

6. ALTIMETRIE

6.1 Generalitati.

Daca notiunile prezentate în capitolele anterioare se refereau la determinarea pozitiei în plan a punctelor, altimetria vine sa completeze aceasta imagine prin a treia dimensiunea reprezentata de cote. Putem spune deci ca altimetria se ocupa cu studiul aparatelor, metodelor si reprezentarea pe planuri si harti a altitudinii punctelor.

Planurile topografice fara reprezentarea reliefului au o utilizare limitata si în plus nu ofera o imagine completa a terenului.

Funcție de metoda folosita la determina diferenta de nivel între doua puncte, nivelmentul se poate clasifica în:

1. nivelment geometric de mijloc sau de capat, metoda ce foloseste pentru determinarea diferentei de nivel sau a cotei principiul vizelor orizontale;
2. nivelment trigonometric cu vize ascendente sau vize descendente, folosind pentru determinarea diferentelor de nivel sau a cotelor distanta orizontala dintre puncte precum si unghiul de panta sau unghiul zenital al aliniamentului determinat de cele doua puncte;
3. nivelment hidrostatic foloseste la determinarea diferentelor de nivel între puncte principiul vaselor comunicante;
4. nivelment fotogrammetric foloseste imaginea (pozitia) punctelor de pe doua fotogramme ale terenului;
5. nivelment barometric foloseste principiul variatiei presiunii aerului functie de altitudine;

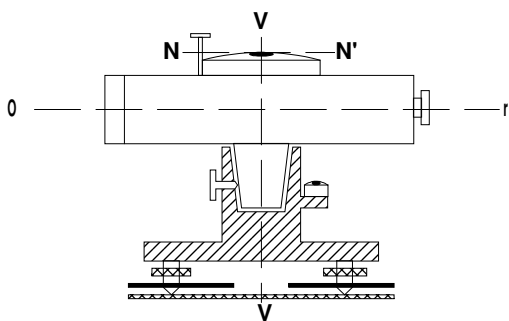
Din procedeele enumerate mai sus, numai primele patru prezinta interes din punct de vedere topografic; nivelmentul barometric, deoarece furnizeaza date cu erori mari, practic de neacceptat topografic, se foloseste în navigatie, în special pentru determinarea altitudinii de zbor a avioanelor.

6.2 Instrumente de nivelment.

Aparatele folosite în nivelmentul geometric poarta denumirea de nivele, iar principala lor caracteristica este aceea ca realizeaza orizontalizarea precisa a axei de vizare. Acest lucru este de o importanta deosebita deoarece la nivelul axei de vizare se fac citirile pe mira.

Dupa modul de orizontalizare a axei de vizare, instrumentele de nivelment se clasifica în :

1. nivel rigid simplu;
2. nivel rigid cu surub de basculare;
3. nivel cu orizontalizare automata a axei de vizare.



1. Figura 6.1- Nivelul rigid.

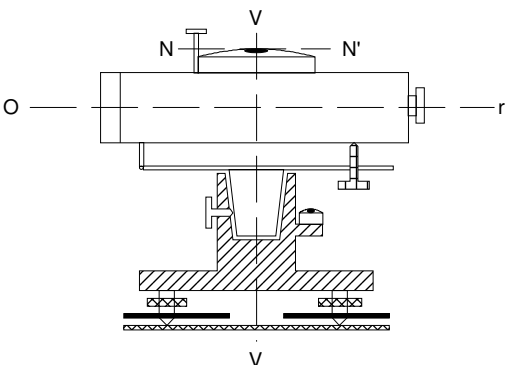


Figura 6.2- Nivelul rigid cu surub de basculare.

6.2.1 Nivelul rigid.

Schema unui astfel de instrument este prezentata în figura 5.1. El se compune din luneta topografica, nivela torica si sferica, ambaza, suruburi de calare si placa de tensiune. Poate fi dotat optional cu cerc orizontal gradat. Pentru a se efectua masuratori cu un astfel de aparat trebuie ca dupa efectuarea unei calari aproximative cu nivela sferica, înainte de efectuarea unei citiri pe mira trebuie sa se procedeze la orizontalizarea axei de vizare cu ajutorul suruburilor de calare convenabil amplasate, orizontalizare ce se constata cu ajutorul nivelei torice a aparatului. Aceasta operatiune se repeta înainte de fiecare citire efectuata pe mira.

6.2.2 Nivelul rigid cu surub de basculare.

Din punct de vedere al partilor componente are aceleasi componente la care se adauga surubul de basculare cu rolul de a înclina fin luneta astfel ca aceasta sa capete o pozitie orizontala. Acest dispozitiv este situat între luneta si pivotul instrumentului. La fel ca si la nivela rigida, calarea se face aproximativ, cu suruburile de calare si dupa vizarea mirei dar înainte de efectuarea citirilor se procedeaza la aducerea bulei nivelei torice între repere. Pentru o cât mai buna orizontalizare, nivela torica folosita este una cu coincidenta.

Exemple de astfel de nivele sunt Ni 030 si Ni 004 fabricate de Karl Zeiss Jena.

Acestor nivele li se poate atasa un dispozitiv cu placi plan paralele care permite sporirea considerabila a preciziei masuratorilor pâna la sutime de milimetru. Pentru aceasta însa este nevoie sa se foloseasca mire de invar.

6.2.3 Nivele cu orizontalizare automata a axei de vizare.

Acest tip de instrument foloseste pentru orizontalizarea axei de vizare fenomene fizice cum ar fi pozitia

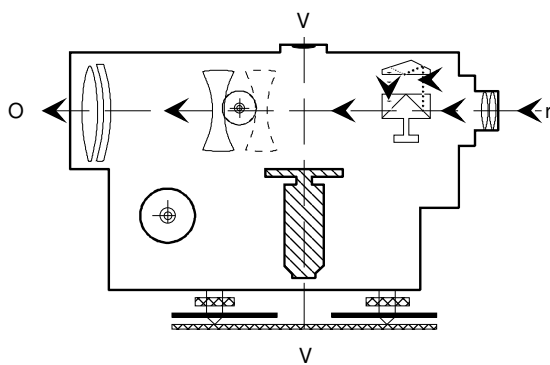


Figura 6.3 - Nivelă cu orizontalizare automată a axei de vizare.

