg}(16,1038) + 1,46 - 1,50 = 38,218 \text{ m}$$

✓ **Determinarea cotelor**

$$H_{233} = H_{RN} + \Delta H_{RN-233}$$

$$H_{233} = 396,131 + 38,218 = 434,349 \text{ m}$$

✓ **Determinarea pantei**

$$P_{RN-233} = \operatorname{tg} \varphi_{RN-233}$$

$$P_{RN-233} = \operatorname{tg}(16,1038) = 0,258$$

$$P_{RN-233} \% = 100 * 0,2585 = 25,8 \%$$

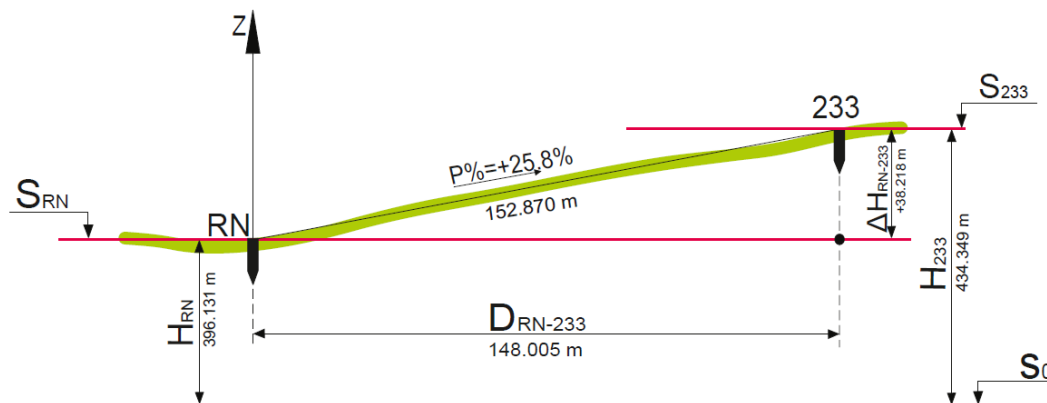
sau

$$P_{RN-233} = \Delta H_{RN-233} / D_{RN-233}$$

$$P_{RN-233} = 38,218 / 148,005 = 0,258$$

$$P_{RN-233} \% = 100 * 0,2585 = 25,8\%$$

✓ Reprezentare grafica



✓ Interpretarea rezultatelor

În urma analizei datelor prelucrate s-a constatat că ΔH_{RN-233} este pozitivă având valoarea de 38,218m, astfel terenul urcă de la reperul de nivel RN la punctul 233 având panta de 25,80% pe o distanță de 148,005m

b) RN-234

✓ Determinarea unghiului de inclinație a terenului

$$\Phi_{RN-234}^I = 100^g - V^I = 100^g - 104,3300 = -4,3300$$

$$\Phi_{RN-234}^{II} = V^{II} - 300^g = 295,6800 - 300^g = -4,3200$$

$$\varphi_{RN-234} = \frac{\varphi_{RN-234}^I + \varphi_{RN-234}^{II}}{2} = \frac{-4,3300 - 4,3200}{2} = -4,3250$$

$$\varphi_{RN-234} = -4^g 32^c 50^{cc}$$

✓ Determinarea distanței orizontale

$$D_{RN-234} = L_{RN-234} \cdot \cos \varphi_{RN-234}$$

$$D_{RN-234} = 244,53 \cdot \cos(-4,3250) = 243,966 \text{ m}$$

✓ **Determinarea diferenței de nivel ΔH_{AB}**

- **în funcție de distanța și înclinarea terenului**

○ Viza la înălțimea prisme

$$\Delta H_{RN-234} = D_{RN-233} \operatorname{tg} \varphi_{RN-233} + h_{ap} - h_p$$

$$\Delta H_{RN-234} = 243,966 * \operatorname{tg}(-4,3250) + 1,46 - 1,50 = -16,640 \text{ m}$$

✓ **Determinarea cotelor**

$$H_{234} = H_{RN} + \Delta H_{RN-234}$$

$$H_{234} = 396,131 + (-16,640) = 379,491 \text{ m}$$

✓ **Determinarea pantei**

$$P_{RN-234} = \operatorname{tg} \varphi_{RN-234}$$

$$P_{RN-234} = \operatorname{tg}(-4,3250) = -0.0680$$

$$P_{RN-234} \% = 100 * (-0,068) = -6,8 \%$$

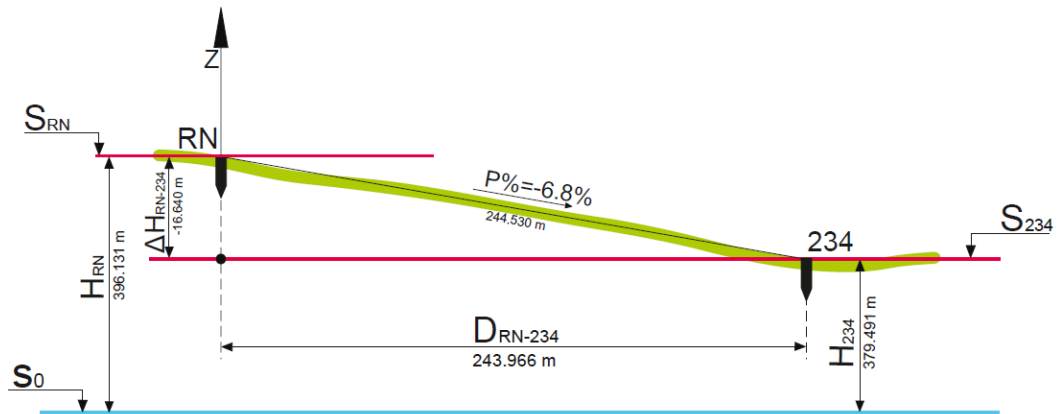
sau

$$P_{RN-234} = \Delta H_{RN-234} / D_{RN-234}$$

$$P_{RN-234} = -16,640 / 243,966 = -0.0680$$

$$P_{RN-234} \% = 100 * (-0,068) = -6,8 \%$$

✓ **Reprezentare grafică**



✓ Interpretarea rezultatelor

În urma analizei datelor prelucrate s-a constatat că ΔH_{RN-234} este negativă având valoarea de -16,640m, astfel terenul coboară de la reperul de nivel RN la punctul 234 având panta de 6,80% pe o distanță de 243,966m

3.5 Sisteme de coordonate utilizate în geodezia satelitară

Geodezia satelitară înglobează tehnicile de observare și de calcul care permit rezolvarea problemelor geodezice prin utilizarea măsurătorilor la, de la și dintre sateliții artificiali, în special cei din apropierea Pământului.

Dezvoltarea geodeziei satelitare poate fi împărțită în câteva faze de aproximativ un deceniu fiecare:

- Din 1958 până în jurul anului 1970 – dezvoltarea metodelor fundamentale pentru observațiile satelitare și pentru calculul și analiza orbitelor.
- Din 1970 până în jurul anului 1980 – faza proiectelor științifice.
- Din 1980 până în jurul anului 1990 – faza utilizării operaționale a tehnicilor satelitare în geodezie, geodinamică și topografie.

Desigur că cel mai cunoscut sistem de sateliți este cel american denumit NAVSTAR GPS. Întrucât și alte state au anunțat dezvoltarea unor sisteme de satelit pentru a fi utilizate în

poziționare, termenul generic folosit pentru aceste sisteme este GNSS – Global Navigation Satelit System.

Adoptarea unor sisteme de referință potrivite și bine definite sunt esențiale pentru descrierea mișcării sateliților, modelarea observațiilor și reprezentarea și interpretarea rezultatelor. Sistemele de coordonate de referință în geodezia satelitară sunt prin natura lor globale și geocentrice, deoarece mișcarea satelitară se referă la centrul masei Pământului. Măsurătorile terestre au prin natura lor un caracter local și sunt descrise de obicei într-un sistem de referință local. Relația dintre toate sistemele folosite trebuie să fie cunoscută cu o acuratețe suficientă.

În geodezia satelitară sunt necesare două sisteme fundamentale:

un sistem de referință convențional inerțial (conventional inertial reference system CIS *space-fixed*) pentru descrierea mișcării satelitului,

un sistem de referință convențional terestru (conventional terrestrial reference system CTS *Earth-fixed*) pentru pozițiile stațiilor de observare și pentru descrierea rezultatelor provenind de la geodezia prin satelit.

Sisteme de referință convenționale inerțiale

Sistemele inerțiale Space-fixed sunt de obicei raportate la obiecte extraterestre precum stelele, quasarii (surse radio extragalactice), planetele sau Luna. De aceea sunt numite și sisteme de referință cerești (CRS).

Pentru a defini un sistem de coordonate fix în spațiu trebuie acceptate câteva convenții:

- poziția axei Pământului la 1 ianuarie 2000 este axa Z a sistemului de coordonate;
- axa X se află într-un plan perpendicular pe axa Z – planul ecuatorial – și este orientată spre punctul vernal convențional (punctul vernal convențional fiind pe direcția liniei de intersecție dintre planul ecuatorial cu planul eclipticii la 1 ianuarie 2000).

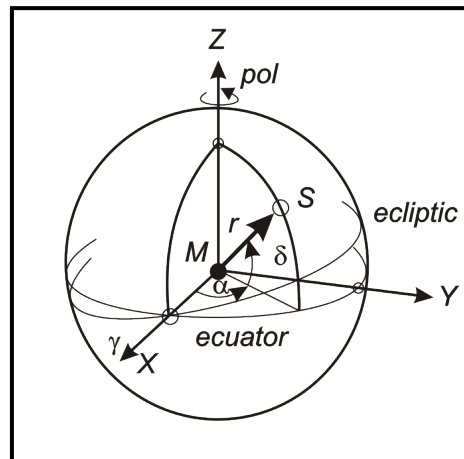


Figura. 3.25. Sistemul ecuatorial în astronomie

Se presupune că originea sistemului coincide cu geocentrul M. Axa pozitivă Z este orientată spre Polul Nord corespunzător epocii. Odată ce centrul de masă al Pământului suferă mici accelerări datorită mișcării anuale în jurul Soarelui se folosește și termenul de sistem cvasi-inerțial. Axa Z a sistemului de coordonate ecuatorial astronomic se prezintă ca o axă care nu este fixă în spațiu și este afectată de o mișcare compusă dintr-o componentă seculară medie denumită precesie și o componentă periodică denumită nutație.

Sisteme de referință convenționale terestre

Pentru definirea unui sistem de coordonate carteziane tridimensionale care să fie legat de corpul Pământ, se poate prelua originea coordonatelor și axa Z din sistemul de coordonate astronomic momentan fără modificări. Pentru definitivarea sistemului mai trebuie să dispunem de planul XZ. Pentru aceasta este ales un punct de pe suprafața Pământului. Acest punct (observatorul astronomic Greenwich) și axa Z deja amintită, definesc planul XZ. Planul care trece prin geocentru și este perpendicular pe axa Z reprezintă planul XOY. Prin aceasta s-a definit sistemul de coordonate cartezian global terestru. Acest sistem este situat cu originea în geocentru și se rotește odată cu Pământul. Variația permanentă a axei Pământului în spațiu (precesia și nutația) nu influențează acest sistem de coordonate. Însă sistemul de coordonate nu este fix în interiorul Pământului.

Convenția clasică pentru orientarea axelor s-a bazat pe observații astronomice și a fost dezvoltată și menținută din 1895 de Serviciul Internațional de Latitudine (ILS), și din 1962 de Serviciul Internațional de Mișcare Polară (IPMS). Ea este stabilită astfel:

axa Z este definită ca orientarea medie a axei polare în perioada 1900-1905 - *Polul terestru convențional* (CTP) denumit și *Originea convențională internațională* (CIO),

o longitudine zero pe ecuator - *Greenwich Mean Observatory* (GMO), ca și direcția axei X.

În 1988, responsabilitatea pentru stabilirea și menținerea cadrelor și sistemelor de referință terestre și celestiale a trecut asupra Serviciului Internațional de Rotație a Pământului (IERS). Sistemul de referință terestru convențional stabilit și menținut de IERS și folosit aproape exclusiv în scopuri actuale științifice și practice este Sistemul de referință terestru internațional (ITRS). Realizarea lui este Cadrul de referință terestru internațional (ITRF).

ITRS este definit după cum urmează:

- este geocentric, centrul de masă fiind definit pentru întregul Pământ, inclusiv oceanele și atmosfera,
- unitatea de lungime este metrul SI; scara este în context cu teoria relativă a gravitației,
- orientarea axelor este dată de orientarea inițială BIH la epoca 1984,0.

Realizarea ITRS, este Cadrul de referință terestru internațional (International Terrestrial Reference Frame ITRF), obținut prin diferite tehnici de observare geodezică spațială.

Aproape în fiecare an este realizat un nou ITRF pe baza noilor observații cu tehnici spațiale geodezice. Rezultatul este publicat sub denumirea de ITRFxx, unde xx înseamnă ultimele cifre ale anului ale cărui date au fost folosite la formarea cadrului. Soluția cea mai recentă este ITRF2000.

Realizările regionale ale ITRS sunt de exemplu ETRS89 pentru Europa și SIRGAS pentru America de Sud. O realizare particulară a unui sistem de referință terestru este Sistemul Geodezic Mondial 1984 (WGS 84).

3.5.1 Noțiunea de dată geodezică

În zilele noastre, Geodezia evoluează iar câmpul preocupărilor ei s-a extins semnificativ. Alături de studiul formei geometrice se studiază totodată și determinarea câmpului gravitațional care influențează în mod semnificativ măsurătorile geodezice. Determinarea formei Pământului mai înseamnă și un progres în ceea ce privește studiile de geoid în determinarea directă a suprafeței terestre. Suprafața Pământului este foarte neregulată - cel mai înalt punct are 10 km de la nivelul mării, iar cel mai jos are 11 km sub nivelul mării.

În scop cartografic este nevoie de un model de referință care să furnizeze metodele de înregistrare al iregularităților suprafeței terestre.