Dar se pot folosi și alte fenomene ca de exemplu nivelul orizontal al unui lichid într-un vas indiferent de poziția vasului. Spre exemplificare se prezintă în figura 7.3 schema de construcție a nivelului automat Ni 025.

Aparatul poate asigura o precizie de 2,5 mm pe kilometrul de dublu nivelment. La acest tip de aparat o rază orizontală ce vine de la mira, trece prin obiectiv, este clarificată de lentila de focusare și ajunge la compensator. Acesta se compune dintr-o prismă fixată pe corpul aparatului și două prismă fixate pe pendul. La înclinări mici ale axei de vizare, tija pendulului are tendința să se așeze pe direcția verticalei sub acțiunea forței gravitaționale. Pentru a amortiza rapid oscilațiile tijei, aceasta este introdusă într-un piston în care se formează vid ce duce la amortizarea oscilațiilor.

O rază înclinată cu unghiul α , ce intră prin obiectiv, este deviată de prima prismă pendul cu un unghi 2α către prismă fixă (pentaprisma), care la rândul ei deviază raza cu încă 2α spre a doua prismă pendul. Compensatorul intră în funcțiune numai după ce s-a procedat la calarea aproximativă după nivelul sferic.

Aceste tipuri de aparate conduc la un randament sporit în lucrările de teren, dar trebuie avut în vedere faptul că un compensator nu poate lucra în medii cu vibrații (hale industriale, cai de comunicație cu trafic intens greu, etc.), situație în care se vor folosi numai aparate rigide.

6.3 Nivelmentul geometric.

Este cunoscut și sub denumirea de nivelmentul vizelor orizontale. Funcție de poziția instrumentului de nivelment față de mirele de nivelment, se disting nivelmentul geometric de mijloc și nivelmentul geometric de capăt. Indiferent de tip, nivelmentul geometric se execută cu instrumentele de nivelment numite nivele și cu mire centimetrice sau de invar (pentru determinări precise).

6.3.1 Nivelmentul geometric de mijloc.

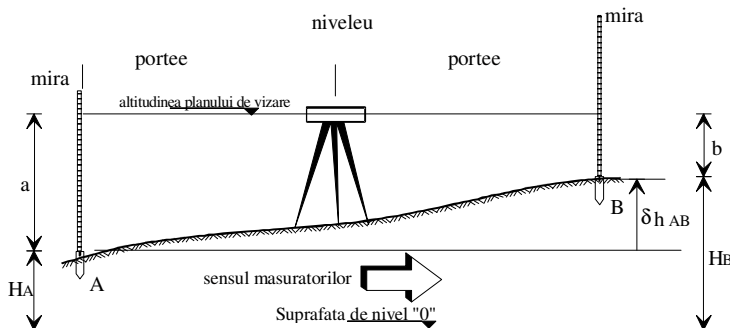


Figura 6.4 - Principiul nivelmentului geometric de mijloc.

Pentru determinarea diferenței de nivel între două puncte sau pentru determinarea cotei unui punct când se cunoaște cota unui alt punct aflat în apropiere se poate amplasa pe fiecare din cele două puncte câte o mira, iar aproximativ (în limita a 2-3m diferență) la mijlocul distanței, fără a fi obligatoriu să fie și pe aliniamentul format de cele două puncte, se amplasează o nivelă. Prin citirile efectuate pe cele două mire se pot determina marimile descrise mai sus. Distanța între aparat și una din mire se numește portee, în timp ce distanța între mire se numește nivelment. Din figura 7.4 se vede că H_A și H_B sunt cotele

celor două puncte, dintre ele numai prima fiind cunoscută. Pe mire se fac citirile a și b. Dacă notăm cu δh_{AB} diferența de nivel între A și B, rezulta că:

$$\delta h_{AB} = a - b \quad [7.1]$$

Spunem că diferența de nivel este totdeauna diferența între citirea înapoi și cea înainte. Într-adevăr, dacă terenul ar avea panta inversă decât cea din figura 7.4, datele problemei fiind aceleași, diferența de nivel ar fi negativă, lucru ce se obține făcând diferența "a-b" a citirilor pe mire.

Considerând acum cunoscută cota punctului A, cota H_B a punctului B va fi :

$$H_B = H_A + \delta h_{AB} = H_A + a - b \quad [7.2]$$

în care definim altitudinea planului de vizare ca fiind distanța pe verticală între suprafața de nivel zero și axa de vizare a instrumentului de nivelment:

$$H_V = H_A + a \quad [7.3]$$

de unde rezulta că :

$$H_B = H_V - b \quad [7.4]$$

Relația [7.3] devine utilă atunci când dintr-o stație se impune calculul cotelor mai multor puncte.

6.3.2 Nivelmentul geometric de capat.

Pozitia instrumentului în acest caz este pe un capat al niveleului, sau la o distanta foarte mica de acesta.

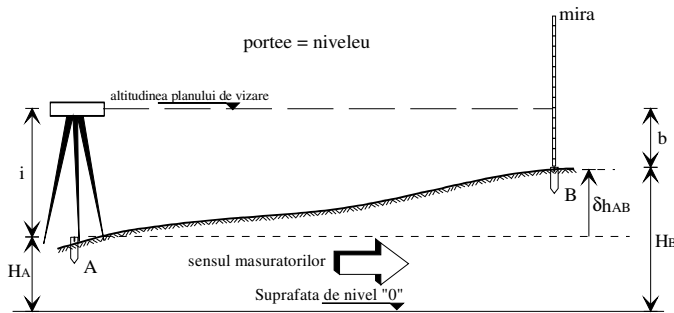


Figura 6.5 - Principiul nivelmentului geometric de capat.

geometric de mijloc datorita impreciziei masurarii înalțimii "i" a instrumentului (± 5 mm) precum si erorilor de sfericitate si refractie atmosferica.

Principiul este aratat în figura 7.5. Se accepta a se categorisi tot ca nivelment de capat si nivelmentul în care instrumentul nu este asezat deasupra punctului A ci foarte aproape de acesta (circa 2-3 m).