Un astfel de model trebuie să fie:

- simplu, pentru a fi ușor de utilizat;
- să includă un sistem de coordonate care să permită o identificare unică (clară, corectă) a elementelor ce trebuie reprezentate;
- să fie ușor de corelat cu lumea fizică astfel încât utilizarea să fie una intuitivă (ușor de descifrat).

Modelul de referință, ce conține „curba Pământului”, este cunoscut sub denumirea de dată geodezică, sau în alte cuvinte, drept o bază de date care definește mărimea și forma pământului, dar totodata și originea și orientarea sistemului de coordonate utilizat pentru cartografierea suprafeței terestre.

Principalele caracteristici ale Datelor Geodezice sunt următoarele:

- sunt o reprezentare matematică simplificată a formei și mărimii pământului,
- este vitală pentru toate activitățile care folosesc date spațiale. Sferoidul oferă o suprafață matematică simplă pentru măsurători sau pentru calcule de navigație pe suprafețe terestre mari și oferă totodată o suprafață de referință pentru cartografiere și pentru GIS,
- suprafața sferoidă este poziționată într-o poziție care oferă o imagine aproximativă a suprafeței oceanice a pământului. O încadrare exactă nu este posibilă deoarece există anomalii în sistemul gravitațional al Pământului. Aceste anomalii sunt cauzate de variația densității și distribuția maselor în interiorul pământului. Drept urmare apar și iregularități la nivelul suprafeței marine. Acest lucru face ca nivelul mărilor să devină o alegere incomodă în considerarea unor suprafețe de referință orizontale pentru cartare,
- nivelul mării este utilizat pe scară largă ca suprafață de referință pentru măsurători superioare. Pe o hartă de obicei va fi afișată înălțimea de la nivelul mării. În plus, poziția dată ca o funcție sferică.

Procesul prin care este formată o dată geodezică cu scopul de a avea o mai bună aproximare a suprafeței fizice a pământului este considerată definirea datei.

Definirea datelor geometrice presupune un proces mult mai complex, ce necesită măsurători pentru întreaga suprafață a pământului.

La baza acestor măsurători sunt furnizate coordonatele unor locații participante la definirea datei geodezice. Totalitatea acestor locații (denumite de referință) compun o rețea numită „Rețea Terestră de Referință”. Această rețea este utilizată în realizarea sistemului de referință dar și pentru a furniza coordonate utilizatorilor și astfel, fiind posibilă astfel determinarea altor puncte pe suprafața terestră.

O dată geodezică este așa cum se poate observa un concept matematic , ceea ce înseamnă ca poate fi definită și identificată cu date ce pot acoperi orice suprafață. Situația ideală este când pentru o țară sau pentru o regiune să se definească o singură dată geodezică astfel încât măsurătorile și informațiile specifice să poată fi reduse într-un singur sistem de coordonate. De nenumărate ori, în practică este nevoie să se stabilească, din varii motive, militare sau tehnice, una sau două date, de exemplu: o singură dată pentru hărțile existente și o dată geocentrică pentru navigarea satelit .

Este foarte important să se înțeleagă faptul că valoarea coordonatelor unui punct depind de modul de utilizare al datelor. Latitudinea, longitudinea și altitudinea unui punct definite prin data geodezică 1 diferă de latitudinea, longitudinea și altitudinea definită prin data geodezică 2 din mai multe motive:

- formele elipsoidului diferă,
- poziția spațială a centrului celor doi elipsoizi diferă,
- axele sistemului de coordonate nu sunt paralele sau există posibilitatea ca între cele două date geodezice să intervină factorul de scală .

Este foarte important pentru toți cei implicați în domeniul geodeziei să știe foarte bine datum sau date care le folosesc. O combinație incorectă a coordonatelor obținută din diferite datum-uri va conduce la obținerea unor valori eronate , iar asta poate de asemenea să conducă la obținerea de rezultate catastrofale.

Setul parametrilor care descriu relația dintre un anumit sistem de referință local și un sistem de referință geodezic global se numește dată geodezică sau datum geodezic.

O dată geodezică este definită de un set de cel puțin 5 parametri:

- - a - axa principală a elipsoidului de referință,
- - f - turtirea , și

- $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ - coordonatele originii elipsoidului față de geocentru.

Pentru $\Delta X = \Delta Y = \Delta Z = 0$, data geodezică se numește dată absolută sau datum geocentric.

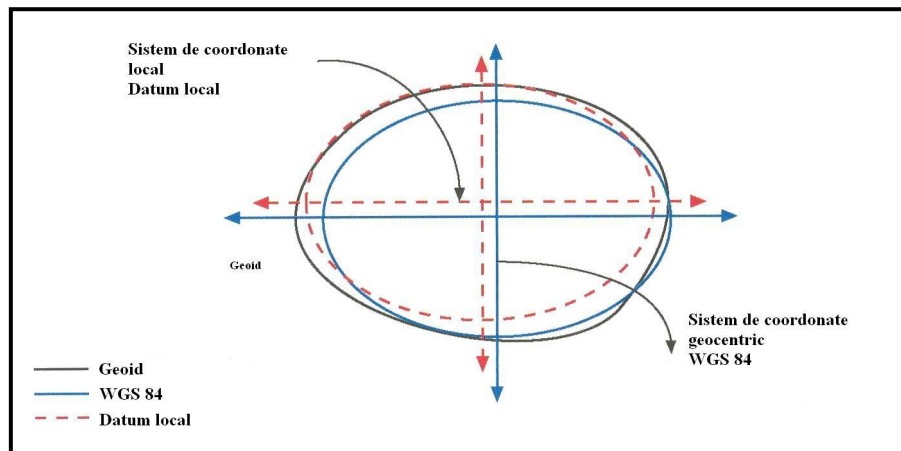


Figura.3.26. Datum geodezic

Noțiunea de dată geodezică (datum) se referă la o suprafață de referință definită de un elipsoid și poziția relativă a acestui elipsoid față de centrul Pământului. În timp ce elipsoidul aproximează forma Pământului „datum-ul” definește poziția relativă a elipsoidului față de centrul Pământului.

Un datum situat în centrul de greutate al Pământului va folosi centrul de greutate al Pământului ca și origine a sistemului său.

Cel mai folosit datum este WGS84. El servește pentru măsurători satelitare pe tot globul.

Un datum local urmărește să reproducă cât mai fidel suprafața globului pe o suprafață particulară. Un punct de pe suprafața elipsoidului este aliniat identic cu un punct cunoscut de pe suprafața terestră. Acest punct este cunoscut ca și originea datumului. Coordonatele punctului de origine sunt fixe, iar toate celelalte puncte sunt calculate de la aceste coordonate.

Originea sistemului unui datum local nu se află în centrul de greutate al Pământului, el fiind deplasat față de acesta cu o anumită cantitate.

Pentru un număr mare de sisteme de referință locale, așa numitele datum shift constants (constante de deplasare a datelor) sau datum shift parameters (parametrii de deplasare a datelor), ΔX , ΔY , ΔZ pot fi derivate de la observațiile de satelit. Oricum, ele reprezintă numai poziția medie a sistemului local special față de sistemul geocentric. Practic, stabilirea unei date geodezice locale nu îndeplinește întotdeauna obiectivul axelor paralele la CTS. Acesta este cazul multor date naționale existente. Din acest motiv, trecerea de la un sistem de coordonate elipsoidal de referință la un altul include și rotații. De obicei, astfel de transformări de date sunt stabilite între sisteme carteziane.

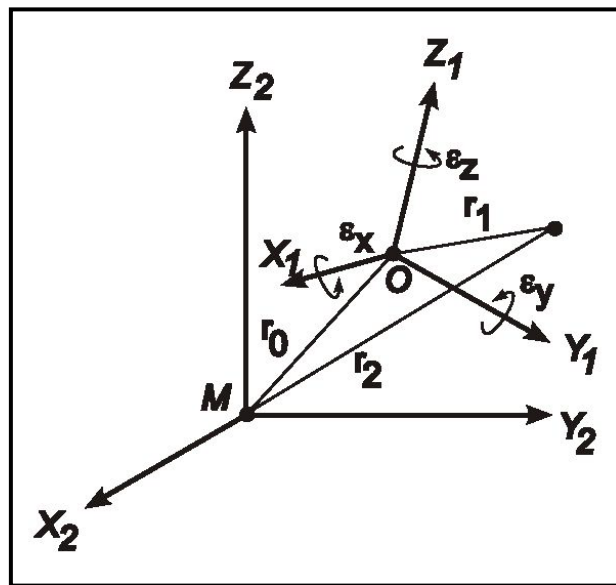


Figura 3.27 Transformări de dată geodezică între două sisteme carteziane

O ecuație completă de transformare a datelor dintre 2 sisteme carteziane cere 7 parametri:

- 3 translații ΔX , ΔY , ΔZ
- 3 rotații ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z și
- 1 factor de scară s .

Pentru zone limitate pot fi suficienți și numai trei parametri de translație regionali sau locali.

Sistemul geodezic mondial 1984 (WGS 84)

Începând cu anul 1960, Departamentul Apărării U.S. (DoD) a dezvoltat WGS (World Geodetic System) pentru a defini și stabili un sistem de referință terestru geocentric. WGS 60

a fost urmat de WGS 66, apoi de WGS 72 și în cele din urmă de WGS 84. Fiecare realizare a sistemului de referință s-au folosit date mai multe, tehnici de calcul mai bune și s-a îmbunătățit acuratețea de determinare.

WGS 72 și WGS 84 au fost folosite pentru a calcula efemeridele transmise de la sateliții Transit Doppler și GPS . Acesta este principalul motiv pentru larga acceptare a WGS 84 ca sistem de coordonate de referință fundamental.

Principalii parametri ai WGS 72 și ai versiunii ulterioare WGS 84 sunt dați în tabelul următor.

Tabelul 3.2 Principalii parametri WGS 72 și WGS 84

Parametrul	Numele	WGS 72	WGS 84
axa semi-majoră	a	6378135 m	6378137 m
turtirea	f	1/298,26	1/298,257223563
viteza unghiulară	ω	$7,292115147 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$	$7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$
Constanta gravitațională geocentrică	GM	$398600,8 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$	$398600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$

WGS 84 este un Sistem de Referință Terestru Convențional (CTRS), este numele unui cadru de referință geocentric global și a fost definit ca un sistem de referință pentru stabilirea și menținerea sistemului GPS.

Definirea acestui sistem urmează următoarele criterii schițate de IERS:

- este geocentric, centrul de masă fiind definit pentru întreg Pământul incluzând oceanele și atmosfera;
- orientarea a fost inițial dată de către Biroul Internațional al Orei (Bureau International de l'Heure - BIH) la epoca 1984.0:

- axa Z are direcția Polului de Referință IERS (IERS Reference Pole - IRP). Această direcție corespunde cu direcția Polului Convențional Terestru (CTP) al BIH la epoca 1984.0 cu o aproximație de 0,005".
- axa X este dată de intersecția Meridianului de Referință IERS (IERS Reference Meridian - IRM) cu planul care trece prin origine și este normal pe axa Z. Acest meridian coincide cu Meridianul Zero BIH (epoca 1984.0) cu o aproximație de 0,005".
- axa Y completează în dreapta acest triplet ortogonal.

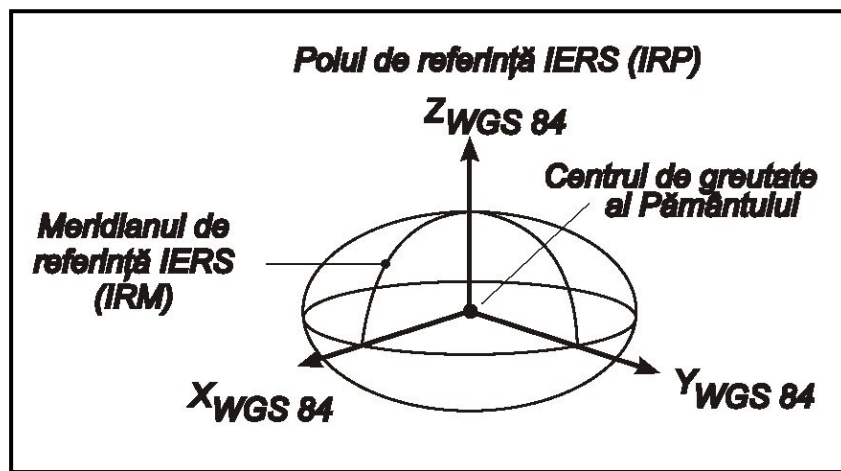


Figura 3.28. Sistemul geodezic mondial WGS-84

Pozițiile absolute, obținute de la măsurătorile pseudo-distanțelor GPS, sunt exprimate în coordonate carteziene X, Y, Z și se pot ușor transforma în coordonate elipsoidale (latitudinea și longitudinea geodezică și respectiv altitudinea elipsoidală definite pe elipsoidul geocentric WGS-84) cu relațiile cunoscute.

Sistemul de Referință Spațial European – European Terrestrial Reference System

Primul sistemul de referință european a fost definit în 1950 când ED50 a fost calculat pe elipsoidul internațional (Hayford) al cărui origine este deplasată de geocentru cu aproximativ 100 de metri în X, Y și Z. ED50 a fost îmbunătățit la sfârșitul următoarelor 4 decenii cu o soluție finală reprezentată de sistemul ED87. Aceasta a fost calculată în 1989 pe același elipsoid ca și ED50 și cu o precizie de 2 metri.

La simpozionul EUREF care s-a ținut la Florența (1990) a fost adoptată următoarea rezoluție:

- sub-comisia IAG (International Association of Geodesy) pentru sistemul de referință european recomandă ca sistemul de referință care urmează să fie adoptat să coincidă cu ITRS în perioada 1989, să fie fixat pe partea stabilă a zonei euro-asiatice și să fie cunoscut ca sistemul terestru de referință europeană 1989 (ETRS 89 – European Terrestrial Reference System 89).

Adoptarea sistemului ETRF89 a dus la o schimbare a elipsoidului și originii rezultând o modificare a coordonatelor ED87 cu până la 200 de metri.

Noul sistem european a fost realizat să îndeplinească următoarele cerințe:

- să reprezinte un sistem de referință geodezic pentru orice proiect geodezic sau geodinamic pe placa continentală europeană;
- să fie un sistem de referință precis, foarte apropiat de WGS 84, pentru toate tipurile de navigație din Europa;
- să fie o referință modernă pe întreg continentul pentru bazele de date digital-cartografice multi-naționale.

Ca o consecință a acestei definiții, ETRS89 se rotește cu partea stabilă a Europei și sunt păstrate relațiile dintre stațiile de urmărire europene.

Pe de altă parte nevoile economiei și lucrările tehnico-inginerești au cerut urgent unificarea și uniformizarea sistemului de altitudini al întregii Europe. În această situație, o subcomisie EUREF a decis în anul 1995 executarea proiectului european pentru fondarea Rețelei Verticale Unificate Europeană (European Unified Vertical Network – EUVN).

Aproape 50% dintre țările europene folosesc cotele normale, 35% cotele ortometrice și aproape 15% cotele normale și ortometrice.

Împreună cu unificarea rețelilor de referință, CERCO a cerut urgent realizarea unui Sistem European al înălțimilor (European Height System) pentru unificarea Bazelor de Date Cartografice Digitale (Digital Cartographic Data Bases). Noul sistem este bazat pe înălțimile normale și va fi referit la nivelul zero Amsterdam, începând cu anul 1994, această sarcină a fost rezolvată în cadrul unei subcomisii EUREF.

În Europa există acum două rețele de nivelment continentale care definesc două sisteme de altitudini – Amsterdam și Marea Baltică:

- prima rețea continentală este *UELN* (Rețeaua Unificată Europeană de Nivelment). În anul 1998 UELN cuprindea mai mult de 3000 puncte nodale,

- a doua rețea este Rețeaua Unificată de Nivelment de Precizie (*United Precise Levelling Network – UPLN*) care acoperă partea europeană a fostei Uniuni Sovietice și teritoriile a câtorva țări europene ale trecutului bloc sovietic.

UPLN constă în liniile de nivelment de ordinul I care traversează Bulgaria, Republica Cehă, Germania de Est, Polonia, Slovacia, Ungaria, Belarus, Estonia, Letonia, Lituania, Ucraina, Moldova, România, Rusia și Georgia. UPLN cuprinde 350 de puncte nodale, compensarea a fost făcută pe diferențe de cote normale iar nivelul de referință a fost Kronstadt (Rusia).

EUVN conectează trei rețele europene: două rețele de nivelment (UELN și UPLN) și rețeaua EUREF. Faza inițială a proiectului, numit EUVN97, a fost executată în 1997/1998 prin asocierea tuturor țărilor europene care participă la EUREF.

O consecință importantă a definirii și realizării sistemului de referință european ETRS 89 este adoptarea acestuia de către Eurocontrol (controlul european) și procesul continuu de adopție de către mai multe servicii geodezice naționale. Și să nu uităm recomandare făcută de comisia europeană:

- să se adopte ETRS89 ca dată geodezică pentru informațiile georeferențiate și să se promoveze folosirea sistemului ETRS89 în cadrul statelor membre.

Datumul geocentric este o temă comună în comunitatea geodezică internațională, cartografică și GIS. Introducerea unui nou datum geocentric are un impact major asupra comunităților responsabile cu realizarea hărților și presupune pregătirea unei strategii speciale. Introducerea unui nou datum geodezic poate fi văzută, în cel mai larg sens, ca fiind alcătuită din următoarele etape:

1. Justificarea recalculării rețelei geodezice și adoptării unui nou datum;
2. Adoptarea procedurilor pentru definirea noului datum și recompensarea ulterioară a rețelei geodezice;
3. Identificarea problemelor asociate cu impactul noului set de coordonate în interiorul comunității cartografice și GIS;

4. Dezvoltarea algoritmilor și procedurilor de transformare a coordonatelor și datelor cartografice de la datum-ul existent la cel nou.

Realizarea practică a unui nou datum geodezic geocentric care să satisfacă cerințele actuale de consecvență și acuratețe presupune următoarele etape:

1. Realizarea Rețelei de Referință, formată din stații geodezice GPS permanente.
2. Realizarea Rețelei Geodezice Naționale, formată din puncte geodezice, repartizate uniform pe teritoriul țării, în care se execută, de asemenea, observații GPS.
3. Legarea Rețelei de Referință și a Rețelei Geodezice Naționale la Rețeaua Internațională Terestră de Referință (ITRF) printr-un set de coordonate geodezice globale obținute la o anumită epocă și care sunt calculate și actualizate de către Serviciul Internațional de Rotație al Pământului (International Earth Rotation Service – IERS).
4. Executarea unei recompensări naționale a rețelei geodezice care va fi constrânsă pe coordonatele Rețelei de Referință și Rețelei Naționale. Rezultatul acestei compensări finale va forma baza noului datum adoptat.

Strategiile recomandate pentru adoptarea unui nou datum geodezic sunt următoarele:

- introducerea noului datum în conținutul hărților pe suport de hârtie când acestea sunt retipărite în timpul unui ciclu normal de actualizare;
- transformarea coordonatelor stațiilor rețelei de referință și a rețelei geodezice naționale de puncte comune la noul datum printr-o recompensare riguroasă;
- stabilirea unui standard unic și riguros a procesului de transformare pentru transferarea datelor compilate în noul datum.

CAPITOLUL IV

REPREZENTAREA GRAFICĂ

4.1 NOTIUNI GENERALE

Unul din obiectivele principale a activităților din domeniul Măsurătorilor terestre îl constituie reprezentarea grafică a suprafeței terestre, rezultând astfel hărțile și planurile acesteia.

Harta - este o reprezentare grafică convențională în care este reprezentată întreaga suprafață a Pământului sau numai porțiuni din ea, ținând seama de curbura Pământului. Harta redă o vedere de ansamblu a suprafeței respective de teren, cu relativ puține detalii. Hărțile se redactează la scări mai mici de 1:20 000 și se numesc hărți topografice până la scara 1: 200 000, iar cele la scări mai mici se numesc hărți.

Planul topografic - este o reprezentare grafică convențională a unor porțiuni restrânse ale suprafeței topografice și reprezintă imaginea micșorată și asemenea a proiecției orizontale a detaliilor de pe teren. La întocmirea planurilor nu se ține cont de curbura Pământului. Gradul de generalizare a unui plan topografic este mult mai redus decât la o hartă, și în consecință conține foarte multe detalii. Planurile topografice se redactează la scări mari, între 1: 5 000 și 1:10 000. Planul topografic special (Plan de situație) este întocmit pentru anumite scopuri economice iar scara acestuia poate varia de la 1:100 până la 1:2.000, conținutul lui fiind foarte variat.

Reprezentarea grafică a unei suprafețe terestre se obține prin raportarea punctelor caracteristice ale acesteia prin intermediul coordonatelor și anume:

- coordonatele planimetrice (X,Y) ale punctelor caracteristice obținute după prelucrarea măsurătorilor rezultând astfel poziția în plan orizontal a acestora;
- coordonata altimetrică (H) a punctelor caracteristice obținută după prelucrarea datelor de nivelment, rezultând astfel poziția în plan vertical a acestora.

Coordonatele punctelor caracteristice sunt centralizate în INVENTARUL DE COORDONATE care mai conține denumirea punctului și codul atribuit fiecărui punct la culegerea datelor din teren.

✓ **Inventar de coordonate**

Point ID	X[m]	Y[m]	H[m]	Cod
2	584646.596	376332.220	407.616	ST
120	584517.225	376208.603	408.209	LM
121	584516.534	376207.916	408.034	ACC
122	584512.910	376205.257	408.061	ACC
123	584509.317	376202.545	408.131	ACC
124	584508.488	376201.911	408.161	ACC
125	584499.385	376195.096	408.321	LM
126	584501.196	376193.805	408.170	LM
127	584506.200	376187.686	408.310	CS
128	584505.761	376187.205	408.244	C

✓ ***Elementele de conținut a unui plan topografic***

- Scara de reprezentare
- Punctele caracteristice de detaliu care definesc suprafața de reprezentat unite conform schiței realizate în teren sau conform codurilor atribuite acestora în etapa de culegere a datelor din teren.
- Semnele convenționale - simbolurile
- Caroiul rectangular
- Direcția nordului
- Legenda
- Indicatorul
- Proiecția cartografică și sistemul de cote
- Racordarea planșelor

4.2 Etapele realizării unui plan topografic sunt:

Realizarea planului topografic se poate efectua în mod analogic sau în mod digital

4.2.1 Analogic

1. Alegerea formatului foii de desen pentru reprezentare – în funcție de cerințele impuse se va alege unul din formatele standardizate (A4, A3, A2, A1, A0 etc..)

Exemplu:	Format	A3
	Dimensiuni	297x420 mm

2. Scara planului

Planurile și hărțile topografice sunt influențate în mod direct de scara la care sunt întocmite acestea.

Scarile de reprezentare pentru planurile topografice sunt standardizate astfel avem următoarele scari: 1:500, 1:1000, 1:12000, 1:5000, 1:10.000, 1:20.000.

Pentru întocmirea planurilor topografice se poate utiliza atât scara numerică cât și scara grafică.

Scara numerică reprezintă raportul constant dintre distanța "d" de pe plan sau hartă și corespondența acesteia (omoloaga) "D" din teren. Valorile celor două mărimi omoloage "d" și "D" vor fi exprimate în aceeași unitate de măsură.

Scara numerică se exprimă sub formă de raport ($\frac{1}{N}$ sau **1: N**), având numărătorul egal cu unitatea iar numitorul "N", un număr întreg. Numitorul ne indică de câte ori un element din teren este mărit sau micșorat pe plan.

Relația scării numerice

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{N}$$

Unde : D – distanța reală din teren
 d- distanța grafică corespunzătoare distanței reale D
 N- numitorul scări

Relații între elementele scării – în funcție de elementele cunoscute putem să determinăm elementele din relația scării astfel:

Determinarea distantei grafice în funcție de distanța din teren aferentă și numitorul scării

$$\Rightarrow d = D/N; \quad [mm]$$

Determinarea distantei din teren în funcție de distanța grafică aferentă și numitorul scării

$$\Rightarrow D = d \cdot N; \quad [m]$$

Determinarea numitorului scării în funcție de distanța grafică și distanța din teren aferentă

$$\Rightarrow N = D/d$$

Observație

Dacă scara planului este impusă prin proiect, funcție de aceasta și de mărimea suprafeței ridicate, se alege formatul standard pe care se va întocmi planul topografic

Stabilirea scării de reprezentare în funcție de formatul foii

Determinarea scării la care se întocmește planul topografic dacă cunoaștem formatul planșei presupune parcurgerea următorilor pași:

- cunoscând formatul foii de reprezentat dimensiunile acestuia vor reprezenta marimile grafice „d” din relația scării

Exemplu pentru formatul foii A3: 297 x 420 mm

- mărimea grafică pe direcția X $d_x = 297\text{mm} = 0,297 \text{ m}$
- mărimea grafică pe direcția Y $d_y = 420\text{mm} = 0,420 \text{ m}$

Se stabilesc distanțele reale din teren cele mai mari care trebuie reprezentate. Acestea se stabilesc în funcție de valorile coordonatelor rectangulare X și Y, ca diferențe dintre valorile maxime și minime pe cele două coordonate X și Y.

- din inventarul de coordonate se stabilesc valorile minime și maxime pentru coordonatele X și Y astfel obținem $X_{\min}$, $X_{\max}$ respectiv $Y_{\min}$, $Y_{\max}$

- calculăm distanțele maxime de reprezentat pe cele două direcții

– distanța reală pe direcția X: $D_x = X_{\max} - X_{\min}$

- distanța reala pe direcția Y: $D_Y = Y_{\max} - Y_{\min}$

• **Determinăm numitorul scării utilizând relația scării**

– Determinăm numitorul scării pe direcția X:

$$\Rightarrow \frac{1}{N_x} = \frac{d_x}{D_x} \Rightarrow N_x = D_x/d_x$$

– Determinăm numitorul scării pe direcția Y:

$$\Rightarrow \frac{1}{N_y} = \frac{d_y}{D_y} \Rightarrow N_y = D_y/d_y$$

Deoarece reprezentarea pe cele două direcții trebuie să se realizeze la aceeași scară se alege în șirul de valori a scărilor standardizate scara standard imediat mai mică decât cea mai mică dintre scăările calculate pentru cele două direcții.

Aplicație

Sa se stabilească scara pentru reprezentarea grafică a punctelor caracteristice din inventarul de coordonate pe o foie de format A3.

- **formatul foii A3: 297 x 420 mm**
 - **marimea grafica pe directia X** $d_x = 297\text{mm} = 0,297 \text{ m}$
 - **marimea grafica pe directia Y** $d_y = 420\text{mm} = 0,420 \text{ m}$

- **din inventarul de coordonate prezentat mai sus se stabilesc valorile minime si maxime pentru coordonatele X si Y astfel obtinem**

$$X_{\min} = 584499,385 \text{ m}$$

$$X_{\max} = 584646,596 \text{ m}$$

$$Y_{\min} = 376187,205 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 376332,220 \text{ m}$$

- calculăm distanțele maxime de reprezentat pe cele două direcții

$$D_x = X_{\max} - X_{\min} = 584646.596 - 584499.385 = 147,211\text{m}$$

$$D_y = Y_{\max} - Y_{\min} = 376332.220 - 376187.205 = 145,015\text{m}$$

• **Determinăm numitorul scarii utilizând relația scarii**

$$N_X = D_X/d_X = 147,211/0,297 = 495,6599327$$

$$N_Y = D_Y/d_Y = 145,015/0,420 = 345,2738095$$

$\Rightarrow 1/N_X = 1/495,6599$; - se alege din valorile standard $1/N_X = 1/500$

$\Rightarrow 1/N_Y = 1/345,2738$, - se alege din valorile standard $1/N_Y = 1/500$

$\Rightarrow$ scara de reprezentare a planului topografic va fi 1:500.

Caroiajul

Caroiajul rectangular se obtine prin trasarea de linii paralele și echidistante la axele sistemului de coordonate X si Y. Distanța dintre liniile caroiajului poartă denumirea de latura caroiajului geometric și are valoarea de 10 cm la scara planului.