Dupa cum se observa, aparatul este asezat deasupra punctului A. Înălțimea "i" a instrumentului se masoara cu o ruleta. Relatiile de calcul devin :

$$\delta h_{AB} = i - b \quad [7.5]$$

$$H_B = H_A + \delta h_{AB} = H_A + i - b \quad [7.6]$$

$$H_V = H_A + i \quad [7.7]$$

$$H_B = H_V - b \quad [7.8]$$

Precizia nivelmentului geometric de capat este net inferioara celei obtinute prin nivelmentul

este net inferioara celei obtinute prin nivelmentul

6.4 Nivelmentul trigonometric.

Deoarece se efectueaza cu ajutorul unui teodolit, se mai numeste si nivelment cu vize înclinate. Dupa directia vizei, se disting nivelmentul trigonometric cu vize ascendente, când punctul ce se va determina este situat deasupra liniei orizontului si nivelmentul trigonometric cu vize descendente, când punctul este situat sub linia orizontului. Principal, diferenta de nivel se calculeaza functie de unghiul de panta sau unghiul zenital si distanta orizontala.

6.4.1 Nivelmentul trigonometric cu vize ascendente.

Pentru determinarea diferentei de nivel si a cotei unui punct, se instaleaza un teodolit în punctul A.

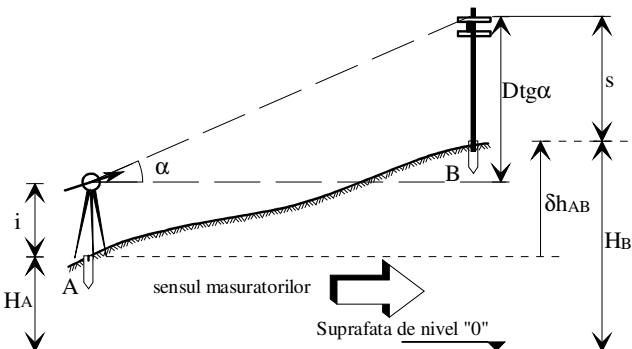


Figura 6.6 - Nivelment trigonometric cu vize ascendente.

Instrumentul are înălțimea "i" si vizeaza un semnal instalat în punctul B cu înălțimea "s". Considerând cunoscuta distanta D_{AB} , se poate calcula cota punctului B din figura 7.6 observând ca :

$$H_A + i + D \cdot \text{tg} \alpha = H_B + s \quad [7.9]$$

de unde rezulta :

$$H_B = H_A + D \cdot \text{tg} \alpha + i - s \quad [7.10]$$

dar mai rezulta din figura si expresia diferentei de nivel:

$$\delta h_{AB} + s = i + D \cdot \text{tg} \alpha \quad [7.11]$$

$$\delta h_{AB} = D \cdot \text{tg} \alpha + i - s \quad [7.12]$$

Daca se tine cont ca relatia între unghiul de panta α si unghiul zenital z este :

$$\alpha + z = 100^\circ \quad [7.13]$$

putem sa exprimam relatiile [7.10] si [7.12] functie de unghiul zenital z :

$$H_B = H_A + D \cdot \text{ctg} z + i - s \quad [7.14]$$

respectiv:

$$\delta h_{AB} = D \cdot \text{ctg} z + i - s \quad [7.15]$$

6.4.2 Nivelmentul trigonometric cu vize descendente.

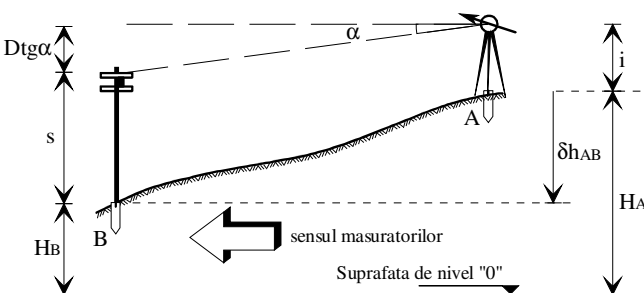


Figura 6.7 - Nivelment trigonometric cu vize descendente.

Daca punctul B este situat sub linia orizontului ce trece prin punctul A, problema se rezolva, conform figurii 7.7, astfel:

$$H_A + i = H_B + s + D \cdot \text{tg} \alpha \quad [7.16]$$

si rezulta expresia pentru H_B :

$$H_B = H_A - D \cdot \text{tg} \alpha + i - s \quad [7.17]$$

Diferenta de nivel se determina din la egalitatea:

$$\delta h_{AB} = H_B - H_A \quad [7.18]$$

unde valoarea lui H_B se înlocuieste cu relatia [7.17]:

$$\delta h_{AB} = -D \cdot \text{tg} \alpha + i - s \quad [7.19]$$

Relatiile de calcul pentru diferenta de nivel si a cota punctului, asa cum sunt prezentate mai sus, sunt valabile numai în cazul în care distanta orizontala D este

mai mica de 500m. Daca aceasta valoare este mai mare, atunci intervine o corectie datorata sfericitatii si refractiei atmosferice, ce are expresia :

$$C = (1-k) \frac{D^2}{2R} \quad [7.20]$$

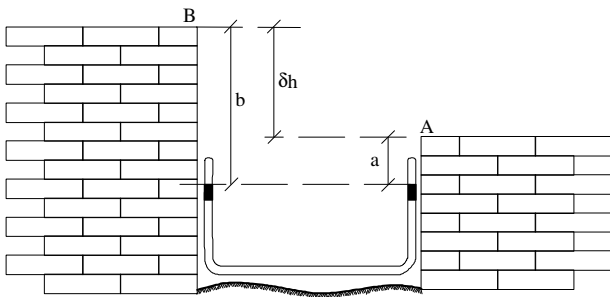


Figura 6.8 - Nivelmentul hidrostatic.

în care: k este coeficientul de refractie atmosferica (k=0,13 pentru teritoriul României),

R este raza medie a pamântului (R = 6379 km)

Aceasta corectie este totdeauna pozitiva si se adauga la diferenta de nivel.

6.5 Nivelmentul hidrostatic.

Principiul de lucru este cel al vaselor comunicante, iar cel mai cunoscut si folosit mod de lucru cu nivelul hidrostatic este cel al furtunului cu apa folosit pe santiere pentru transmiterea unei cote în mai multe puncte. Din figura 7.8 se observa de pe zidul pe care se afla punctul A

se transmite pe zidul punctului B cota lui A. Pentru determinarea diferentei de nivel între punctele A si B, se vor masura cu o rigla sau ruleta segmentele a si b, rezultând :

$$\delta h_{AB} = b - a \quad [7.21]$$

si cota punctului B cu relatia:

$$H_B = H_A + \delta h_{AB} = H_A - a + b \quad [7.22]$$

Pentru determinarile efectuate cu furtunul cu apa, precizia determinarilor se înscrie în limita a ± 0,5...1cm pentru distante de sub 50m.