Intersecțiile laturilor caroiajului de pe cele două direcții formează nodurile acestuia. Acestea sunt puncte de coordonate cunoscute.

✓ **Desenare caroiaj**

Se aleg valorile nodului de sud-Vest a caroiajului O (X_O, Y_O) – în vederea reprezentării tuturor punctelor caracteristice din inventarul de coordonate

$$X_O < X_{\min} \text{ - valoare rotundă}$$

$$Y_O < Y_{\min} \text{ - valoare rotundă}$$

Unde: $X_{\min}, Y_{\min}$ - valorile minime a coordonatelor din inventarul de coordonate

Se trasează laturile grafice ale caroiajului din 10 în 10 cm paralele cu axele sistemului de coordonate

Se calculează valoarea reală D aferentă valorii grafice a laturii caroiajului

$$d = 10 \text{ cm; } N\text{- scara planului}$$

$$D = 0,10 \cdot N ; \quad [\text{m}]$$

Se calculează valorile aferente laturilor caroiajului pentru cele două axe

pentru axa X: $X_O, X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

pentru axa Y: $Y_O, Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$

unde: $X_1 = X_0 + D$ $Y_1 = Y_0 + D$

$X_2 = X_1 + D$ $Y_2 = Y_1 + D$

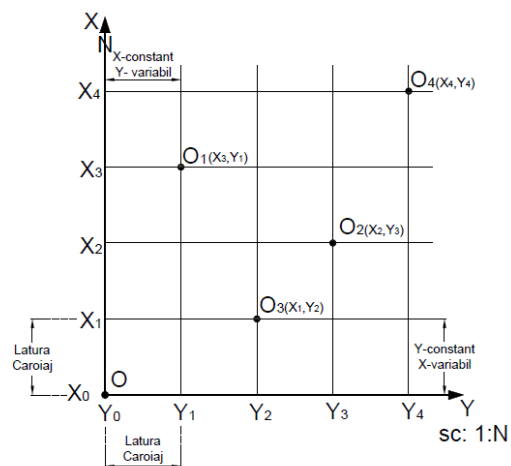
$X_3 = X_2 + D$ $Y_3 = Y_2 + D$

.....

$X_n = X_{n-1} + D$ $Y_n = Y_{n-1} + D$

Se obțin nodurile caroiajului puncte de coordonate cunoscute

$O(X_0, Y_0), O_1(X_1, Y_1), O_2(X_2, Y_2), \dots, O_n(X_n, Y_n),$



Nodul de S-V

O (X₀; Y₀)

Nod curent

O₁ (X₁; Y₁)

O₂ (X₂; Y₂)

Figura 4.1 Caroiaj rectangular

Observație

Valorile înscrise pe caroiajul geometric sunt exprimate în metri.

Aplicație

Sa se deseneze caroiajul rectangular aferent inventarului de coordonate de mai jos la scara 1:500

✓ **Inventar de coordonate**

Point ID	X[m]	Y[m]	H[m]	Cod
2	907,566	569,526	407.616	ST
120	917.225	570.603	408.209	LM
121	978.534	621.916	408.034	ACC
122	979.910	657.257	408.061	ACC
123	1012.317	689.545	408.131	ACC
124	1026.488	657.911	408.161	ACC
125	1034.385	697.096	408.321	LM

✓ Se aleg valorile nodului de Sud-Vest a caroiului O (X_o , Y_o) – în vederea reprezentării tuturor punctelor caracteristice din inventarul de coordonate

$$X_{\min} = 907,566 \text{ m} \quad Y_{\min} = 569,526 \text{ m}$$

$$X_o < X_{\min} - \text{valoare rotunda} \Rightarrow X_o = 900,00 \text{ m}$$

$$Y_o < Y_{\min} - \text{valoare rotunda} \Rightarrow Y_o = 550,00 \text{ m}$$

$$O(900,00, 550,00)$$

unde: $X_{\min}$, $Y_{\min}$ - valorile minime a coordonatelor din inventarul de coordonate

Se trasează laturile grafice ale caroiului din 10 în 10 cm paralele cu axele sistemului de coordonate

Se calculează valoarea reală D aferentă valorii grafice a laturii caroiului

$$d = 10 \text{ cm}; N - \text{scara planului} = 500$$

$$D = 0,10 \cdot N = 0,10 \cdot 500 = 50 \text{ m};$$

Se calculează valorile aferente laturilor caroiului pentru cele două axe

$$\text{pentru axa X: } X_o, X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$$

$$\text{pentru axa Y: } Y_o, Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$$

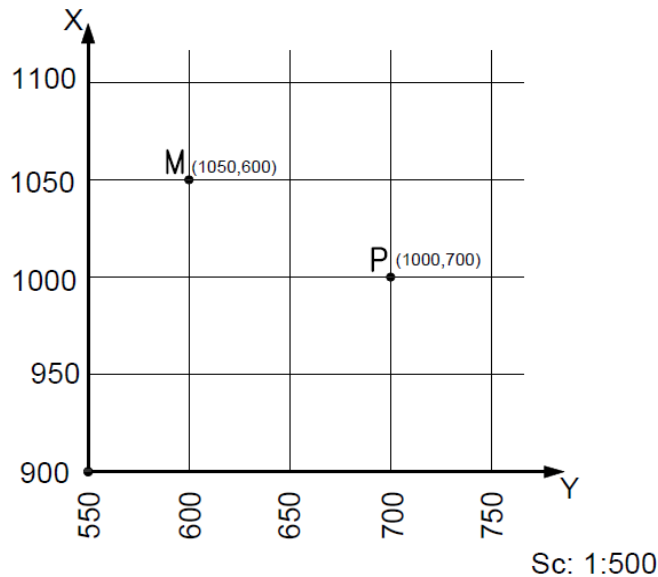
$$\text{unde } X_0 = 900 \quad Y_0 = 550$$

$$X_1 = 900 + 50 = 950 \quad Y_1 = 550 + 50 = 600$$

$$X_2 = 950 + 50 = 1000 \quad Y_2 = 600 + 50 = 650$$

$$X_3 = 1000 + 50 = 1050 \quad Y_3 = 650 + 50 = 700$$

✓ **Reprezentare grafică**



Nodul de S-V

O (900,00; 550,00)

Nod curent

M (1050,00; 600,00)

P (1000,00; 700,00)

Punctele formate la intersecția dreptelor au coordonatele rectangulare plane cunoscute și se numesc noduri ale caroiului, așa cum este punctul P, care va avea coordonatele $X_P = 1000\text{m}$ și $Y_P = 700\text{m}$.

Raportarea punctelor

Poziționarea planimetrică a punctelor caracteristice se realizează prin coordonatele lor rectangulare utilizând caroiul rectangular.

Pentru raportarea punctelor se parcurg următorii pași

- Se desenează caroiul rectangular la scara 1:N conform celor prezentate mai sus
- Pentru fiecare punct caracteristic de reprezentat se alege nodul caroiului care are valorile coordonatelor (X_{nod} , Y_{nod}) cele mai apropiate de valorile coordonatelor punctului considerat (X_i , Y_i)

- Se calculează coordonatele relative ΔX , ΔY de la nodul ales la punctul de raportat

$$\Delta X_{\text{nod-i}} = X_i - X_{\text{nod}} \quad [\text{m}]$$

$$\Delta Y_{\text{nod-i}} = Y_i - Y_{\text{nod}}$$

- Se determină valorile grafice aferente coordonatelor relative în funcție de scara de reprezentare

$$\delta X = \Delta X/N; \quad [\text{mm}]$$

$$\delta Y = \Delta Y/N;$$

- se materializează coordonatele relative grafice față de sistemul de coordonate cu originea în nodul ales în funcție de semnele acestora prin măsurarea valorilor grafice pe axele aferente și trăsând paralele la axe prin capetele segmentelor obținute, la intersecția acestora se obține poziția planimetrică a punctului de raportat.

Aplicație

Să se realizeze raportarea grafică la scara 1:1000 a punctului caracteristic M (X_M , Y_M) având ca date cunoscute inventarul de coordonate a punctelor caracteristice care definesc suprafața de ridicat.

Date cunoscute:

Inventarul de coordonate

Point ID	X[m]	Y[m]	H[m]	Cod
1	1107,566	3010,526	207.616	ST
120	1191.225	3107.603	210.209	LM
121	1215.534	3183.916	212.034	C
M	1220,000	3190,000	212.061	C
123	1312.317	3322.545	212.131	C
124	1026.488	3349.911	208.161	LM
125	1374.385	3207.096	209.321	LM

Se dorește raportarea planimetrică a punctului M(1220,000;3190,000)

Prelucrare date

Se desenează caroiajul rectangular la scara 1:1000 pentru intervalul de valori minime și maxime conform inventarului de coordonate

X: (1107,566 1374,385)

Y: (3010,526 3349,911)

Coordonatele nodului de S-V sunt O_0 ($X_O=1100,00m$, $Y_O=3000,00m$)

Valoarea laturii caroiului la scara 1:1000 este $D=0,10 \cdot 1000 = 100m$

Pentru punct caracteristic M se alege nodul caroiului care are valorile coordonatelor (X_{nod} , Y_{nod}) cele mai apropiate de valorile coordonatelor punctului M (X_M , Y_M)

$X_M=1220,000$ valoarea cea mai apropiata de aceasta este $X=1200m$

$Y_M=3190,000$ valoarea cea mai apropiata de aceasta este $Y=3200m$

Astfel nodul ales va fi nodul notat cu S și are coordonatele X_S , $Y_S \Rightarrow S(1200, 3200)$

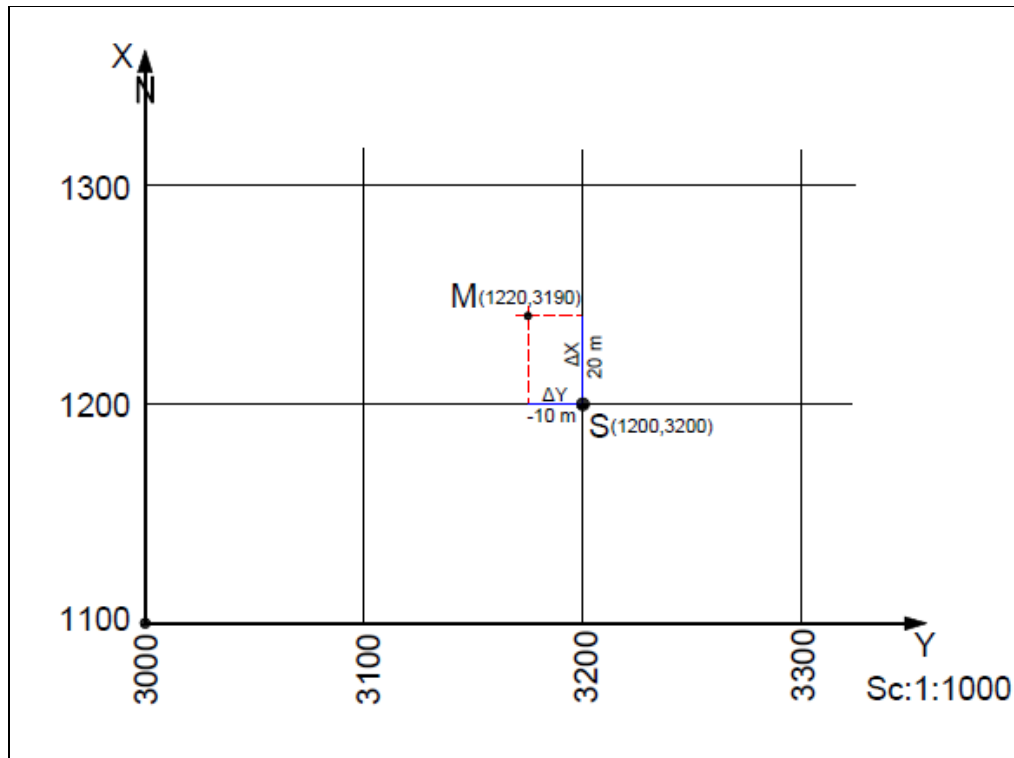
- Se calculeaza coordonatele relative ΔX , ΔY de la nodul ales la punctul de raportat

$$\begin{aligned}\Delta X_{S-M} &= X_M - X_S \\ &= 1220,00 - 1200,00 \\ &= 20,00 \text{ m} \\ \Delta Y_{S-M} &= Y_M - Y_S \\ &= 3190,00 - 3200,00 \\ &= -10,00m\end{aligned}$$

- Se determina valorile grafice aferente coordonatelor relative in functie de scara de reprezentare 1:1000

$$\begin{aligned}\delta X_{S-M} &= \Delta X_{S-M}/N \\ &= 20,00/1000 \\ &= 0,020m \\ &= 20mm; \\ \delta Y_{S-M} &= \Delta Y_{S-M}/N \\ &= -10,00/1000 \\ &= -0,010m \\ &= -10mm;\end{aligned}$$

- se materializeaza coordonatele relative grafice fata de sistemul de coordonate cu originea in nodul S in functie de semnele acestora prin măsurarea valorilor grafice $\delta X_{S-M}=20mm$; $\delta Y_{S-M}=-10mm$ pe axele aferente si trasând paralele la axe prin capetele segmentelor obtinute, la intersectia acestora se obține poziția planimetrică a punctului de raportat M.



Reprezentarea reliefului

Relieful se reprezintă pe planul topografic prin intermediul cotelor (H_i) obținute în urma prelucrării datelor de nivelment care sunt centralizate în inventarul de coordonate alături de coordonatele planimetrice. Pentru obținerea planului topografic cotele se trec în dreptul punctelor caracteristice poziționate planimetric prin intermediul liniei de indicație. Un alt mod de reprezentare a reliefului îl constituie curbele de nivel.

Curba de nivel reprezintă proiecția în plan orizontal a liniei care unește puncte de aceeași cotă de pe suprafața topografică. Acestea sunt elemente naturale și imaginare ce se obțin prin secționarea suprafeței topografice a terenului cu suprafețe plane, orizontale și echidistante.

Echidistanța "E" reprezintă distanța verticală și constantă între suprafețele de nivel, generatoare de curbe de nivel.

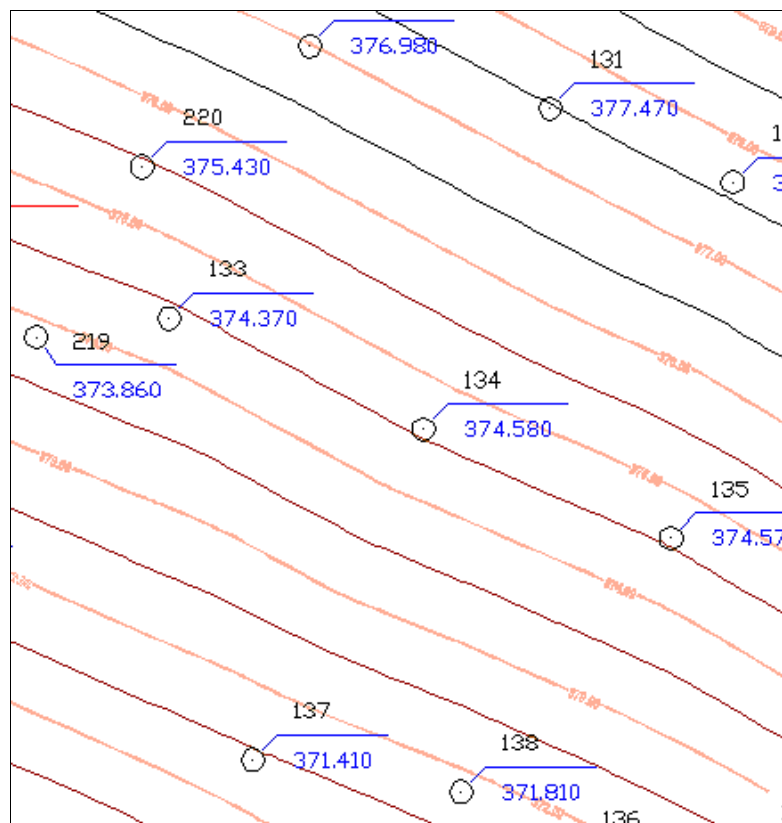


Figura 4.2.Reprezentarea reliefului prin cote si curbe de nivel

În continuare se urmează etapele 6,7,8 completându-se reprezentarea grafică rezultând în final planul topografic la scară.

- Se unesc punctele conform schiței de teren sau după coduri;
- Se aplică simbolurile și semnele convenționate;
- Se adaugă direcția nordului și legenda;

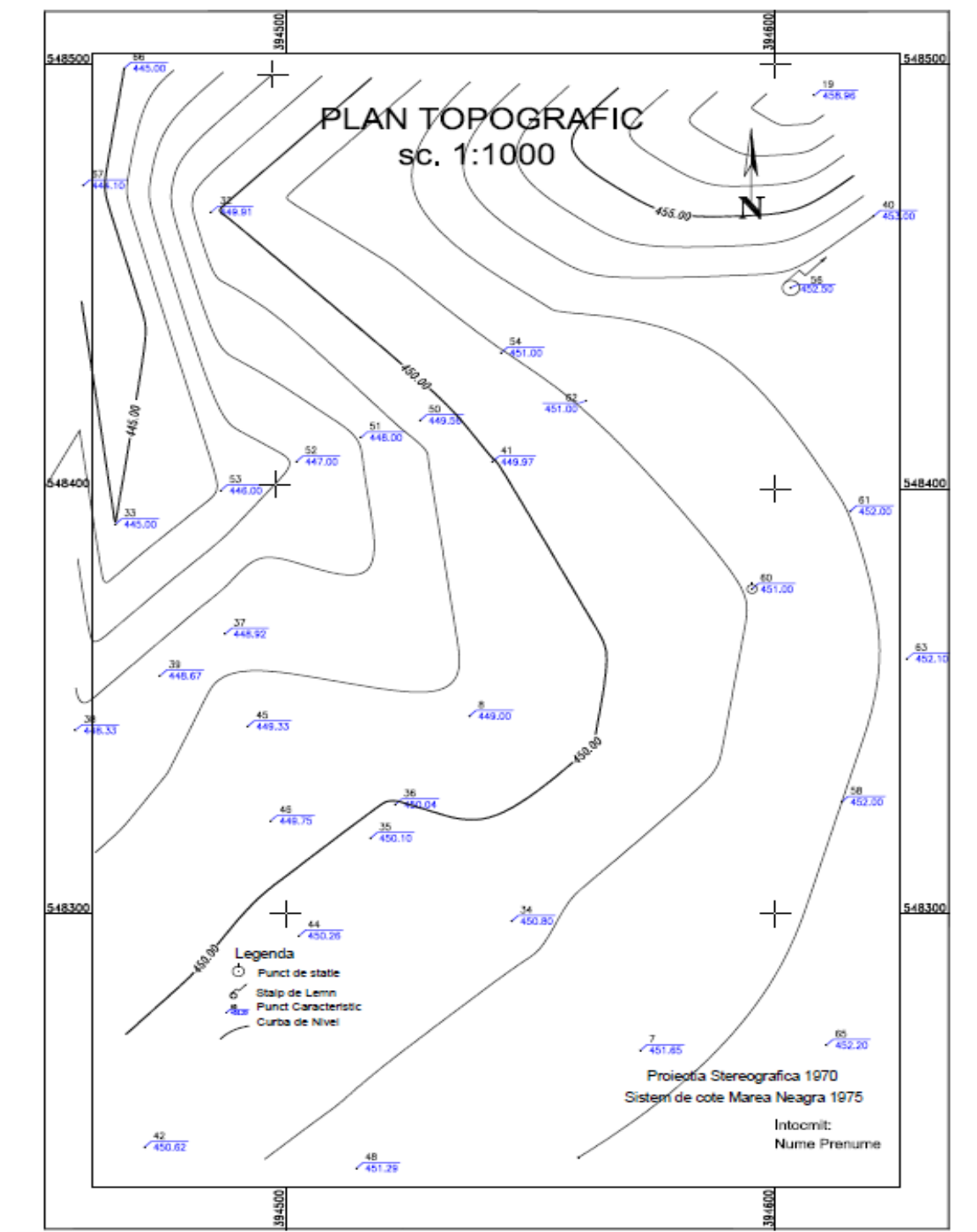


Figura 4.3 Plan topografic

Planul topografic realizat cu curbe de nivel permite determinarea:

- cotelor punctelor caracteristice
- pantelor terenului pe diferite direcții
- profilurilor terenului

Determinarea cotelor punctelor caracteristice

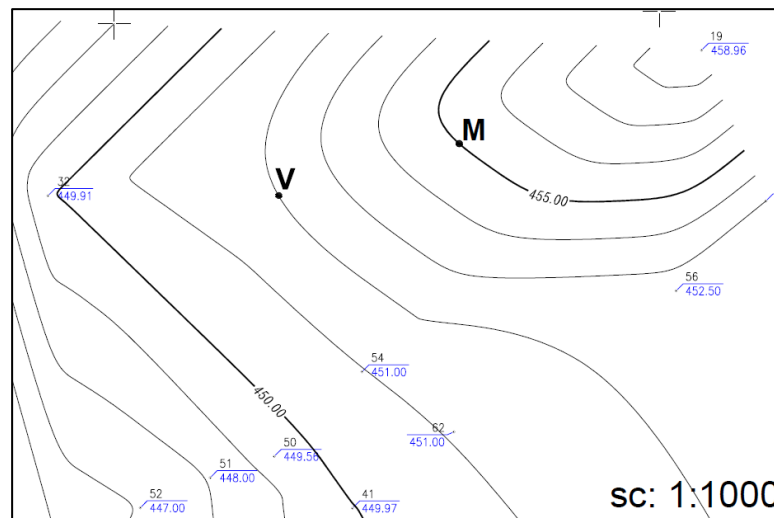
La determinarea cotelor punctelor caracteristice amplasate pe planul topografic putem să întâlnim două situații:

- Punctul caracteristic este situat pe curba de nivel
- Punctul caracteristic este situat între două curbe de nivel succesive

Determinarea cotei punctului caracteristic situat pe curba de nivel

În cazul în care punctele sunt poziționate pe curba de nivel aceste vor avea valoarea cotei egală cu valoarea curbei de nivel .

- Punctul caracteristic M aparține curbei de nivel 455,00 $\Rightarrow H_M = 455,00\text{m}$
- Punctul caracteristic V aparține curbei de nivel 452,00 $\Rightarrow H_V = 452,00\text{m}$



Determinarea cotei punctului caracteristic situat între două curbe de nivel succesive

Date cunoscute

- Planul topografic cu curbe de nivel realizat la scara 1:N

Prelucrare date

- Stabilim echidistanța curbelor de nivel E [m]
- Se stabilesc valorile cotelor curbelor succesive între care este poziționat punctul caracteristic a cărui cotă dorim să o determinăm

▪ Prin punctul caracteristic se trasează linia de cea mai mare pantă care va intersecta cele două curbe de nivel succesive

▪ Pe linia de cea mai mare panta se măsoară grafic:

d - întreaga distanță ; [mm]

d' - distanța de la punctul caracteristic la curba cu valoarea cea mai mică; [mm]

▪ se determină diferența de nivel dintre punctul caracteristic și curba cu valoarea cea mai mică

$$\frac{d'}{d} = \frac{\Delta H}{E}$$

$$\Rightarrow \Delta H_{pct.caract.-Curba Nivel} = \frac{d'}{d} E \quad [m]$$

▪ Se determină cota punctului caracteristic

$$H_{pct.caract.} = H_{curba nivel} + \Delta H \quad [m]$$

Aplicație

Să se determine cota punctului caracteristic P utilizând planul topografic cu curbe de nivel realizat la scara 1:1000.

Date cunoscute

▪ Planul topografic cu curbe de nivel realizat la scara 1:1000

Prelucrare date

▪ Stabilim echidistanța curbelor de nivel E [m]

E = 1,00 m

▪ Se stabilesc valorile cotelor curbelor succesive între care este poziționat punctul caracteristic a cărui cotă dorim să o determinăm

▪ Punctul caracteristic M este poziționat între curbele de nivel de cote:

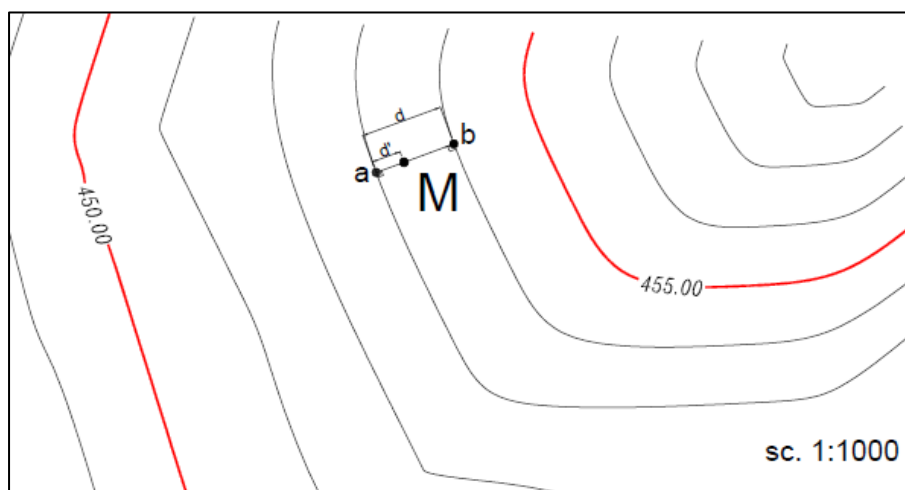
H= 453,00m respectiv H=454,00m

▪ Prin punctul caracteristic M se trasează linia de cea mai mare pantă care intersectează cele două curbe de nivel succesive în punctele.....

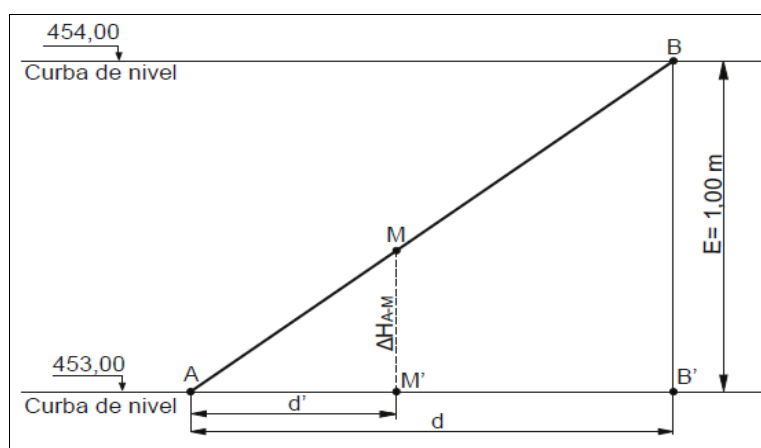
Pe linia de cea mai mare panta se măsoară grafic:

$d = 9,92$ [m] - întreaga distanță ;

$d' = 4,53$ [m] - distanța de la punctul caracteristic la curba cu valoarea cea mai mică $H = 453,00$ m



▪ Se determină diferența de nivel dintre punctul caracteristic și curba cu valoarea cea mai mică



$$\Delta H_{A-M} = \frac{4,53}{9,92} * 1,00 = 0,457 \text{ [m]}$$

Se determină cota punctului caracteristic

$$H_M = H_A + \Delta H_{A-M} \text{ [m]}$$

$$H_M = 453,00 + 0,457 = 453,457 \text{ [m]}$$

Determinarea pantei

Să se determine panta terenului între punctele caracteristice A și B pozitionate pe planul topografic realizat la scara 1:1000 .