6.6 Drumuirea de nivelment geometric.

Prin aceasta metoda se urmareste determinarea cotelor unor puncte intermediare situate între doua puncte de cota cunoscuta. Daca masuratorile se efectueaza cu determinarea numai o singura data a diferentelor de nivel, drumuirea va fi una simpla de nivelment; daca diferentele de nivel se determina de doua ori (fie prin schimbarea altitudinii planului de vizare fie prin efectuarea masuratorilor "dus-întors". Pentru a se putea vedea modul de calcul al unei drumuiri se vor analiza datele prezentate în figura 7.9.

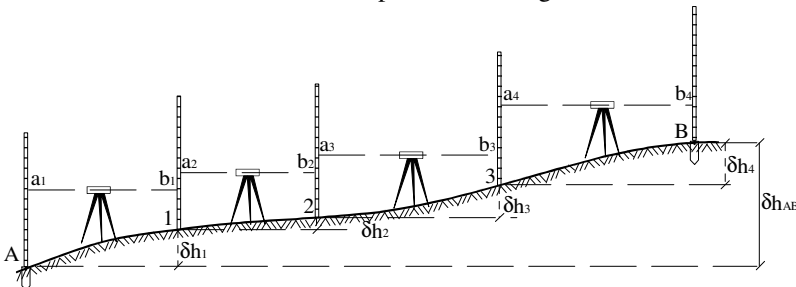


Figura 6.9 - Drumuirea de nivelment geometric sprijinita la capete.

Operatiile de teren la o astfel de lucrare constau din alegerea pozitiei si marcarea punctelor intermediare 1,2, 3, instalarea de mipe punctele A si 1 si alegerea si asezarea în statia a instrumentului de nivelment în statia S₁. Din aceasta statie se fac citirile a₁ si b₁ pe cele doua mire. Se muta apoi mira din A în punctul 2, aparatul se instaleaza în statia S₂, iar mira din punctul 1 se orienteaza cu fata catre aparatul din statia S₂. Se vor efectua citirile a₂ si b₂. Operatiunile se repeta

pâna la terminarea traseului pe punctul B. Ca date initiale cunoscute se considera cotele punctelor A si B, respectiv H_A si H_B. Pe teren se vor efectua citirile pe mirele amplasate pe punctele A, 1, 2, 3, B, notate cu a_i respectiv b_i.

Calculul diferentelor de nivel functie de citirile pe mira se face cu relatiile:

$$\begin{aligned} \delta h_1 &= a_1 - b_1 \\ \delta h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \quad [7.23]$$

$$\delta h_n = a_n - b_n$$

$$\sum \delta h = \sum a - \sum b$$

În acelasi timp însa se poate calcula diferenta de nivel între A si B din cotele punctelor care sunt valori cunoscute:

$$\delta h_{AB}^{coord.} = H_B - H_A \quad [7.24]$$

Din punct de vedere matematic, daca masuratorile nu ar fi însoțite de erorile de masurare, între relatiile [7.23] si [7.24] s-ar putea pune semnul egalitatii. Din punct de vedere topografic însa, aparitia erorilor de masurare conduce la nerespectarea conditiei matematice. Pentru calculul erorii vom folosi valoarea obtinuta prin relatia [7.23] ca valoare afectata de erori, fiind rezultata din valorile citite pe mire si valoarea obtinuta din relatia [7.24] ca valoare justa, obtinuta din valori considerate neafectate de erori. În aceasta situatie, eroarea drumuirii va fi data de relatia:

$$e_h = \text{valoarea eronata} - \text{valoarea justa} = \sum \delta h - \delta h_{AB}^{\text{coord.}} \quad [7.25]$$

Daca valoarea este mai mica cel mult egala cu toleranta $T = e_{km} \sqrt{D_{km}}$, unde :

- e_{km} - eroarea pe kilometru conform cartii tehnice a aparatului,
- D_{km} - lungimea în kilometri a traseului de nivelment, se calculeaza corectia totala :

$$c_h = -e_h = \delta h_{AB} - \sum \delta h \quad [7.26]$$

respectiv corectia unitara $c_u = \frac{c_h}{D}$. Pentru un niveleu cu lungimea d_i corectia ce se va aplica diferentei de nivel va fi data de relatia :

$$c_i = c_u \cdot d_i \quad [7.27]$$

iar pentru o diferenta de nivel compensata, $\delta h_i^{\text{comp.}}$, relatia de calcul va fi:

$$\delta h_i^{\text{comp.}} = \delta h_i + c_i \quad [7.28]$$

Cu valorile astfel calculate se vor obtine cotele definitive (compensate) ale punctelor drumuirii de nivelment:

$$\begin{aligned} H_1^{\text{comp}} &= H_A + \delta h_1^{\text{comp}} \\ H_2^{\text{comp}} &= H_1 + \delta h_2^{\text{comp}} \\ &\dots \dots \dots \\ H_B^{\text{comp}} &= H_n + \delta h_n^{\text{comp}} = H_B^{\text{dat}} \quad (\text{control}) \end{aligned} \quad [7.29]$$

Compensarea se poate face însa si pe cote, nu numai pe diferente de nivel; în acest caz:

$$\begin{aligned} H_1^{\text{comp}} &= H_A + \delta h_1 + c_1 \\ H_2^{\text{comp}} &= H_1^{\text{comp}} + \delta h_2 + c_2 \\ &\dots \dots \dots \\ H_B^{\text{comp}} &= H_n^{\text{comp}} + \delta h_n + c_n = H_B^{\text{dat}} \quad (\text{control}) \end{aligned} \quad [7.30]$$

6.6.1 Drumuirea de nivelment închisa pe punctul de plecare.

Daca vom considera ca într-o drumuire de nivelment geometric punctul initial coincide cu punctul final, între ele determinându-se cotele unor puncte intermediare, atunci drumuirea este închisa pe punctul de plecare. În acest caz, conditia matematica este ca suma diferentelor de nivel sa fie nula. Acest fapt conduce la determinarea valorii juste a diferentei de nivel care trebuie sa fie nula, în timp ce suma diferentelor de nivel calculata conform relatiilor [7.23] reprezinta valoarea eronata. Putem scrie asadar ca:

$$e_h = \text{valoarea eronata} - \text{valoarea justa} = \sum \delta h \quad [7.31]$$

iar expresia corectiei totale va fi de forma:

$$c_h = -e_h = -\sum \delta h \quad [7.32]$$

Toate celelalte calcule se desfasoara dupa modelul celor de la drumuirea de nivelment geometric sprijinita la capete.