Date cunoscute

- Planul topografic cu curbe de nivel realizat la scara 1:1000



Prelucrare Date

Determinarea cotelor punctelor caracteristice între care se dorește determinarea pantei

H_A , H_B – se determină conform celor prezentate mai sus în funcție de curbele de nivel

$$H_A = 447,150\text{m}$$

$$H_B = 451,000\text{m}$$

Se determină diferența de nivel dintre cele două puncte caracteristice

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$

$$\Delta H_{AB} = 451,000 - 447,150 = 3,850\text{m}$$

Se determină distanța dintre cele două puncte caracteristice

Se masoara distanța grafic pe plan $\Rightarrow d_{A-B} = 91,29 \text{ [mm]}$

Se determina distanța reală aferentă marimii grafice $D = d \cdot N \text{ [m]}$

$$D = 0,09129 \cdot 1000 = 91,29 \text{ [m]}$$

Se determină panta terenului

$$p = \frac{3,850}{91,29} = 0.042173$$

Panta terenului între punctele A și B se considera uniformă și se exprimă procente

- procente (%) $p\% = 0,04217 \cdot 100 = 4,217\%$

Profilurile terenului

În vederea realizării obiectivelor inginerești care au la bază planul topografic și se impune o detaliere a reliefului terenului se realizează secțiuni verticale pe anumite direcții prin suprafața de reprezentat.

Secțiunea verticală prin suprafața de reprezentat poartă denumirea de PROFIL.

În funcție de direcția secțiunii verticale distingem două tipuri de profiluri și anume:

▪ **profil longitudinal** - secțiune cu un plan vertical în lungul suprafeței de reprezentat.

Reprezentarea grafică a profilului longitudinal se realizează la două scări, scara cotelor (H) respectiv scara distanțelor (D) cu raport de 1/10 între ele. Acest lucru se datorează faptului ca există diferențe de valori uneori considerabile între cele două distanțe fapt ce impune pastrarea unui raport de reprezentare între acestea pentru a reda cât mai fidel situația din teren.

Exemplu: scara cotelor (H) 1:100

scara distanțelor (D) 1:1000

Elementele de conținut a unui profil longitudinal sunt:

✓ punctele caracteristice (picheți) din lungul suprafeței care definesc profilul.

Aceste puncte, în cazul în care relieful este reprezentat prin curbe de nivel se obțin la intersecția aliniamentului definit de punctul de început și punctul de sfârșit a traseului cu curbele de nivel,

- ✓ cotele terenului în fiecare punct caracteristic,
- ✓ distanța parțială dintre punctele caracteristice, măsurate pe aliniament
- ✓ distanța cumulată de la punctul de început la punctul curent,

- ✓ panta terenului între punctele caracteristice.

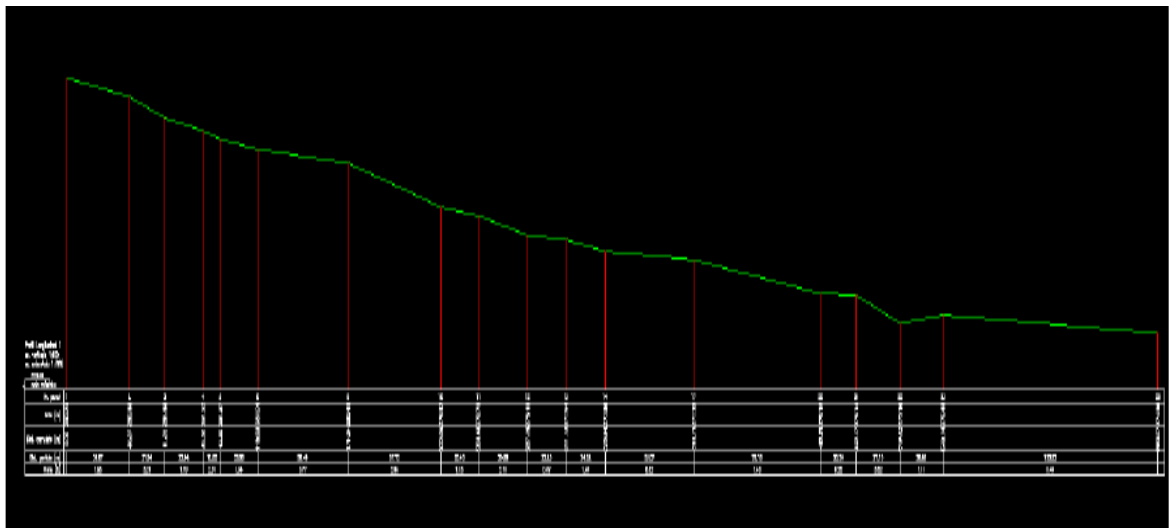


Figura 4.5 Profilul longitudinal al terenului

▪ **profil transversal** – secțiune cu un plan vertical pe direcția transversală a suprafeței de reprezentat, de regulă direcție perpendiculară pe direcția profilului longitudinal. Reprezentarea grafică a profilului transversal se realizează la o sigură scară 1:N atât pe direcția cotelor cât și pe direcția distanțelor.

Exemplu: scara 1:100

Elementele de conținut a unui profil transversal sunt:

- ✓ punctele caracteristice (picheți) care definesc profilul. Aceste puncte, în cazul în care relieful este reprezentat prin curbe de nivel se obțin la intersecția aliniamentului, trasat perpendicular pe aliniamentul care definește profilul longitudinal, cu curbele de nivel,
- ✓ cotele terenului în fiecare punct caracteristic,
- ✓ distanța parțială dintre punctele caracteristice, măsurate pe aliniament
- ✓ distanța din ax la punctul curent, punctul din ax este punctul din profilul longitudinal unde este perpendicular profilul transversal

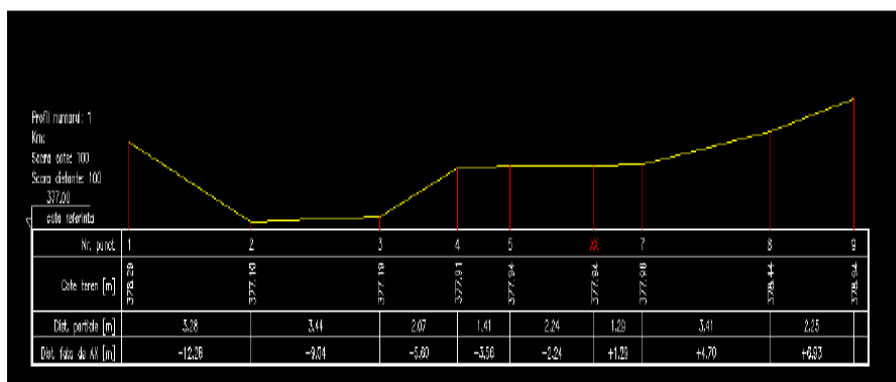
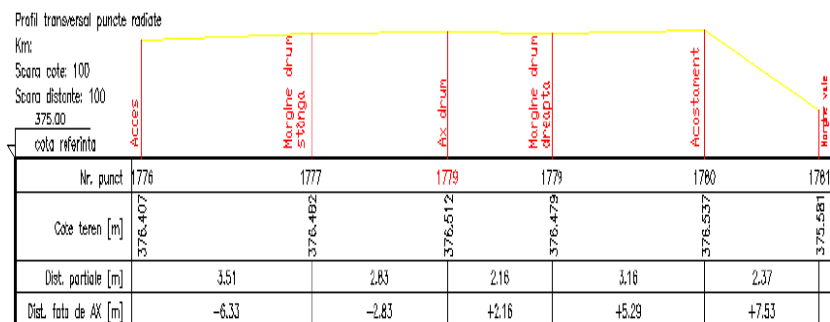


Figura 4.6 Profilul transversal al terenului

Profilurile longitudinal și transversale sunt specifice suprafețelor înguste și alungite dar nu numai și în special realizării căilor de comunicații. Realizarea acestora se face cu aplicații software de specifice.

4.2.2 Realizarea planului topografic în format Digital

Evoluția tehnologică și implicit a aplicațiilor software din domeniul Măsurătorilor terestre conduce la realizarea activităților din acest domeniu automatizat permițând obținerea produselor în format digital.

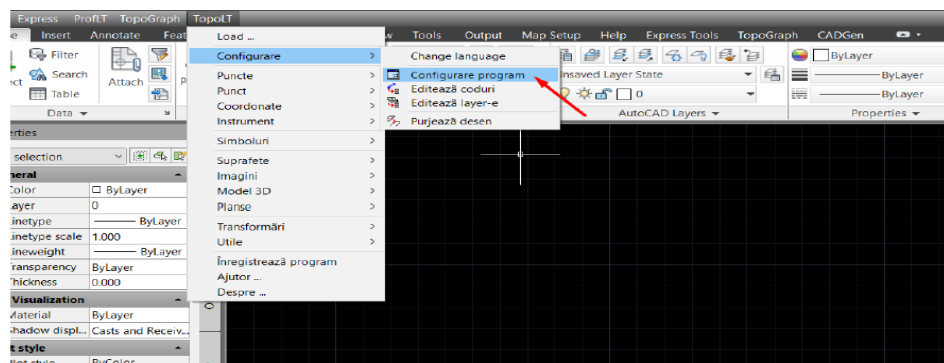
Aplicațiile de specialitate cu uzanță în domeniu sunt aplicațiile TopoLT și Topograph care permit atât prelucrarea textuală a datelor cât și prelucrarea grafică a acestora.

În continuare vom prezenta prelucrarea grafică a datelor pentru obținerea planului topografic în format digital utilizând aceste programe.

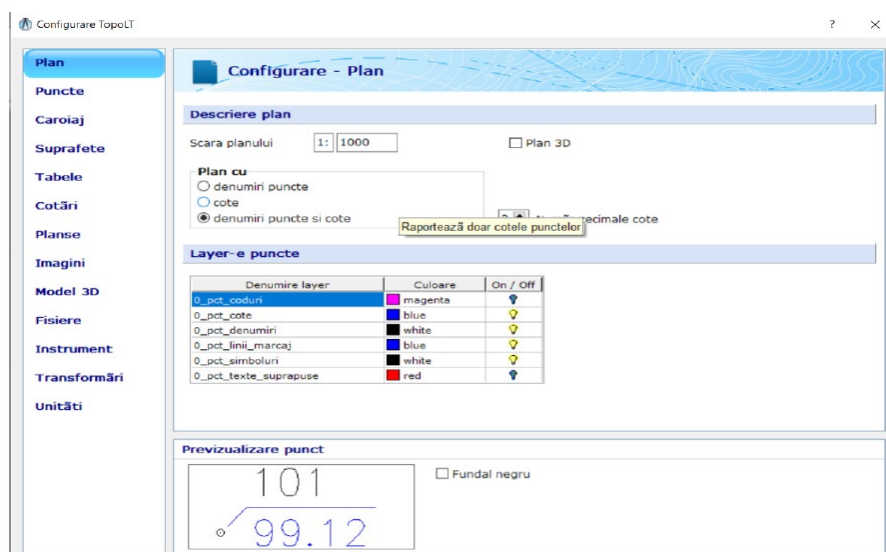
Etapile parcurse sunt:

▪ Configurarea programului prin accesarea din TopoLT a meniului

Configurare => Configurare program

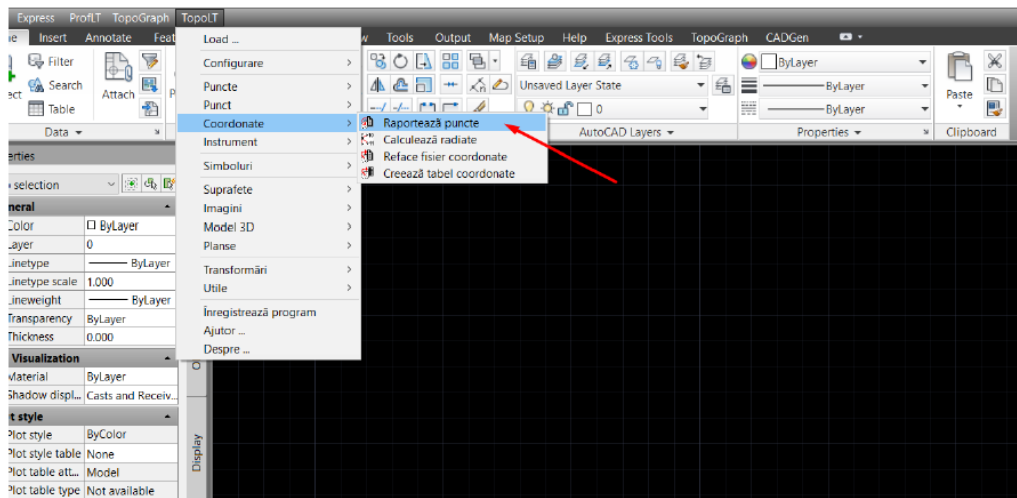


În această etapă se definesc în funcție de cerințe toți parametri care caracterizează elementele de conținut a planului la scară.