6.6.2 Drumuirea cu punct nodal.

Considerând situatia în care se dau trei puncte de cota cunoscuta, între care se efectueaza drumuiri, iar acestea se întâlnesc într-un punct, acest punct este considerat un nod al celor trei drumuiri efectuate. Cota sa va putea fi determinata cu o precizie mai mare datorita faptului ca pentru el este posibil sa se determine cota din fiecare drumuire. Considerând ca cele trei valori sunt apropiate între ele, încadrându-se în toleranta, atunci valoarea cea mai probabila a cotei punctului nodal va fi de forma :

$$H_N = \frac{H_N^1 \cdot p_1 + H_N^2 \cdot p_2 + H_N^3 \cdot p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \quad [7.33]$$

în care p_i reprezinta ponderile sau gradul de încredere ce se acorda masuratorilor din fiecare drumuire. Aceste ponderi sunt invers proportionale cu lungimile drumuirilor, astfel :

$$p_1 = \frac{1}{D_1}; p_2 = \frac{1}{D_2}; p_3 = \frac{1}{D_3}; \quad [7.34]$$

Dupa ce a fost calculata cota punctului nodal, drumuirile între punctele de cota cunoscuta si punctul nodal se calculeaza si se compenseaza ca drumuiri sprijinite la capete.

6.7 Ridicarea detaliilor altimetrice.

Procedeele care permit determinarea pozitiei pe înatime a detaliilor din teren sunt : radierea de nivelment, profile si combinatii de drumuire cu profile. Aceste metode sunt folosite functie de configuratia suprafetei de teren ce se

va masura si functie de destinatia lucrarii. Astel, radierile de nivelment se vor folosi pentru suprafete mari, în timp ce metoda profilelor se preteaza foarte bine cerintelor proiectarii cailor de comunicatie terestra (drumuri sau cai ferate), în general acelor lucrari care necesita ridicari sub forma unor benzi.

6.7.1 Radieri de nivelment.

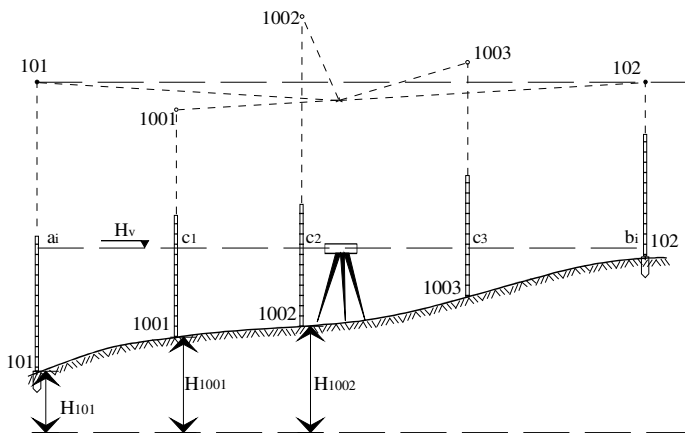


Figura 6.10 - Radieri de nivelment.

Prin aplicarea acestei metode este posibila determinarea cotelor mai multor puncte din aceeași statie de nivelment. Se considera date cunoscute cota punctelor 101 si 102 (figura 7.10). Acestea provin fie dintr-o drumuire de nivelment ce se executa simultan cu radierile dar se prelucreaza fiecare separat, fie sunt puncte de nivelment de cota cunoscuta.

Dupa asezarea pe punctele cunoscute a mirelor si efectuarea citirilor a_i si b_i din statia de nivelment, se executa si citirile c_i catre punctele 1001, 1002, 1003, etc. Deoarece cota punctului 101, H_{101} este cunoscuta, se poate calcula altitudinea planului de vizare H_v cu relatia:

$$H_v = H_{101} + a_i \quad [7.35]$$

Fata de aceasta valoare se vor putea calcula

cotele punctelor radiate nivelitic cu relatii de tipul :

$$\begin{aligned} H_{1001} &= H_v - c_1 \\ H_{1002} &= H_v - c_2 \end{aligned} \quad [7.36]$$

Daca instrumentul de nivelment are si cerc orizontal, prin efectuarea lecturii la cerc si calculând distanta de la aparat la punct pe cale stadimetrica, se poate proceda la raportarea în coordonate rectangulare sau polare a punctelor radiate nivelitic.

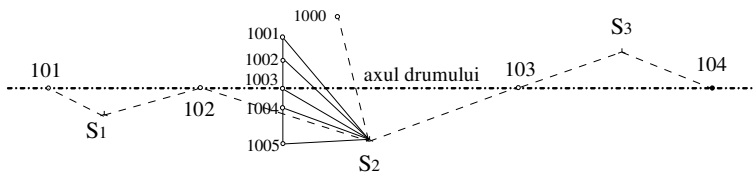


Figura 6.11 - Metoda profilelor.

permit stabilirea amprizei (latimea totala) caii. Din punct de vedere al executarii lucrarii topografice, aceasta metoda este o combinatie de drumuire de nivelment, care urmareste sa determine cotele punctelor situate în axul caii, simultan cu radierile de nivelment executate asupra unor puncte ce se situeaza pe un aliniament perpendicular pe axul caii. Atât punctele de drumuire cât si cele situate pe profilele transversale se aleg la schimbarile de panta ale terenului. Cotele punctelor de pe profilele transversale se calculeaza cu ajutorul altitudinii planului de vizare din statia corespunzatoare.

6.8 Nivelmentul suprafetelor.

Daca metodele descrise pâna acum se pot aplica în terenuri cu o accidentatie mare la fel de bine ca si în terenuri aproximativ plane, în cele ce urmeaza se vor prezenta posibilitati de executare a nivelmentului pe suprafete cu o accidentare nesemnificativa, pe care urmeaza sa se amplaseze constructii industriale, civile sau agricole ce necesita o sistematizare verticala.

Functie de precizia ceruta, marimea suprafetei sau de relief, nivelmentul suprafetelor se poate executa pe patrate mici sau mari.

6.8.1 Nivelmentul suprafetelor prin patrate mici.

Acest procedeu se foloseste la suprafete relativ mici (sub 5 ha), când terenul nu are o panta mai mare de 5° si fara o acoperire mare.

Metoda presupune realizarea unei retele de patrate cu latura pâna la 50m (figura 7.12), colturile patratelor urmând a se folosi drept puncte carora li se va determina cota. În zona de lucru se presupune ca exista un punct RN, de cota cunoscuta H_{RN} , sau în lipsa lui se va efectua o drumuire de nivelment de la un reper la unul din punctele retelei de patrate (de exemplu la punctul 1). Daca lungimea vizelor (maxim 200m) permite, se va instala aparatul în

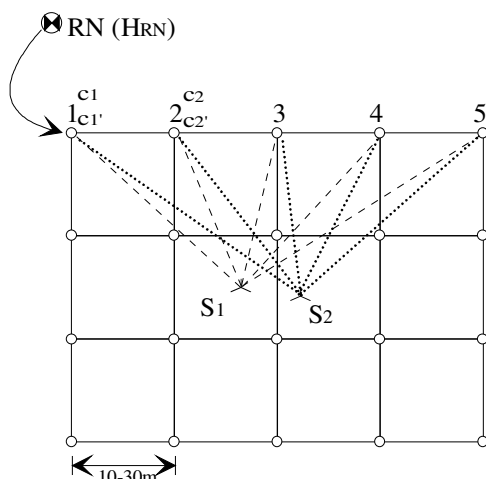


Figura 6.12 - Nivelmentul suprafetelor prin patrate mici.

statia S_1 din care se vor efectua citirile pe mirele amplasate pe punctele 1, 2, ... etc. Se vor obtine lecturile c_1, c_2, \dots, c_n .

Se muta aparatul pe un nou amplasament, S_2 , din care se fac citirile c_1', c_2', \dots, c_n' . Daca diferentele $c_i - c_i'$ sunt constante în limita a maximum 4 mm, atunci se poate trece la calculul cotelor punctelor. Pentru aceasta se va calcula pentru fiecare punct media celor doua citiri c_i si c_i' , valoarea cu care se vor calcula cotele punctelor din retea de patrate.

$$H_v = H_1 + c_{m1} \quad [7.37]$$

unde c_{m1} reprezinta media citirilor pe punctul 1. Cotele punctelor se calculeaza, functie de altitudinea planului de vizare, cu formula:

$$H_i = H_v - c_{mi} \quad [7.38]$$

Daca suprafata este la limita superioara sau acoperirea terenului este mare, cotele punctelor se vor determina printr-o drumuire de nivelment cu puncte radiate.

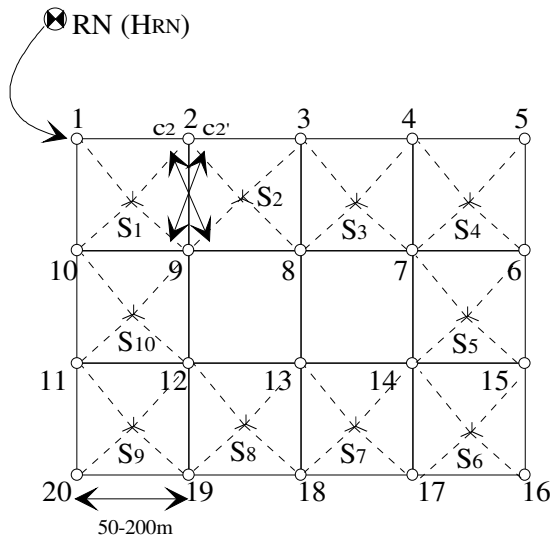


Figura 6.13 - Nivelmentul suprafetelor prin patrate mari.

6.8.2 Nivelmentul suprafetelor prin patrate mari.

Calculul cotelor punctelor este functie de metoda aleasa pentru efectuarea lucrarilor de teren: fie se determina citirile pe mirele amplasate în colturile fiecarui patrat, fie se executa o drumuire de nivelment închisa pe punctul de plecare.

Patratele vor avea laturile de pâna la 200 de metri, iar constructia se va realiza cu ajutorul uni teodolit sau a unui tahimetru.

Ridicarea altimetrica în patrate izolate se efectueaza instalând instrumentul de nivelment la intersectia diagonalelor patratului (cu abatere de 2-3m). Din aceasta statie se radiaza toate cele patru colturi ale patratului. Din figura 7.13 se observa ca nu este necesara stationarea în toate patratele ci numai în cele care asigura determinarea cotei colturilor. Punctul 8 este determinat din statiile S_2 si S_3 , astfel ca nu mai este necesara stationarea în patratul delimitat de punctele 8, 9, 12 si 13.

Controlul citirilor se face pe diagonala fata de o latura si anume :

$$c_2 + c_9 = c_2' + c_9 \quad [7.38]$$

Aceasta egalitate daca este satisfacuta cu o toleranta de ± 3 mm, masuratorile se considera bune si se pot folosi la calculul cotelor. Cotele se determina prin drumuire închisa pe punctul de plecare pentru punctele situate pe conturul suprafeței si prin drumuire sprijinita la capete pentru punctele situate în interiorul suprafeței.

Un alt mod de efectuarea masuratorilor este si cel în care pe colturile 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 11 si 10 se executa o drumuire închisa, iar cotele punctelor 7, 8, 9, 12, 13, 14 se determina ca puncte radiate.

6.9 Nivelmentul în conditii speciale.

O serie de lucrari de nivelment urmaresc fie sa transmita o cota peste un curs de apa, sa se efectueze lucrari de nivelment prin terenuri mlastinoase sau cu pante mari. Fiecare din lucrarile enumerate mai sus au un specific al lor, fapt ce conduce la tratarea diferita a fiecarui caz în parte.

6.9.1 Nivelmentul peste cursuri de apa.

Aceasta operatiune se impune când latimea luciului de apa este sub 300m. Se poate apela pentru rezolvarea problemei fie la metodele clasice, constând din efectuarea unor drumuiri de nivelment geometric ce traverseaza apa pe podurile existente, sau sunt efectuate iarna când apa este înghetata, dar se pot rezolva si cu ajutorul nivelului luciului de apa sau prin efectuarea de masuratori de pe un mal pe altul.