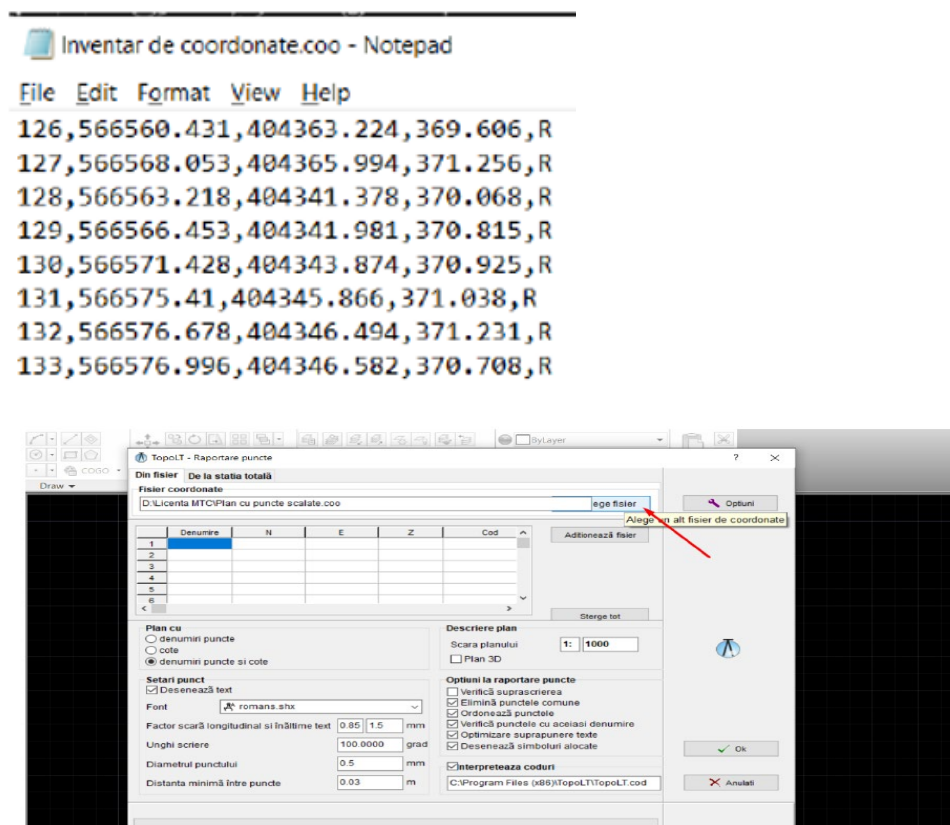


▪ Raportarea punctelor se realizează prin accesarea meniului

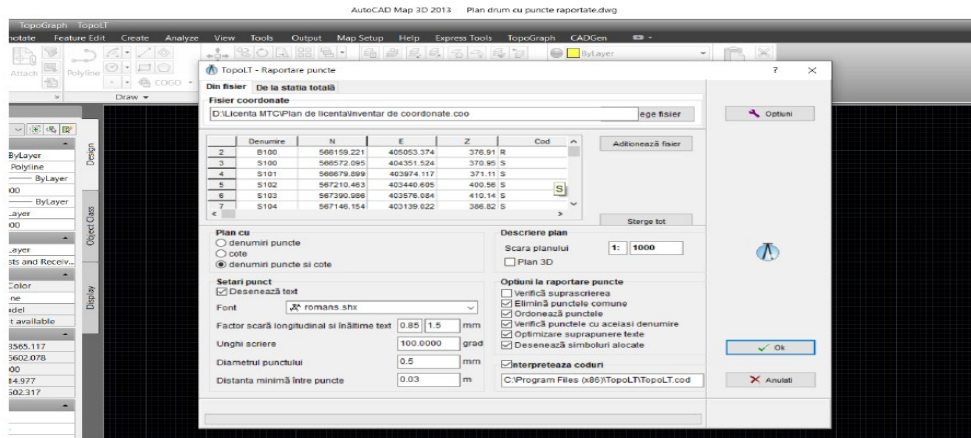
Coordonate => Raportează puncte



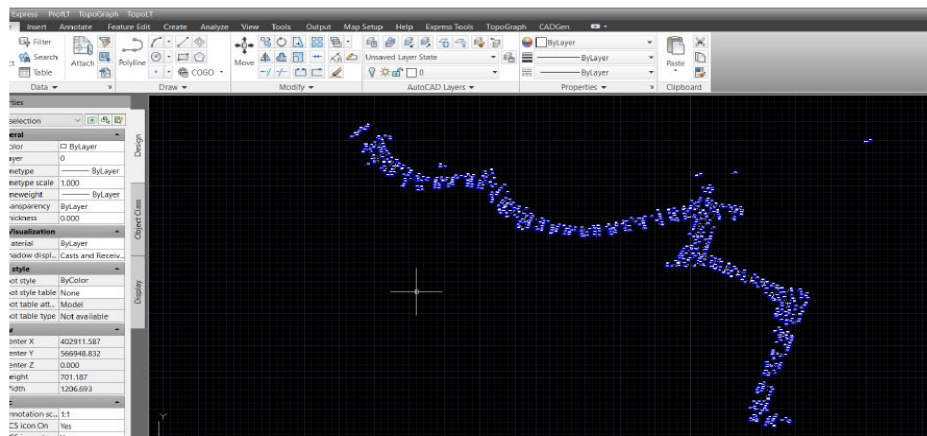
Prin accesarea meniului se deschide o fereastră care permite importarea fișierului care conține INVENTARUL DE COORDONATE



Inventarul de coordonate este salvat cu extensia .coo sau .txt.iar in continuare se indică calea spre fișier după care acesta va fi încărcat în program.

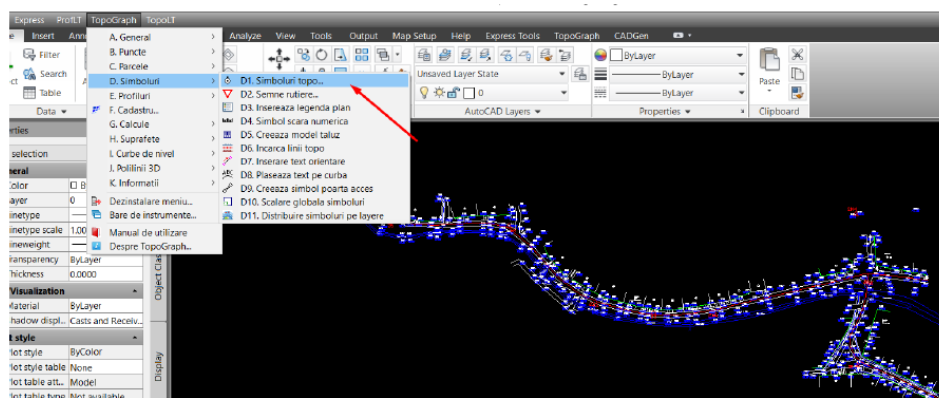


După accesarea butonului OK se realizează raportarea efectivă a punctelor caracteristice

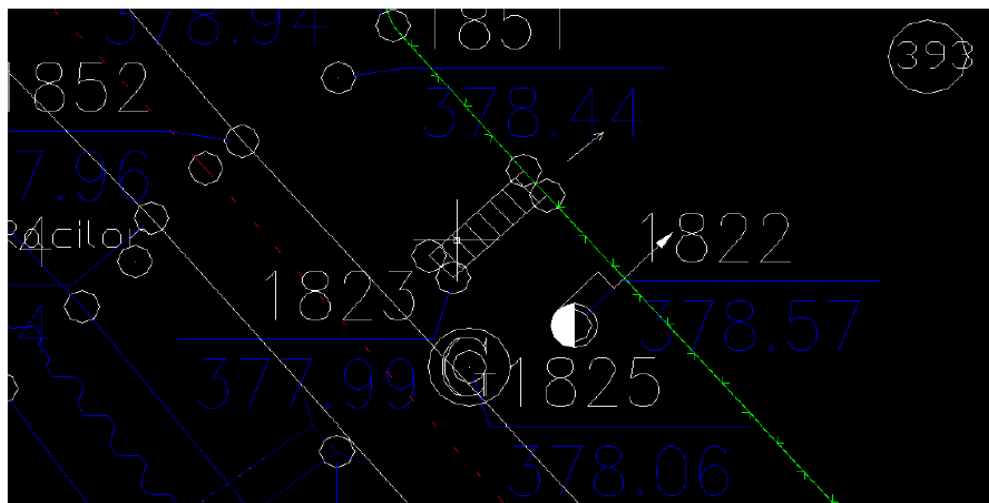
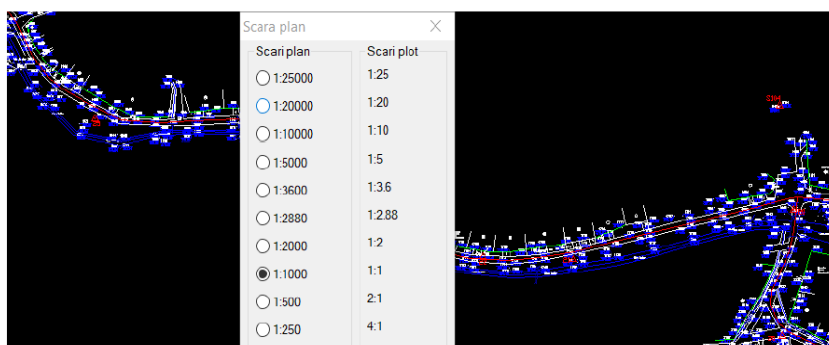


- Se unesc punctele caracteristice conform schitei realizata in teren sau listei de coduri pentru redarea cat mai fidela a situatie din teren. Elementele componente vor fi structurate pe layere prin crearea acestora.
- **Atribuirea simbolurilor**

Topograph => Simboluri => Simboluri topo

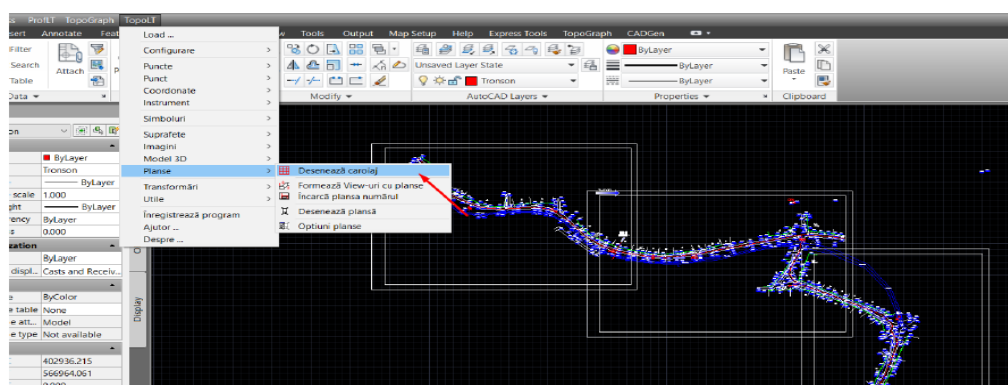


Se alege scara de reprezentare a simbolurilor dupa care acestea se insereaza in desen

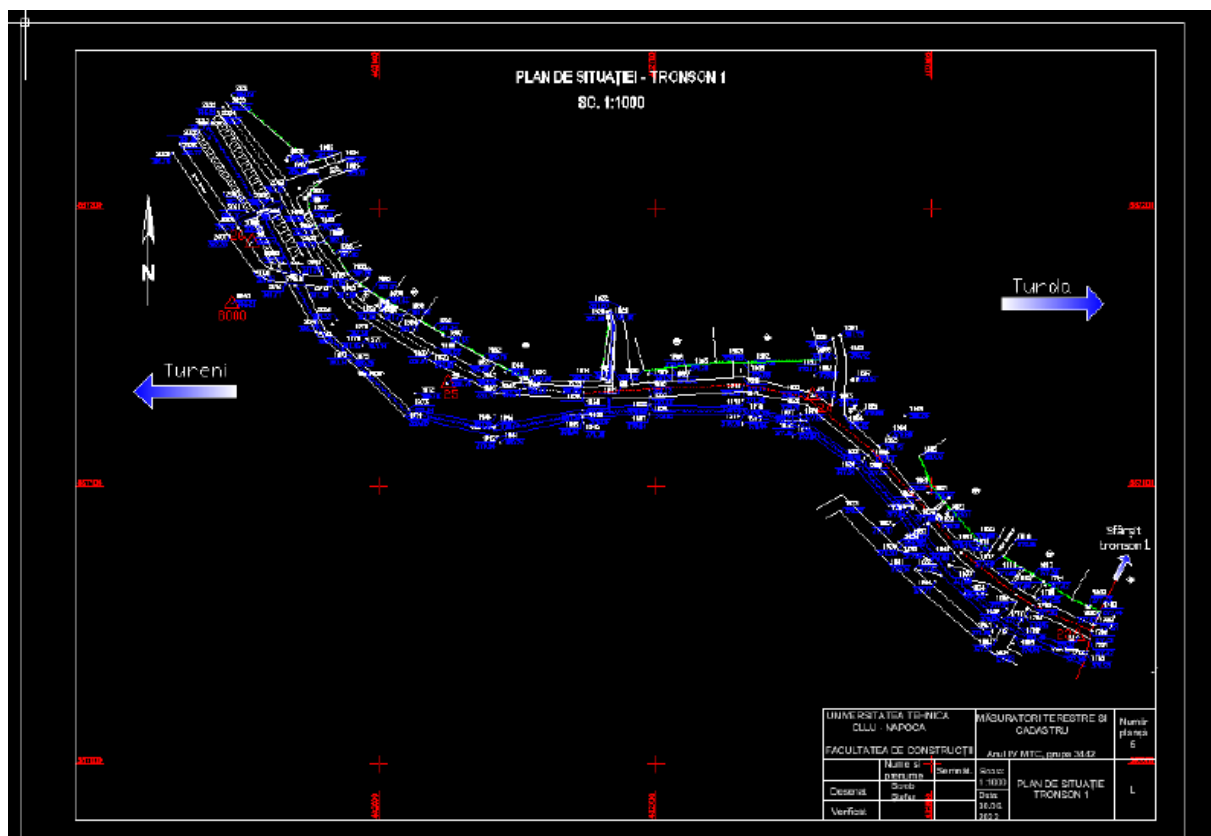


▪ Desenarea caroiajului

Topo LT => Planse => Desenează caroiaj

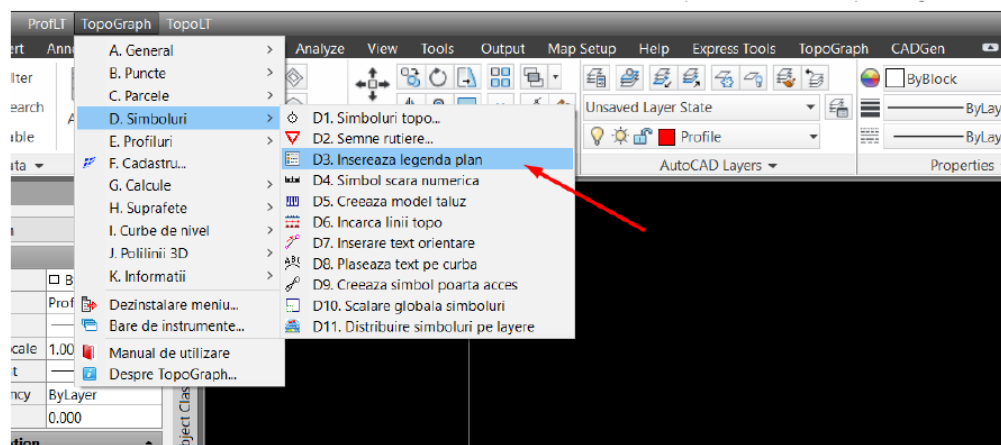


Modul de vizualizare a caroiajului a fost setat în etapa de configurare a programului