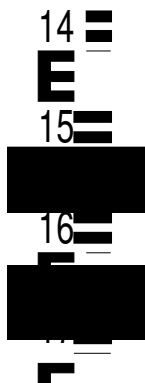


Figura 6.14 - Panou glisant pe mira.

În primul caz se vor amenaja pe maluri mici incinte protejate în care nivelul apei nu este afectat de curenti sau valuri, iar în acesta incinta se materializeaza cu câte un tarus nivelul apei la un anumit moment. Pe ambele maluri, nivelul apei fiind acelasi, daca se cunoaste cota pe un mal, pe celalalt mal cota va fi aceeași.

Pentru cazul în care cursul de apa are latime mai mare de 300 m, pe mira se monteaza un panou glisant negru (figura 7.14) ce are la mijlocul lui o fanta cu latime de 2...5 cm. Datorita conului creat de grosimea firului reticular orizontal, acesta practic se suprapune peste mai multe diviziuni centimetrice. Inconvenientul este rezolvat prin vizarea fantei din panoul glisant, fanta ce este adusa prin deplasarea panoului, pe firul reticular orizontal. Citirea se considera a fi media citirilor de la partea superioara respectiv inferioara a fantei suprapusa pe mira.

Aceasi problema se poate rezolva prin alegerea pe fiecare mal a câte unei statii, S_1 si S_2 , iar la distanta de sub 30m de fiecare statie se aleg puncte care se materializeaza prin tarusi (figura

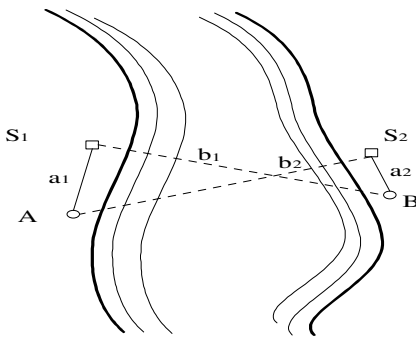


Figura 6.15 - Transmiterea cotelor peste apa.

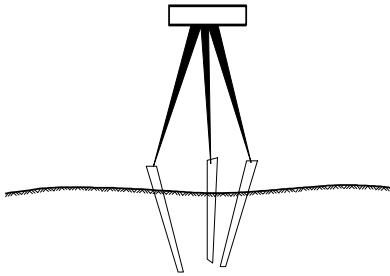


Figura 6.16 - Nivelment în teren mlastinos.

- construirea de podine de lucru, pentru operatori, independente de parii pe care se instaleaza nivela,
- efectuarea lecturilor se va face de doi operatori, unul pentru sensul înainte și altul pentru sensul înapoi.

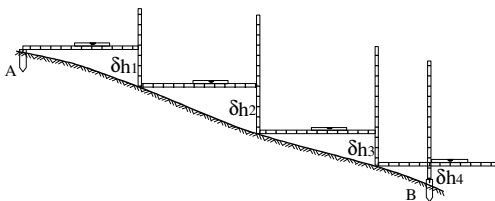


Figura 6.17 - Nivelmentul terenurilor accidentate.

realizeaza cu ajutorul bolobocului, iar pe a doua mira, asezata vertical cu ajutorul unui fir cu plumb, se citește diferența de nivel δh_i . Operațiunea se repeta până la punctul B. Diferența de nivel între A și B se determină ca suma a diferentelor de nivel pe fiecare tronson în parte.

$$\delta h_{AB} = \delta h_1 + \delta h_2 + \delta h_3 + \delta h_4 \quad [7.42]$$

Metoda descrisă mai sus permite și determinarea distanței orizontale între A și B, simultan cu determinarea diferenței de nivel.

Precizia nivelmentului geometric.

Pornind de la relația [7.23], pentru calculul diferenței de nivel funcție de citirile pe mira, putem scrie ca :

$$\delta h_{AB} = a_1 - b_1 + a_2 - b_2 + \dots + a_n - b_n \quad [7.43]$$

și dacă vom considera că citirile pe mira sunt afectate de erorile $e_1, e_1', e_2, e_2', \dots, e_n, e_n'$, diferența de nivel δh_{AB} va fi afectată de aceste erori astfel:

$$\delta h_{AB} + e_{\delta h} = (a_1 + e_1) - (b_1 + e_1') + (a_2 + e_2) - (b_2 + e_2') + \dots + (a_n + e_n) - (b_n + e_n') \quad [7.44]$$

Prin scăderea relațiilor [7.43] și [7.44], se ajunge la :

$$e_{\delta h} = e_1 - e_1' + e_2 - e_2' + \dots + e_n - e_n' \quad [7.45]$$

Deoarece măsurătorile sunt efectuate cu același aparat, de către un singur operator, în condiții exterioare aproximativ identice, putem considera că erorile sunt egale între ele, adică:

$$e_1 = e_1' = e_2 = e_2' = \dots = e_n = e_n' = e \quad [7.46]$$

Eroarea totală va fi suma erorilor componente, sau :

$$E = \pm e \pm e + \dots \pm e \quad [7.47]$$

care prin ridicare la patrat și neglijarea produselor parțiale ca capătă forma:

$$E = \sqrt{e^2 + e^2 + \dots + e^2} = \pm e \sqrt{2n} \quad [7.48]$$

Dar lungimea drumului $D = 2 \cdot n \cdot d$ unde n este numărul de stații și d reprezintă lungimea unei porții. În acest fel relația [7.48] devine :

7.15). Din fiecare stație se efectuează lecturi pe mirele instalate pe punctele bornate, A și B, lecturi ce se folosesc la determinarea diferenței de nivel. Dacă valorile obținute diferă cu mai puțin de 10mm între ele, atunci diferența de nivel între cei doi țarasi se consideră media aritmetică a determinarilor.

Astfel :

$$\delta h_{AB}' = a_1 - b_1 \quad [7.39]$$

pentru stația S_1 , respectiv din stația S_2 diferența de nivel va fi :

$$\delta h_{AB}'' = a_2 - b_2 \quad [7.40]$$

iar diferența de nivel definitivă este :

$$\delta h_{AB} = \frac{\delta h_{AB}' + \delta h_{AB}''}{2} \quad [7.41]$$

Pentru diminuarea influenței condițiilor de mediu în determinarea diferențelor de nivel, se vor efectua măsurători dimineața în zori și după amiaza în jurul orei 16.

6.9.2 Nivelmentul în terenuri mlastinoase.

Deoarece stabilitatea operatorului, a instrumentului de nivelment și a mirelor este practic inexistentă, se impune găsirea de soluții pentru a asigura stabilitatea instrumentului, mirelor și operatorilor. Acest lucru conduce la găsierea unei soluții pentru a crea posibilitatea ca și în astfel de zone să se poată executa lucrări. Soluția o reprezintă :

- instalarea instrumentului de nivelment pe pari de lemn, bătuti oblic,
- instalarea mirelor deasemeni pe pari de lemn,

Instrumentele de nivelment folosite se recomandă să fie din categoria instrumentelor cu orizontalizare automată a axei de vizare.

6.9.3 Nivelmentul terenurilor cu panta mare.

Dacă dorim să determinăm diferența de nivel între două puncte situate pe un versant cu panta mare, în condițiile în care precizia determinării nu trebuie să fie mare, se poate folosi o metodă expeditivă. Aceasta necesită două mire și un boloboc (figura 7.17). Una din mire se așază orizontal pe punctul A, orizontalitate care se

realizează cu ajutorul bolobocului, iar pe a doua mira, așezată vertical cu ajutorul unui fir cu plumb, se citește diferența de nivel δh_i . Operațiunea se repeta până la punctul B. Diferența de nivel între A și B se determină ca suma a diferentelor de nivel pe fiecare tronson în parte.

$$\delta h_{AB} = \delta h_1 + \delta h_2 + \delta h_3 + \delta h_4 \quad [7.42]$$

Metoda descrisă mai sus permite și determinarea distanței orizontale între A și B, simultan cu determinarea diferenței de nivel.

Precizia nivelmentului geometric.

Pornind de la relația [7.23], pentru calculul diferenței de nivel funcție de citirile pe mira, putem scrie ca :

$$\delta h_{AB} = a_1 - b_1 + a_2 - b_2 + \dots + a_n - b_n \quad [7.43]$$

și dacă vom considera că citirile pe mira sunt afectate de erorile $e_1, e_1', e_2, e_2', \dots, e_n, e_n'$, diferența de nivel δh_{AB} va fi afectată de aceste erori astfel:

$$\delta h_{AB} + e_{\delta h} = (a_1 + e_1) - (b_1 + e_1') + (a_2 + e_2) - (b_2 + e_2') + \dots + (a_n + e_n) - (b_n + e_n') \quad [7.44]$$

Prin scăderea relațiilor [7.43] și [7.44], se ajunge la :

$$e_{\delta h} = e_1 - e_1' + e_2 - e_2' + \dots + e_n - e_n' \quad [7.45]$$

Deoarece măsurătorile sunt efectuate cu același aparat, de către un singur operator, în condiții exterioare aproximativ identice, putem considera că erorile sunt egale între ele, adică:

$$e_1 = e_1' = e_2 = e_2' = \dots = e_n = e_n' = e \quad [7.46]$$

Eroarea totală va fi suma erorilor componente, sau :

$$E = \pm e \pm e + \dots \pm e \quad [7.47]$$

care prin ridicare la patrat și neglijarea produselor parțiale ca capătă forma:

$$E = \sqrt{e^2 + e^2 + \dots + e^2} = \pm e \sqrt{2n} \quad [7.48]$$

Dar lungimea drumului $D = 2 \cdot n \cdot d$ unde n este numărul de stații și d reprezintă lungimea unei porții. În acest fel relația [7.48] devine :

$$E = \pm e \sqrt{\frac{D}{d}} = \pm \frac{e}{\sqrt{d}} \sqrt{D} = \pm e' \cdot \sqrt{D} \quad [7.49]$$

în care e' reprezintă influența preciziei aparatului.

6.10 Obținerea curbelor de nivel pe plan.

Principiul de obținere a curbelor de nivel a fost stabilit în capitolul referitor la probleme ce se pot rezolva pe harti și planuri. Cum însă nu dispunem de mulajul care să reprezinte la scară terenul, pe care să-l putem sectiona cu planuri paralele situate la distanțe egale cu echidistanța curbelor de nivel, vom rezolva problema pornind de la cotele unor puncte situate în teren.

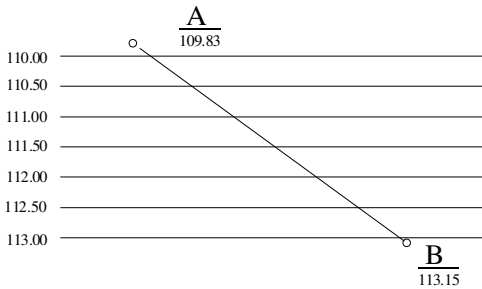


Figura 6.18 - Interpolarea curbelor de nivel cu izograful.

Pornind de la condiția ca punctele de cota cunoscută sunt astfel alese încât să reprezinte schimbările de pantă, vom accepta ca între două puncte de cota cunoscută terenul crește uniform. Pentru interpolare se va desena pe un suport transparent (calc sau folie) o rețea de 15...20 de linii paralele la distanța de 3...5 mm una de alta (figura 7.18). Numărul de linii precum și distanța dintre ele este funcție de accidentarea terenului pentru care dorim să interpolăm curbe. La un teren cu accidentare pronunțată distanța între linii va fi mai mică, în timp ce la un teren cu relief plan liniile vor fi la distanța mai mare una de alta. Liniile paralele se vor inscripționa cu cotele corespunzătoare echidistanței curbelor de nivel ce se vor desena.

Această folie se suprapune peste desenul ce conține punctele cotate astfel ca punctul A de cota 109,83m de pe desenul cu puncte să se poziționeze corespunzător pe izograf. Acesta se rotește până ce punctul B de cota 113,15m de pe desenul cu puncte se poziționează pe izograf. Cu un ac se întea punctele de intersecție între aliniamentul AB și paralele izografului. Repetând operațiunea pentru toate perechile vecine de puncte și unind punctele întepate, de aceeași valoare, se obțin curbele de nivel.