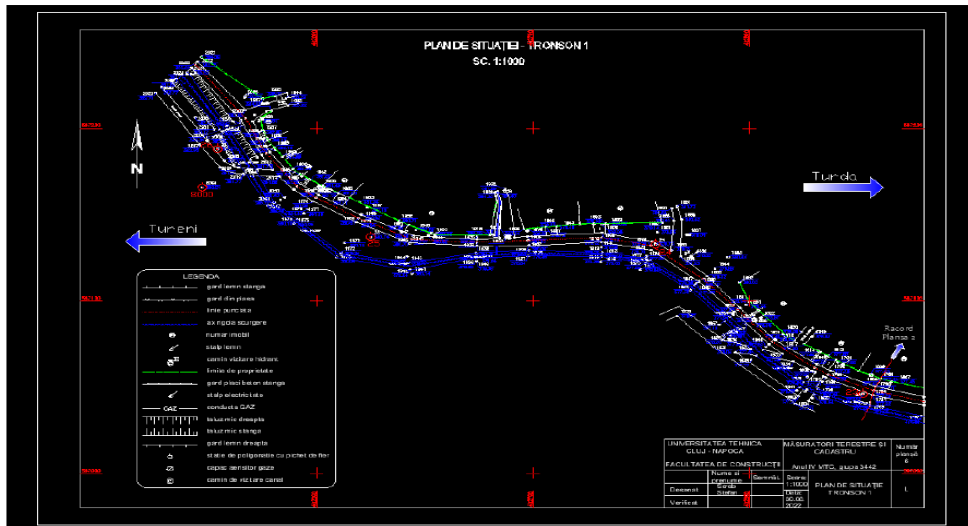


▪ Atribuirea Legendei

Topograph => Simboluri => Inserează legendă plan



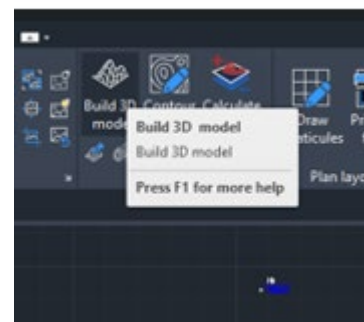
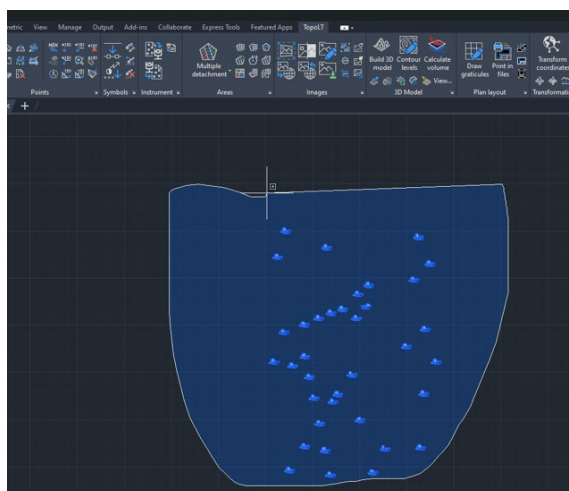
▪ Plan topografic cotate în format digital

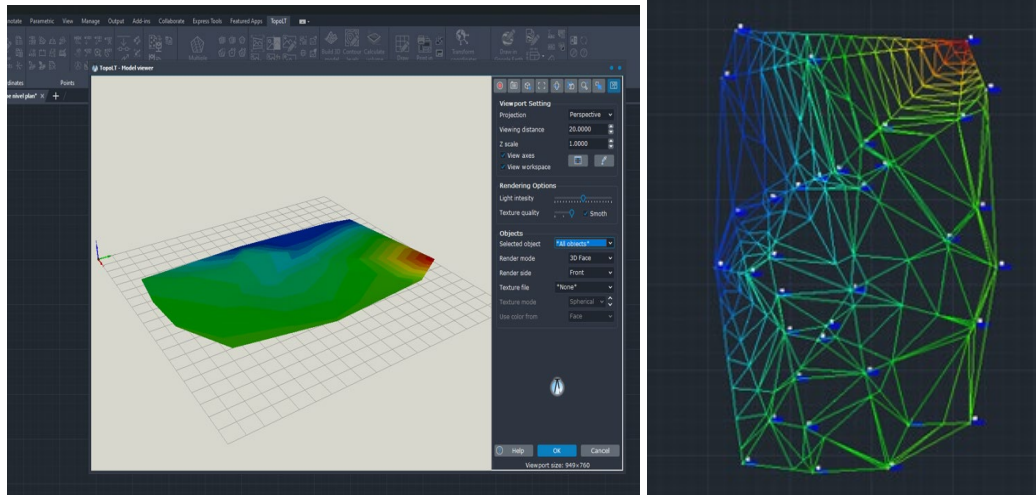


Pe un plan topografic relieful se reprezintă fie prin cote atribuite punctelor rezultând planul topografic cotate sau prin curbe de nivel rezultând planul topografic cu curbe de nivel.

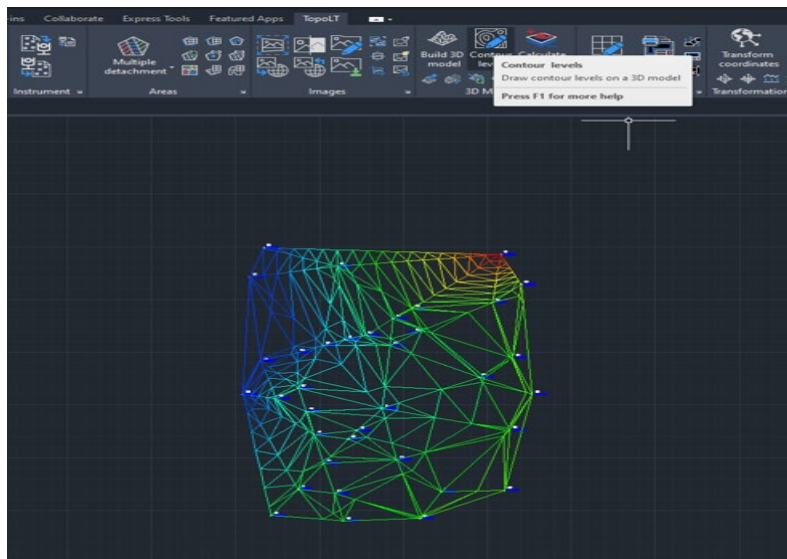
- Reprezentarea reliefului prin curbe de nivel – pentru reprezentarea curbelor de nivel prin intermediul programului TopoLT se realizeaza mai întâi modelul 3D al suprafeței după care pe baza modelului astfel creat se desenează curbele de nivel. Datele aferente realizării curbelor de nivel au fost configurate în prima etapă de realizare a planului.

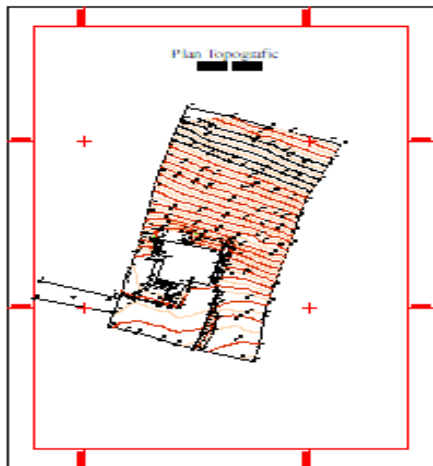
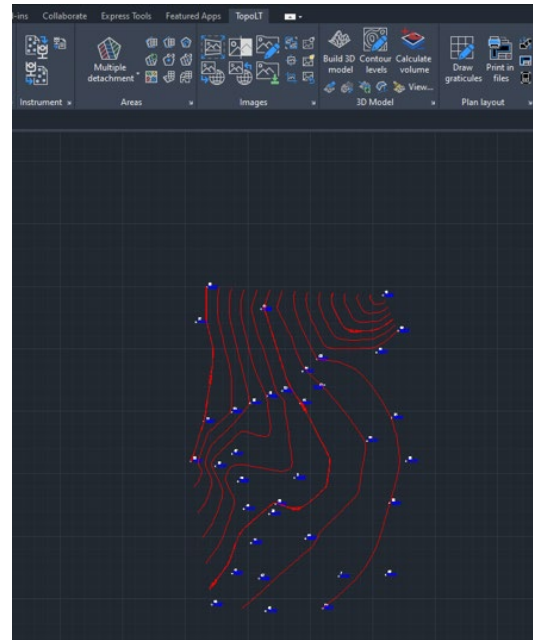
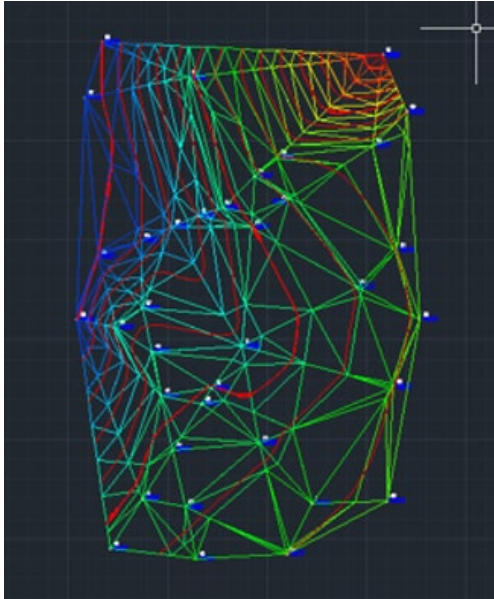
✓ **Topo LT => Model 3D => Creaza model 3D**





✓ **Topo LT => Model 3D => Desenează curbe de nivel**





BIBLIOGRAFIE

1. BOTEZ M., *Teoria erorilor și metoda celor mai mici pătrate*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1961
2. BOȘ N., *Topografie*, E.D.P., București, 1993
3. BOȘ, N., IACOBESCU, O. – *Topografie modernă*, Editura C.H. Beck, București, 2007
4. COSTĂCHEL A., MIHAIL D., CRISTESCU N., *Topografie*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1970.
5. COȘARCĂ, C. – *Topografie inginerească*, Editura Matrix Rom, București, 2003.
6. CRISTESCU N., *Topografie inginerească*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
7. CRISTESCU N., URSEA, V., NEAMȚU, M., SEBASTIAN-TAUB, M.: *Topografie*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
8. DEACONESCU C., ANGHELINA D., BÂRSAN A., IONAȘEC A., VIERIU I., METEȘ Z., *Topografie și desen tehnic*, Editura Didactică și Pedagogică București, 1979.
9. DIMA N., HERBEI O., VEREȘ I., BENDEA H., Larisa FILIP. *Topografie generală și elemente de topografie minieră*. Editura Universitas, Petroșani, 2005.
10. GRECEA, C., ARCEREANU, G. – *Instrumente topografice pentru cadastru – Îndrumător*, Litografie Universitatea Tehnică din Timișoara Facultatea de Construcții, 1995.
11. LEU I., BUDIU V., CIOTLĂUȘ A., ș.a., *Topografie și Cadastru Agricol*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1999
12. LEU I., BUDIU V., MOCA V., RITT C., VALERIA CIOLAC, CIOTLAUS ANA, NEGOESCU I., *Topografie generală și aplicată - Cadastru*, Editura Universul, București, 2003
13. LEVCIUK, G.P., *Curs ingineriei gheodezii*, Editura Nedra, Moskva, 1970.
14. MUNTEANU Gh.C. *Cartografie matematică*. Editura MatrixRom, București, 2003.
15. MUREȘAN D., BUDIU V., CIOTLĂUȘ A., *Topografie și desen tehnic*, TipoAgronomia, Cluj-Napoca, 1988
16. NAȘ SANDA – *Măsurători Topografice*. Editura Risoprint, Cluj-Napoca 2017.
17. NAȘ SANDA, MIRELA VĂCARU - *Topografie noțiuni de teorie și aplicații*. Editura Argonat, Cluj-Napoca 2010.

18. NĂSTASE, A., VIȘAN, Gh. – *Probleme generale de topografie*, Editura Universității București, 2005.
19. NEAMȚU, M., SEBASTIAN – TAUB, M. – *Instrumente geotopografice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
20. NEUNER, J., BADEA, Gh., ONOSE, D., BADEA, A.C., MOLDOVEANU, C. – *Măsurători terestre. Fundamente*, vol. I., Matrix Rom, București, 2001.
21. NUȚIU, C. - *Topografie*, Editura U.T. Press, Cluj-Napoca, 2008.
22. ONOSE, N. – *Topografie*, Editura Matrix Rom, București, 2003.
23. ORGHIDAN, T. – *Topografie*, Editura U.T. PRESS, Cluj-Napoca, 2001.
24. ORTELECAN M., POP N., *Metode topografice de urmărire a comportării construcțiilor și terenurilor înconjurătoare*, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca, 2005
25. ORTELECAN, M., PALAMARIU, M., BENDEA, H., *Probleme de bază în trasarea lucrărilor miniere*, Litografia Universității din Petroșani, 1998
26. PALAMARIU, M., PĂDURE, I., ORTELECAN, M.: *Cartografie și Cartometrie*, Editura Aeternitas, Alba Iulia, 2002.
27. POP N., ORTELECAN M., *Topografie inginerească*, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca, 2005
28. POP N. *Topografie și aplicații practice inginerești*, Editura U.T. Press, Cluj-Napoca, 2008.
29. RĂDULESCU GH.,: *Topografie inginerească*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2003
30. RUSU, A.,: *Topografie cu elemente de geodezie și fotogrammetrie*, Editura Didactică și Pedagogică București, 1978
31. VIERIU I., IONESCU P., DEACONESCU C., BÂRSAN A., IONAȘEC A., ANGHELINA D., METEȘ Z., *Topografie și desen tehnic*, Editura Didactică și Pedagogică București, 1983.
32. *** www.leica.com